

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ARTESANAL CARDADORA
DE FIBRA DE ALPACA”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN
MECATRÓNICA.**

EDISON ANDRES PORTILLA BENAVIDES

DIRECTOR: PhD. MARCO CIACCIA

Ibarra, Septiembre 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003061239		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Edison Andres Portilla Benavides		
DIRECCIÓN:	Barrio El Milagro, calle M 3-36		
EMAIL:	eaportillab@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062-542243	TELÉFONO MÓVIL:	0985773008

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ARTESANAL CARDADORA DE FIBRA DE ALPACA
AUTOR:	Edison Andres Portilla Benavides
FECHA:	18/09/2017
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Mecatrónica
DIRECTOR:	Dr. Marco Ciaccia

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Edison Andres Portilla Benavides con cédula de identidad Nro. 1003061239, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de septiembre del 2017



Firma

Nombre: Edison Andres Portilla Benavides

Cédula: 1003061239



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Edison Andres Portilla Benavides, con cédula de identidad Nro. 1003061239, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: **CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ARTESANAL CARDADORA DE FIBRA DE ALPACA**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 18 días del mes de septiembre del 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'E. Portilla Benavides', written over a horizontal line.

Firma

Nombre: Edison Andres Portilla Benavides

Cédula: 1003061239

DECLARACIÓN

Yo, **Edison Andres Portilla Benavides**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Nombre: Edison Andres Portilla Benavides

Cédula: 1003061239

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ARTESANAL CARDADORA DE FIBRA DE ALPACA”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita Edison Andres Portilla Benavides, bajo mi supervisión.



Dr. Marco Ciaccia

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a mis padres Segundo Portilla y Rosa Benavides por ser las personas que me guiaron, ayudaron, apoyaron durante todo el proyecto y ser mi ejemplo de vida.

Agradezco al PhD Marco Ciaccia, director del proyecto que me supo guiar e impartir sus conocimientos para finalizar este trabajo.

Andres Portilla.

DEDICATORIA

Dedico todo mi esfuerzo a mis padres, que son los responsables de quien soy, cada palabra de su parte ha sido para mejorar y seguir adelante.

A mis hermanas, que siempre han estado pendiente de mí, apoyándome y regañándome cuando fue necesario.

A mis sobrinos que son una de las razones para seguir adelante, que con perseverancia y dedicación se puede llegar a dónde sea, solo necesitas creer en ti mismo y dejar de lado los comentarios negativos.

Andres Portilla.

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. Actualmente, la maquinaria a la que deben recurrir los campesinos de la asociación es la usada para tratar la fibra de oveja, pero no es la adecuada, ya que si se comparan las fibras, la de alpaca es más fina y eso provoca que no se pueda tratar directamente; por esta razón, para poder tratar la fibra de alpaca se mezcla con fibra de oveja y de esta manera se puede obtener un hilo, pero con un precio en el mercado reducido respecto al hilo puro de alpaca.

En la comunidad La Florida, hay una asociación de campesinos que se dedica a la crianza de alpacas, donde cuentan actualmente con un hato de 16 animales, de los cuales extraen la fibra para su posterior elaboración de prendas de manera manual.

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 que posteriormente pasará al hilado, y así aprovechar hasta la fibra más gruesa que normalmente se desecha.

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. Currently, the machinery to which the peasants of the association must resort is that used to treat sheep fiber, but it is not adequate, since if the fibers are compared, the alpaca fiber is thinner and this causes that it is not can deal directly; For this reason, in order to treat the alpaca fiber, it is mixed with sheep fiber and in this way a yarn can be obtained, but with a reduced market price compared to pure alpaca yarn.

In the community of La Florida, there is an association of farmers that is dedicated to the breeding of alpacas, where they currently have a herd of 16 animals, from which they extract the fiber for their later elaboration of garments manually.

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 that will later go to spinning, and thus take advantage of even the thickest fiber that is normally discarded.

ÍNDICE GENERAL

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	II
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	III
CONSTANCIAS	III
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO	IV
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	IV
DECLARACIÓN	V
CERTIFICACIÓN	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
ÍNDICE GENERAL	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
ÍNDICE DE ECUACIONES	XIX
INTRODUCCIÓN	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
OBJETIVO GENERAL	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1

ANTECEDENTES	2
JUSTIFICACIÓN	4
ALCANCE.....	5
Capítulo 1	7
1. Marco Teórico.....	7
1.1. Obtención y procesamiento de la fibra	7
1.2. Cardado	9
1.3. Guarniciones	10
1.3.1. Guarniciones flexibles.....	11
1.3.2. Guarniciones rígidas.....	11
1.3.3. Guarniciones semi-rígidas.....	12
1.4. Tipos de cardas	13
1.4.1. Carda de cardado.....	13
1.5. Carda de peinado	14
1.6. Limpieza	14
1.7. Fibra de alpaca.....	14
1.8. Clasificación de la fibra de alpaca	15
1.9. Características textiles de la fibra de alpaca	15
1.9.1. Coeficiente de variación de la fibra.....	16
1.9.2. Factor de <i>confort</i> y factor de picazón.....	16

1.9.3. Índice de curvatura.....	17
1.9.4. Finura al hilado.....	17
Capítulo 2	19
2. Metodología	19
2.1. Tipo de investigación.....	19
2.2. Diseño de la investigación	19
Capítulo 3	25
3. Resultados	25
3.1. Propuesta de diseño	25
3.2. Proceso de cardado	25
3.3. Sistema de transmisión	28
3.4. Fuerza ejercida por los rodillos cardadores.	30
3.5. Diseño de los soportes laterales para el sistema de rodillos	33
3.5.1. Análisis de fuerzas que actúan en el soporte lateral derecho	35
3.5.2. Análisis de elementos finitos en el soporte lateral derecho	42
3.5.3. Diseño del soporte estructural	46
3.5.4. Diseño del mecanismo de salida	47
3.5.5. Elementos para la admisión y salida de la fibra	48
3.5.6. Sistema de variación de distancia entre rodillos	49
3.5.7. Diseño de la etapa de control	51

3.6. Construcción del prototipo.....	52
3.7. Selección de elementos del tablero de control.....	56
3.8. Pruebas de funcionamiento.....	61
Capítulo 4	69
4. Conclusiones y recomendaciones.....	69
4.1. Conclusiones	69
4.2. Recomendaciones	69
Bibliografía.....	71
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Tipos de guarniciones rígidas [7]	12
Tabla 1.2. Clasificación de la fibra de alpaca [9]	15
Tabla 3.1. Dimensiones de los rodillos	27
Tabla 3.2. Comparativa entre las cuatro alternativas de transmisión [22]	29
Tabla 3.3. Correas dentadas de transmisión	30
Tabla 3.4. Valores obtenidos de la prueba de laboratorio	31
Tabla 3.5. Torque necesario para el proceso	32
Tabla 3.6. Torque necesario para el proceso (ajustado)	32
Tabla 3.7. Potencia necesaria para el proceso	33
Tabla 3.8. Potencia aproximada, según disponibilidad de mercado.....	33
Tabla 3.9. Valores de las reacciones sobre el soporte lateral derecho.....	43
Tabla 3.10. Propiedades de material (Solid Works).....	43
Tabla 3.11. Características del acero ASTM A500 [25]	46
Tabla 3.12. Material y tipo de recubrimiento para cada elemento	52
Tabla 3.13. Requerimientos controlador lógico programable	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquila de alpaca, (a) uso de tijeras para la esquila, (b) obtención del vellón (Alpaquera ASARATY, Chimborazo).....	7
Figura 1.2. Separación de fibra y pesaje (Alpaquera ASARATY, Chimborazo).....	8
Figura 1.3. Hilado manual (Comunidad Sarati Campesino, Chimborazo).....	9
Figura 1.4. Representación del cambio de estado en la fibra durante el proceso de cardado [8].	10
Figura 1.5. Partes de una guarnición [7].....	11
Figura 1.6. Guarniciones de diferentes alturas y distancia entre secciones (a) guarnición usada para el proceso de emborrado, (b) guarnición usada para el proceso de mecheado [7]....	11
Figura 1.7. Guarniciones semi-rígidas [7].....	13
Figura 1.8. Interacción entre el tejido, los terminales de la fibra o lana y la piel, que muestran la importancia del factor de confort [12].....	16
Figura 3.1. Diseño de prototipo de máquina cardadora de fibras largas	25
Figura 3.2. Configuración de rodillos cardadores.	26
Figura 3.3. Rodillo cardador.....	27
Figura 3.4. Rodillo transportador	27
Figura 3.5. Sistema de transmisión para los rodillos cardadores.....	28
Figura 3.6. Sistema de transmisión para el rodillo transportador y el mecanismo para retirar la fibra.	29
Figura 3.7. Newtómetro unido a cepillo con guarnición flexible.....	31
Figura 3.8. Soporte lateral derecho.....	34
Figura 3.9. Soporte lateral izquierdo	34
Figura 3.10. Sistema de transmisión de potencia del motor 1 a los cilindros cardadores (ángulos que forma la correa dentada entre las poleas).	36
Figura 3.11. Diagrama de cuerpo libre para el rodillo cardador 1.....	36
Figura 3.12. Diagrama de fuerzas y momentos en el plano XZ rodillo 1 (MDSolids software).	37

Figura 3.13. Diagrama de fuerzas y momentos en el plano XY rodillo 1 (MDSolids software).	38
Figura 3.14. Diagrama de cuerpo libre para el rodillo cardador 2.....	38
Figura 3.15. Diagrama de fuerzas y momentos en el plano XZ rodillo 2 (MDSolids software).	39
Figura 3.16. Diagrama de esfuerzos y momentos en el plano XY rodillo 2 (MDSolids software).....	40
Figura 3.17. Sistema de transmisión de potencia del motor 2 a los cilindros cardadores (ángulos que forma la correa dentada entre las poleas).	40
Figura 3.18. Diagrama de cuerpo libre para el rodillo transportador	41
Figura 3.19. Diagrama de fuerzas y momentos en el plano ZX rodillo transportador (MDSolids software).....	42
Figura 3.20. Diagrama de fuerzas y momentos en el plano YZ rodillo transportador (MDSolids software).	42
Figura 3.21. Elemento usado para posicionar las fuerzas resultantes	43
Figura 3.22. Condiciones de borde en el soporte lateral derecho.....	44
Figura 3.23. Distribución del esfuerzo equivalente.	44
Figura 3.24. Desplazamiento	45
Figura 3.25. Factor de seguridad.	45
Figura 3.26. Diseño estructural	46
Figura 3.27. Diseño de sistema para retirar velo	47
Figura 3.28. Bandeja de admisión	48
Figura 3.29. Bandeja de salida.....	49
Figura 3.30. Sistema de variación de rodillos	49
Figura 3.31. Soporte del rodamiento unido al soporte lateral	50
Figura 3.32. Implementación de separadores para una separación de +1 mm	50
Figura 3.33. Diagrama de flujo de la etapa de control	51
Figura 3.34. Protección para los motores	54
Figura 3.35. Chapa metálica aumentada.....	55
Figura 3.36. Esponja rígida colocada entre el protector del sistema de transmisión y el soporte lateral.....	55

Figura 3.37. Retenedor colocado en el eje, entre el rodillo y el soporte lateral	56
Figura 3.38. Doble pulsador interruptor [26]	56
Figura 3.39. Pulsador rasante sin enclavado [26]	57
Figura 3.40. Pulsador tipo hongo [26]	57
Figura 3.41. LOGO! 8 [27]	58
Figura 3.42. Fuente de poder Delta DRP024V060W1AZ para PLC [28]	59
Figura 3.43. Variador Delta VFD-EL [29]	60
Figura 3.44. Interruptor magneticotérmico [30]	60
Figura 3.45. Relé industrial Camsco MK4 [31]	61
Figura 3.46. Introducción de fibra en la cardadora	62
Figura 3.47. Fibra cardada en el rodillo transportador	63
Figura 3.48. Chapa metálica en el rodillo transportador	64
Figura 3.49. Fibra siendo retirada del rodillo transportador	64
Figura 3.50. Velo de fibra de alpaca	65
Figura 3.51. Comparación de fibra antes y después del cardado	65
Figura 0.1. Esquema del sistema de control	86
Figura 0.2. Diagrama de conexión logo y módulo de salidas analógicas	87
Figura 0.3. Diagrama de conexión de los motores al variador	88

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1. Ecuación de torque o par transmitido [23]	31
Ecuación 3.2. Ecuación de potencia para un eje [23]	32
Ecuación 3.3. Ecuación de fuerza de tensión para una correa [24]	35

INTRODUCCIÓN

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

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.

Actualmente la transformación de la materia prima en hilos es realizada a través de un tercero, una empresa industrial que realiza el trabajo de hilado de la lana obtenida de las alpacas, para luego proceder a confeccionar las prendas. Esto genera bajos volúmenes de producción de hilo, tejidos y por ende de prendas. En la provincia de Imbabura no existe una máquina para cardar fibra de alpaca, únicamente existen adaptaciones de máquinas de cardado de fibra de ovino, así que el tratamiento a la materia prima no es el adecuado.

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.

OBJETIVO GENERAL

Construir una máquina artesanal cardadora de lana de alpaca para optimizar el proceso de tejedores artesanales de la comunidad de La Florida en Pimampiro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el proceso adecuado para el cardado de la lana de alpaca.

- Diseñar una máquina para el cardado de la lana de alpaca según el proceso requerido.
- Construir un prototipo de la máquina.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Elaborar un manual de uso y mantenimiento del prototipo.

ANTECEDENTES

En los últimos años el proceso de cardado a nivel de la industria internacional, ha ido cambiando y mejorando, desde la reducción del tamaño físico de la máquina y la adición de más procesos como digitales o mecánicos para obtener una producción de fibra de alto nivel para competir a nivel mundial, además de mejorar las herramientas que se usan, con procesos de construcción o re diseño que ayudan a mejorar su rendimiento o duración en trabajo.

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 especializada en maquinaria textil, ha desarrollado la máquina de cardado RAMELLA CARDER W.W. la que se muestra en la figura 1 [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 genera la posibilidad de trabajar con fibras naturales y artificiales.



Figura 1 RAMELLA CARDER W.W [1]

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 como se muestra en la figura 2. Los chapones están unidos por correas dentadas para asegurar el guiado.

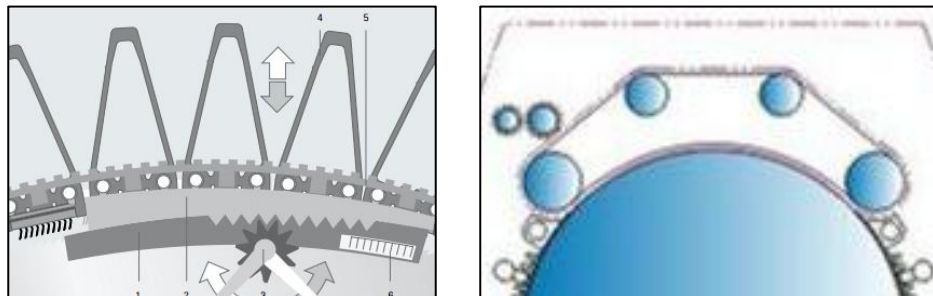


Figura 2 Sistema de chapones MAGNOTOP [2]

Las guarniciones están compuestas de un tira metálica flexible, y de esta manera se fijan a un barra de aluminio con imanes de neodimio (figura 3) de alta energía como en la figura 3, que asegura la sujeción y su correcto funcionamiento [2]. Con este sistema se observa que la zona de contacto entre los chapones y la fibra a cardar es mucho mayor.



Figura 3 Chapón de carda Truetzschler [2]

Mirzaei, Gharehaghaji y Zarrebini (2012), establecieron un nuevo sistema para reducir la vellosidad (la medida de fibra que sobre sale del cuerpo principal) del hilo, que se produce por las fibras cortas. El sistema consiste en implementar un par de rodillos perforados, unidos a una bomba de vacío que estaría colocado al final del proceso cardado el cuál ayuda a reducir la vellosidad un 20% [3]. La reducción de la vellosidad ayuda a mejorar la calidad del hilo, que sería reducir la resistencia al aire.

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 [4]. 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 [5]. La geometría y el estudio de las aleaciones ha sido importante para poder construir nuevas guarniciones que se alejan de la guarnición tradicional.

Del análisis anterior se aprecia que muchos aspectos de este proceso aún siguen investigándose para poder mejorar los elementos del cardado y así mejorar el producto final, reduciendo el mantenimiento o reduciendo el impacto del proceso de cardado en la fibra. Vemos que conforme se crean nuevas herramientas industriales de manufactura o sistemas eléctricos de control, se investiga la viabilidad de añadirlas al proceso.

JUSTIFICACIÓN

La construcción de una máquina cardadora específicamente para fibra de alpaca, contribuirá al desarrollo de la comunidad La Florida. Así como dice el objetivo 3 en el Plan del Desarrollo

del Buen Vivir desarrollado por el Senplades “Mejorar la calidad de vida de la población es un reto amplio que demanda la consolidación de los logros alcanzados en los últimos seis años y medio, mediante el fortalecimiento de políticas intersectoriales y la consolidación del Sistema Nacional de Inclusión y Equidad Social [6].

Esta comunidad está procesando la fibra de alpaca para poder mejorar sus ingresos a través de la venta de prendas elaboradas de manera artesanal, pero la calidad de estos productos no es tan buena como el hilo obtenido por procesos industriales, ya que el método de obtener el hilo, se realiza mediante una máquina para procesar la lana de oveja, y las fibras no son iguales, ya que la lana de alpaca es más delicada y más propensa a rasgarse.

Por tal razón es necesario mejorar el proceso de tratamiento de la fibra de alpaca, a fin de mejorar su producto final, que es la obtención del hilo, que pueda ser sometido a un análisis y que cumpla con estándares internacionales, asegurando así la calidad en la prendas que ofrecen a los turistas.

ALCANCE

El objetivo es construir una máquina cardadora que se encargara de procesar la lana obtenida de la alpaca, la cual cepillará para dar uniformidad a la fibra y obtener un velo.

La máquina estará limitada a una cantidad de un quintal de lana por hora, que se ajusta a la cantidad de fibra que producen actualmente.

El prototipo permitirá que una persona pueda procesar la lana, y obtener un manto ya tratado. El prototipo será muy versátil porque será amigables con los campesinos, porque el mismo operario podrá dar mantenimiento, y de igual manera podrá manipularla ya que estará construida con un panel de control donde estarán todos los accionamientos necesarios y botones de emergencia, que ayuden al correcto funcionamiento de la máquina.

El sistema será capaz de variar la velocidad de rotación, la cual permitirá dar tratamiento a las diferentes tipos de fibras que se puede obtener de la alpaca.

Capítulo 1

1. Marco Teórico

1.1. Obtención y procesamiento de la fibra

En Ecuador existen asociaciones que se dedican a la crianza y producción de fibra de alpaca además de la confección de prendas de vestir, y en algunas de ellas el proceso que tienen es totalmente manual desde la esquila, hasta llegar a la elaboración de sacos con tejido, tomando en cuenta que cuentan con el respaldo empresas privadas que ayudan con la parte técnica y control de cada animal, para de esta manera obtener un producto totalmente artesanal.

ESQUILA

Es el proceso con el cuál se obtiene la fibra del cuerpo del animal, a través del uso de tijeras, y se obtiene un vellón como se muestra en la figura 1.1, que sería toda la fibra en un solo bulto, siendo un promedio de 6 libras de fibra por animal (Alpaquera ASARATY, Chimborazo).



(a) Uso de tijeras para la esquila



(b) Obtención del vellón

Figura 1.1. Esquila de alpaca, (a) uso de tijeras para la esquila, (b) obtención del vellón (Alpaquera ASARATY, Chimborazo)

CLASIFICACIÓN DE FIBRA

La alpaca es un animal, del cual se puede obtener 5 clases de fibras, de las cuales solo se usan las 4 primeras fibras, siendo esta última fibra de desecho.

La separación de fibra, se realiza mediante una técnica usando el tacto y la mirada, colocando el vellón estirado en una superficie plana como se muestra en la figura 1.2, para de esta manera llevar un registro de la producción de fibra de cada animal, y una selección de las alpacas aptas para seguir en producción de fibra.



Figura 1.2. Separación de fibra y pesaje (Alpaquera ASARATY, Chimborazo).

HILADO

La comunidad de Jatari campesino en la provincia de Chimborazo, realizan el hilado manual a través de sigse y con un guango de fibra como se muestra la figura 1.3, y proceden a hilar a través del estrangulamiento de la fibra. El grosor del hilo depende de los requerimientos, ya que las hiladoras solo con el movimiento de los dedos, pueden variar el grosor necesario del hilo.



Figura 1.3. Hilado manual (Comunidad Sarati Campesino, Chimborazo).

TEJIDO

El proceso de tejido es totalmente manual y realizado por mujeres campesinas, ellas se encargan de realizar prendas que van desde bufandas, chalinas, sacos, gorros, diademas, llaveros y hasta gorros.

El avance tecnológico ha llevado que las nuevas tecnologías, sean mucho más complejas que al inicio, pero siendo más precisas y mejorando todo el producto final.

1.2. Cardado

El proceso de cardado es un conjunto operaciones mecánicas, sucesivas y constantes, con el fin de ir separando, estirando, limpiando y paralelizando las fibras para obtener un mechón o cinta como se muestra en la figura 1.4. Es uno de los principales procesos para la obtención de un buen hilo. La carda es un instrumento con púas que sirve para cardar la lana o fibras textiles [7].

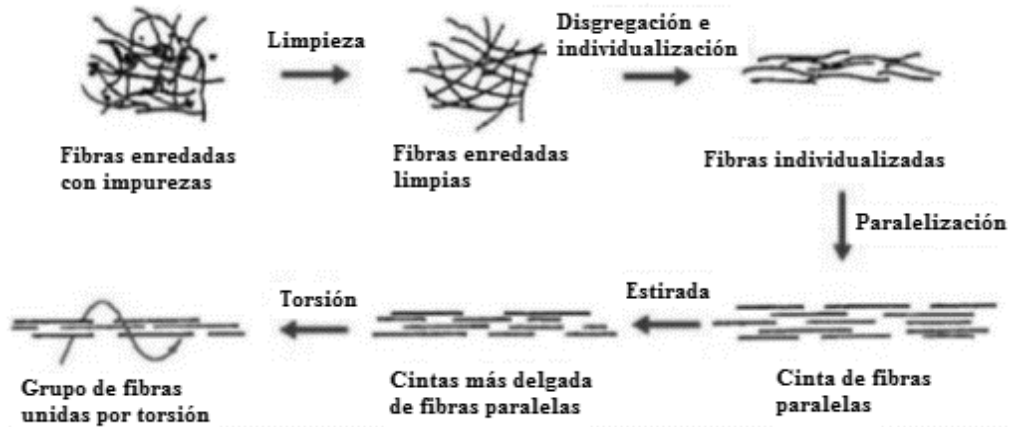


Figura 1.4. Representación del cambio de estado en la fibra durante el proceso de cardado [8].

El cardado se realiza con cardas de cardado, ya que también existe otro proceso en el que se usan cardas para peinar.

Al ser un proceso, puede haber defectos que se producen en el cardado, como formación de neps (bolita o nudillo que se forma cuando se enredan las fibras con materia extraña), roturas de fibras, material cardado sucio, fibras no paralelas o irregularidad en las cintas [7].

Los principales aspectos a tomar en cuenta para el cardado son:

- Velocidad entre las partes cardantes
- Sentido de giro de las partes
- Sentido de las púas de las partes
- Ajuste de calibración de las partes

1.3. Guarniciones

Las guarniciones son cintas con alambre metálico con base semi-rígida, como en la figura 1.5, que generalmente son colocadas en rodillos o tambores cardadores, también llamados chapones.

Las guarniciones han tenido un avance con el pasar del tiempo, ya que comenzaron con base de tejido de cuero, y que ha sido sustituido por lino o algodón. El tejido base debe tener resistencia

para mantener la guarnición firme y ser ligeramente elástico, porque si llega a tener movimiento perdería su eficacia y si es muy rígido puede romperse la fibra [7].

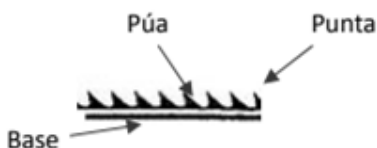


Figura 1.5. Partes de una guarnición [7]

1.3.1. Guarniciones flexibles

Este tipo de guarniciones son elaboradas con alambre de acero gris templado, opcionalmente acero estañado o inoxidable, con perfil redondo y con una resistencia máxima de 2200 N/mm^2 . La base es elaborada con cinco telas de algodón, fieltro de pura lana y opcionalmente goma superficial. Tienen unos acabados con esmerilado frontal, puntas bruñidas y pulidas y opcionalmente templadas.



Figura 1.6. Guarniciones de diferentes alturas y distancia entre secciones (a) guarnición usada para el proceso de emborrado, (b) guarnición usada para el proceso de mecheado [7]

1.3.2. Guarniciones rígidas

Se utilizan en procesos de surtidos, cardas emborradoras, abridoras, desmontadoras, etc. Existe más variedad de ángulos y de densidad de puntas como se muestra en la tabla 1.1, para que se ajuste a las necesidades de cada rama textil.

Tabla 1.1. Tipos de guarniciones rígidas [7]

Referencia	Talón (<i>cm</i>)	Inclinación (°)	Púas (<i>cm</i> ²)	Alturas (<i>cm</i>)	Esquema
280 A	0,97	70	223	3,20	
211 morel	Variable	50	Variable	3,20	
212	Variable	55	Variable	5,50	
215	Variable	55	Variable	5,50	
222	Variable	55	Variable	5,50	
224	1,25	60	139	4,20	
232	Variable	50	Variable	5,50	
234 A	0,97	70	367	3,20	
240	1,25	80	142	4,20	
252	0,90	80	175	3,20	
101	2,20	70	33	9,10	
315 AB	3,18	80	23	5,65	
335 AB	3,18	52	32	5,65	
340 AB	1,40	80	126	5,10	

1.3.3. Guarniciones semi-rígidas

Las guarniciones de este tipo son elaboradas con alambre de acero gris templado, perfil biconvexo/ovalado, resistencia máxima de 2350 N/mm^2 .

Esta guarnición tiene un corte especial en bisel (corte de una pieza con borde), ya que por esto le da una resistencia mayor al desgaste, además que el espacio entre alambres sea mayor. La base de la guarnición se elabora con telas de algodón que dependiendo de su uso puede tener entre 7 y 13 capas de telas, tiene un fieltro de pura lana o de esponja sintética y una goma

superficial. Al comparar la figura 1.7 con la tabla 1.1, se aprecia la gran diferencia entre los alambres que se usa [7].

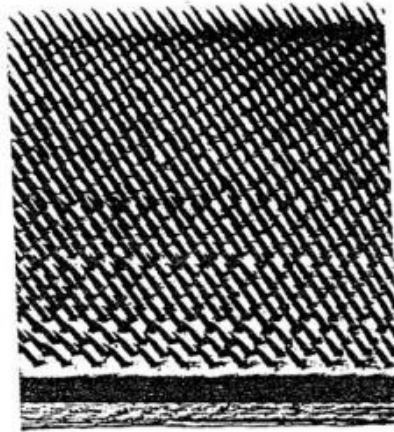


Figura 1.7. Guarniciones semi-rígidas [7]

1.4. Tipos de cardas

1.4.1. Carda de cardado

El cardado se compone de tres partes cardadoras que son diferentes pero que son complemento la una de la otra.

Carda Emborradora: logra distribuir la fibra que ingresa al proceso y de un tambor principal y pequeños rodillos de movimiento rápido. Hay que tener en cuenta la manera en que se ingresa la fibra a este proceso, ya que para obtener un hilado perfecto, es preciso cargar uniformemente las cardas, a través de una báscula alimentaria que regula la telera de alimentación [8].

Carda Repasadora: para alimentar a este proceso la tela ingresa de forma transversal, este proceso de cardado es parecido a la primera, con la diferencia de que la guarnición es más fina y tupida [8].

Carda Mechera: la alimentación para esta parte del cardado se realiza de forma longitudinal y en este proceso la fibra, vuelve a revivir el mismo proceso anterior, con la diferencia que la

guarnición es más fina y tupida. Al final de este último proceso de cardado, es cuando se logra obtener un mechón o telar para su posterior hilado [8].

1.5. Carda de peinado

Se realiza de una manera similar al proceso de cardado, en tres etapas con la diferencia de que no hay variación de las guarniciones entre estas etapas de cardado, se realiza con un solo tipo, ni ningún tipo de interrupción y sin que se produzca traslados de velos.

1.6. Limpieza

La limpieza de los rodillos cardadores y los tambores transportadores, es de mucha importancia, ya que afecta directamente a la calidad del trabajo. Una de las maneras de realizar la limpieza es mediante el uso de cardillas de mano, ya que el uso de aspiradoras no es posible [8].

Hay avances tecnológicos, en los que se está implementando un rodillo más para la limpieza de los rodillos cardadores, movidos mecánicamente.

1.7. Fibra de alpaca

La fibra de lana de alpaca esta considerada como una de las mejores del mercado textil debido a su finura y dureza.

En comparación con la fibra de oveja, la fibra de alpaca es tres veces más fuerte y siete veces más caliente, ya que tiene excelentes cualidades aislantes térmicas por tener bolsas de aire microscópicas, lo cual ayuda a reducir el peso.

El grosor de la fibra se mide en micrómetros, y puede variar entre los 12 y los 32 micrómetros. Tiene un brillo sedoso que se mantiene a pesar del teñido y el lavado, no retiene agua, resiste la radiación solar y no contiene grasa, aceite o lanolina.

Se logran confeccionar prendas muy durables y de cuidado fácil, además de ser hipoalergénica por su gran finura. Se pueden obtener más de veintidós colores naturales entre café y gris.

1.8. Clasificación de la fibra de alpaca

Al obtener la fibra del animal, se procede a la clasificación según su grosor.

Como por ejemplo la *baby* alpaca, se obtiene de la primera esquila del animal, en este caso se realiza a las crías recién nacidas o a los más jóvenes, siendo usados para hacer prendas finas de punto, *jersey*, chalets y paseminas; la superfina se usa para sacos y abrigos, y la fibra más gruesa se emplea para hacer alfombras, tapicerías y forros [9].

La tabla 1.2 muestra la clasificación de la fibra según su grosor.

Tabla 1.2. Clasificación de la fibra de alpaca [9]

Clasificación	Símbolo	Grosor (μm)
<i>Baby</i>	BI	17,0 a 23,0
Superfina	FS	23,1 a 26,4
Superfina media	FSM	26,5 a 29,0
Huariza	HZ	29,1 a 31,5
Gruesa	AG	Más de 31,5

1.9. Características textiles de la fibra de alpaca

Existen varias características que tienen influencia en la transformación de la fibra en tejido u otros productos que se obtenga de la fibra; haciendo que el producto tenga mayor rentabilidad y sea preferido por el consumidor.

A continuación se definen las más relevantes:

1.9.1. Coeficiente de variación de la fibra

El coeficiente de variación del diámetro de la fibra es una medida dentro del vellón o la fibra obtenida después de la esquila del animal, cuál su magnitud esta expresada en porcentaje. Un vellón con el coeficiente de variación más bajo, indica una mayor uniformidad.

El 24% representa el límite para rendimientos textiles.

1.9.2. Factor de *confort* y factor de picazón

El factor de *confort* o también conocido como factor de comodidad, es el porcentaje de fibras menores a 30 μm que se obtiene de un vellón. Para tener un valoración del factor de confort se establece como un límite máximo si más del 5 % de fibras superan la medida de 30 μm , establecemos que el tejido no es confortable por la picazón que se sentiría en la piel [10].

Durante el uso de la prenda, los terminales de fibra emergen y presionan la piel, la fuerza que soporte la fibra es dependiente de su diámetro y longitud que sobresale del tejido. Por encima de los 100 mg de fuerza, los nervios de la piel comienzan a interpretar de una manera no placentera [11].

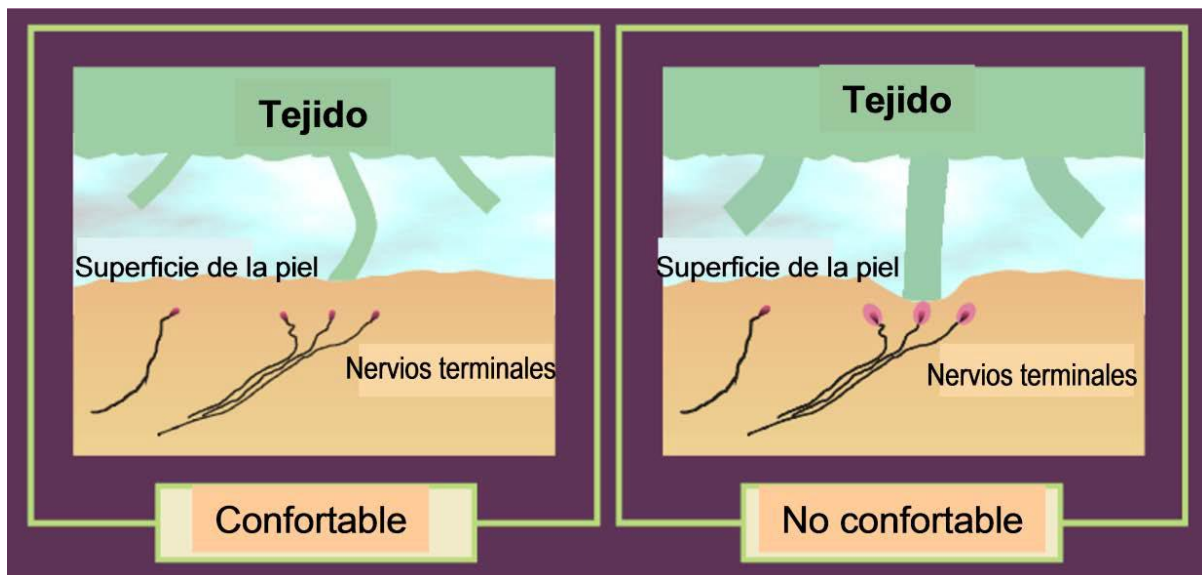


Figura 1.8. Interacción entre el tejido, los terminales de la fibra o lana y la piel, que muestran la importancia del factor de confort [12].

El factor de picazón no es un carácter técnico de la fibra, sino está relacionado con el grado de *comfort* que brinda sobre el usuario [13].

1.9.3. Índice de curvatura

El índice de curvatura es una característica textil adicional que puede ser utilizado para describir la propiedad espacial de una masa de fibras de lana. Este índice, que es común a todas las fibras textiles, es de interés para los fabricantes de alfombras y prendas de vestir.

El rizo de la fibra es una característica deseable respecto al tacto, aunque a veces también puede crear dificultades en la referencia al procesamiento.

El índice de curvatura y el rizo de la fibra, junto con el color de la grasa, la longitud de mecha, la suciedad y el desgaste representan el “estilo de la lana”, el cual ayuda a tener una idea del rendimiento al ser procesado, prácticas de comercialización y calidad de los productos de lana final [12].

1.9.4. Finura al hilado

Se expresa en μm , muestra el rendimiento de la fibra cuando es hilada y convertida en hilo. Su estimación proviene de la combinación de la medida del diámetro y el coeficiente de variación.

Capítulo 2

2. Metodología

“La investigación científica es, en esencia, como cualquier tipo de investigación, solo que más rigurosa, organizada y se lleva a cabo cuidadosamente” [14]. 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 acabo 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 [14]. 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 visita de a fábricas textiles. A continuación se detalla cada una de las actividades realizadas para llegar a la solución del problema investigativo propuesto:

Objetivo I: Determinar el proceso adecuado para el cardado de la lana de alpaca.

Actividad I: Para la selección del proceso se consulta en publicaciones científicas actualizadas relacionadas con el cardado, métodos de cardado, elementos para el cardado; tomando como referencia a empresas como Ramella, Truetzschler, especializadas en máquinas textiles, como cardadoras. Se visitara la empresa textil “Salinerito”, para conocer el sistema de producción del hilo de alpaca no 100 % puro.

Actividad II: El uso de la bibliografía es mínimo debido principalmente a la falta de estudio o análisis a esta área, sin embargo esta bibliografía posee datos válidos y útiles que, conjuntamente con el marco teórico permiten establecer una idea del proceso a utilizar para el cardado.

Actividad III: Una vez determinado el proceso o la configuración, se analiza los rodillos para el cardado, por lo cual se consulta en páginas web sobre proveedores en la comercialización de elementos de cardado como: *Classic carder* [15], Molino Aguada [16], Telares Menke [17], *Fancy-Kitty* [18].

Actividad IV: Se seleccionara el tipo de guarnición necesaria para el trabajo específico en fibra de alpaca, para esta selección no se realizara comparativas entre guarniciones debido a que el tipo de guarnición requerida debe ser para fibras finas.

Objetivo II: Diseñar una máquina para el cardado de la lana de alpaca según el proceso requerido.

Actividad I: En base a la teoría, bibliografía y publicaciones a revisar, se determinará las etapas o configuración del sistema, cada una de ellas necesarias para garantizar un procesamiento adecuado a la fibra de alpaca.

Actividad II: Para la etapa de admisión, se determinará dónde la fibra será preparada para ingresar al proceso de cardado: se analizará máquinas ya existentes, para determinar la posición, dimensiones y forma adecuada, de la etapa de admisión. En la admisión se determina la cantidad de fibra a ingresar al proceso, además de una rápida revisión a la fibra, evitando que contenga elementos extraños o impurezas.

Actividad III: Para la etapa de procesamiento, se analizará el diseño de los soportes laterales, donde estarán colocados los rodillos cardadores, utilizando herramientas de análisis de elementos finitos como Solid Works, se podrá realizar un análisis de la viabilidad del soporte ante cargas que serán determinadas a través de un análisis de laboratorio.

Actividad IV: En primera instancia se analiza la mejor forma de implementar un sistema de ajuste de distancia entre los tambores cardadores, cabe destacar que a base de consultas a la bibliografía y a personas con experiencia en el manejo de fibras [19], se determina la necesidad de poder variar la distancia entre tambores, por la necesidad de tratar las diferentes fibras que se obtiene del animal.

Actividad V: Se analizará el sistema que se pueda implementar para poder variar la velocidad de los rodillos cardadores, al analizar la bibliografía se determina que la velocidad de los rodillos cardadores, es diferente que la velocidad del rodillo transportador.

Actividad VI: Para la siguiente etapa, se retira la fibra del proceso, se analizará el diseño de un sistema con que se pueda retirar la fibra, sin estirla, romperla o dañar el velo que se obtendrá; para lo cual revisando se recurre la bibliografía y analizar el sistema con el que trabajan las máquinas existentes.

Actividad VII: Para la etapa de salida, se utiliza el mismo procedimiento que para la actividad II, de manera que la fibra pueda ser retirada hacia su posterior almacenamiento.

Actividad VIII: Para determinar el soporte estructural, se determinará las medidas de los rodillos cardadores, para comenzar el diseño a partir de este punto, además de seleccionar el tipo de tubo estructural y las dimensiones adecuadas.

Actividad IX: Una vez determinado el rodillo que se implementará en el prototipo, se realiza el diseño según la ergonomía de trabajo y las dimensiones de los rodillos, consultando la bibliografía existente y además de comparar con la antropometría promedio en Ecuador [20].

Actividad X: Se analizará el sistema de transmisión entre los motores y los rodillos cardadores, se tomará en cuenta la bibliografía y además se analizará el sistema que emplean los distribuidores de los elementos cardantes como: *Classic carder* [15], Molino Aguada [16], Telares Menke [17], *Fancy-Kitty* [18].

Actividad XI: Para la etapa de control, se diseña el tipo de sistema electrónico, con el que se podrá manipular la máquina, por ejemplo, encendido, apagado, sentido de giro, cambios de velocidad y protecciones de emergencia; cabe resaltar que el sistema de control debe ser muy amigable con el usuario y que no requiera algún tipo de preparación en sistemas industriales.

Objetivo III: Construir un prototipo de la máquina.

Actividad I: La selección de componentes a utilizar es el proceso se basa en aplicar los criterios específicos que no necesariamente permiten seleccionar los mejores componentes para este tipo de aplicaciones; es así que entre los criterios en que se basa esta selección se encuentran: la disponibilidad en el mercado, bajo costo y adaptarse al presupuesto asignado. Con los elementos que cumplan estas dos premisas, se selecciona uno de estos comparando sus características en base a las hojas de datos de cada elemento disponible en la red.

Actividad II: Para determinar la fuerza requerida para el cardado, se realizara una prueba de laboratorio, dónde a través de un medidor de fuerza (Newtometro) y un cepillo con el mismo tipo de guarnición flexible, se procederá a simular el trabajo de cardado directamente a la fibra; para que de esta manera determinar la fuerza requerida en los rodillos cardadores.

Actividad III: La construcción de las partes mecánicas, será a través de los planos realizados después de obtener un diseño viable del prototipo de máquina cardadora.

Objetivo IV: Realizar pruebas de funcionamiento.

Actividad I: Una vez terminado el proceso de construcción del prototipo, de acuerdo con el problema inicial, esta etapa consiste en la recolección de datos sobre la máquina y su funcionamiento; recolectar datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que conduzcan a reunir datos con un propósito específico.

Actividad II: Se clasificará la fibra según grosor y utilizando valores iniciales [21] de velocidad y distancia entre rodillos cardadores, se someterá la fibra al proceso de cardado.

Actividad III: Se establecerá un protocolo, para que de manera de ensayo y error se podrá determinar los valores de velocidad y distancia entre rodillos adecuados para cada tipo de fibra.

Actividad IV: Análisis de la fibra cardada, la confiabilidad del análisis dependerá del uso de las herramientas de medición a las que sea sometida la fibra; cabe destacar que por parte de la fundación Condesa, se llegó a un acuerdo verbal con el cual la empresa ayudaba con un técnico especializado en fibras, además de mas materia prima que será usada en el prototipo de maquina cardadora.

Objetivo IV: Elaborar un manual de uso y mantenimiento del prototipo.

Actividad I: Se establecerá lo que el usuario puede realizar con el prototipo, lo que el operario puede hacer en caso de surgir un problema y que tipo de pasos debe seguir para solucionar el problema que pueda suceder durante la operación; para lograr esto será necesario detallar las características que tiene el prototipo.

Actividad II: Se creará la documentación adecuada con base en el usuario, el lugar donde los usuarios utilizarán la guía y la frecuencia con la que los usuarios utilizaran la guía.

Actividad III: El manual de mantenimiento, se empleará para guiar al usuario para desarrollar tareas de mantenimiento en forma segura y eficiente, contemplando dentro de su estructura los principales funcionamientos del prototipo, su ubicación en el proceso, las tareas asociadas al

mantenimiento preventivo y correctivo, incluyendo el análisis de riesgos además de una lista de partes y repuestos.

Capítulo 3

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 3.1. 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).

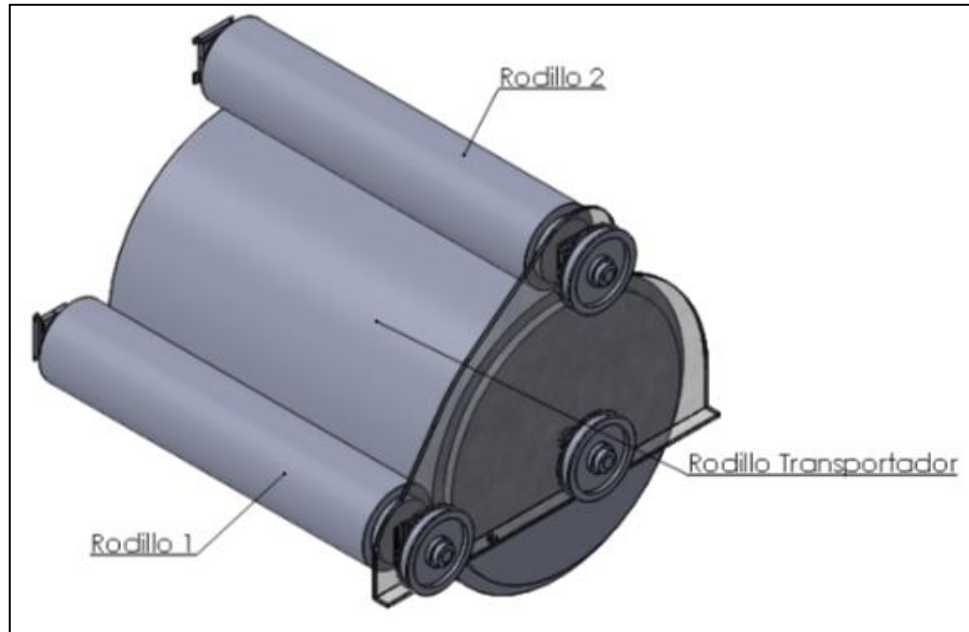


Figura 3.2. Configuración de rodillos cardadores.

Después de analizar la disponibilidad en el mercado de estos elementos se optó por la selección de dos rodillos cardadores (figura 3.3.) y un rodillo transportador (figura 3.4.), que están contruidos con elementos metálicos como el eje, y partes de madera, dependiendo del tipo de rodillo. Las guarniciones están colocadas de manera que rodean al rodillo, y el sistema de sujeción de las guarniciones es a través de pegamento y una chapa metálica atornillada que cubre el inicio y fin de cada sección de la misma.

Las dimensiones se pueden revisar en la tabla 3.1.



Figura 3.3. Rodillo cardador



Figura 3.4. Rodillo transportador

Tabla 3.1. Dimensiones de los rodillos

Elemento	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Longitud de cardado (cm)	Densidad de la guarnición (TPI)
Rodillo cardador	51,2	14	45,2	120
Rodillo Transportador	51,2	30	45,2	120

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.

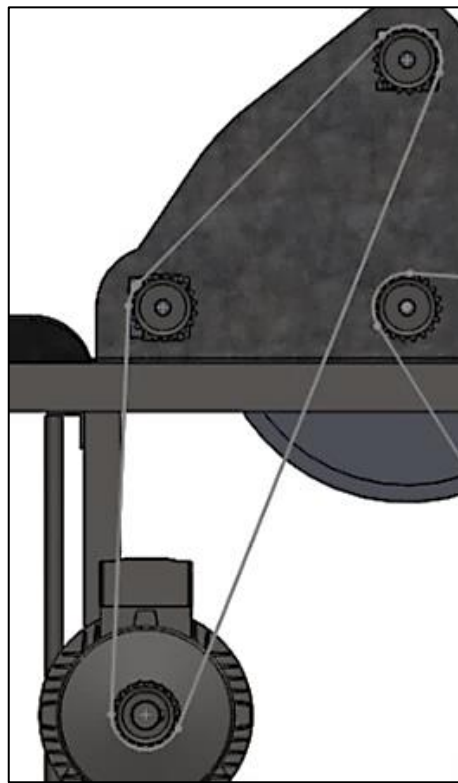


Figura 3.5. Sistema de transmisión para los rodillos cardadores

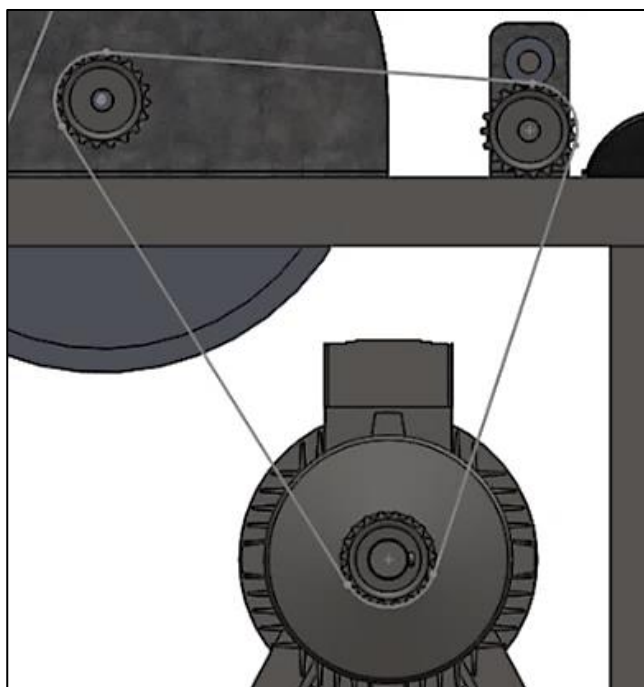


Figura 3.6. Sistema de transmisión para el rodillo transportador y el mecanismo para retirar la fibra.

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 [21], por lo cual se analizaron las alternativas de transmisión como indica la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Comparativa entre las cuatro alternativas de transmisión [22]

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.

Al conocer el tipo de transmisión que se usará, se procede a seleccionar el tipo de polea a usar. Cabe recalcar que, cuando se seleccionaron los rodillos de cardado y transportador, estos ya traían una polea dentada como parte del ensamble, entonces se seleccionó el mismo tipo de polea para el resto de la transmisión polea. A continuación, se trata de determinar el tipo de correa dentada que se acople a la polea.

Para determinar el tipo de correa, se necesita la longitud, paso y ancho, de la polea (véase anexo 1); se procedió a la medición obteniendo unos valores de:

Longitud 1 = 53 pulg

Longitud 2 = 40 pulg

Paso = 0,35 pulg

Ancho = 0,79 pulg

Observación: La longitud 1 es la distancia necesaria de correa para el sistema de transmisión para los rodillos cardadores y la longitud 2 es la distancia necesaria para el sistema de transmisión para el rodillo transportador y mecanismo para retirar la fibra.

Conocidos los datos de la polea y la longitud necesaria, se seleccionan las correas (véase anexo 2). En la tabla 3.3. se indican los códigos de las correas seleccionadas.

Tabla 3.3. Correas dentadas de transmisión

Código	Sistema de transmisión
151SP290H	Rodillos cardadores
T203	Rodillo transportador

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 3.7, 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 transportador.



Figura 3.7. 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 (ver tabla 3.4.). De esta manera, se seleccionó el valor más alto para calcular la potencia requerida por parte de los motores.

Tabla 3.4. Valores obtenidos de la prueba de laboratorio

<i>Prueba #</i>	<i>Valor (N)</i>
1	15
2	8
3	7
4	10
5	12

Con el valor de la fuerza conocido, y con el valor del radio de los rodillos cardadores y del cilindro transportador se procedió a realizar el cálculo del torque necesario utilizando la ecuación 3.1. Cabe recalcar que la longitud del cepillo es 5 veces menor que la de los rodillos, por esta razón la fuerza se multiplica por 5, obteniendo un valor de fuerza de cardado de 75 N.

Ecuación 3.1. Ecuación de torque o par transmitido [23]

$$T = F \cdot r$$

Dónde T = torque o par torsión, N·m

F = fuerza de cardado, N

r = radio de rodillo, m

Radio del rodillo cardador = 7 cm

Radio del rodillo transportador = 30 cm

Aplicando la ecuación 3.1 se obtuvieron los resultados de la tabla 3.5.

Observación: La fuerza de cardado se determinó simulando el trabajo de un rodillo cardador, pero en caso del rodillo transportador actúan dos fuerzas de cardado, así que es necesario duplicar el torque y obtener la potencia necesaria para cumplir el trabajo determinado

Tabla 3.5. Torque necesario para el proceso

Sistema de transmisión	Torque (N·m)
Rodillos cardadores	5,25
Rodillo transportador	22,5

El análisis anterior se realizó con la condición de que cada rodillo tiene una zona de contacto para realizar el proceso de cardado; hay que tomar en cuenta que el rodillo transportador tiene dos zonas de contacto y son dos rodillos cardadores así que el torque necesario se duplicaría ante estas características (Véase la tabla 3.6.).

Tabla 3.6. Torque necesario para el proceso (ajustado)

Sistema de transmisión	Torque (N·m)
Rodillos cardadores	10,5
Rodillo transportador	45

Para obtener la potencia necesaria para cada rodillo, se aplicó la ecuación 3.2.

Ecuación 3.2. Ecuación de potencia para un eje [23]

$$P = T \cdot \omega$$

Dónde P = potencia, W

T = par torsión, N.m

ω = velocidad angular, rad/s

Al tener todos los parámetros establecidos se procede al cálculo obteniendo estos datos:

Tabla 3.7. Potencia necesaria para el proceso

Sistema de transmisión	Potencia (hp)
Rodillos cardadores	0,354
Rodillo trasportador	0,3792

Obtenidos los valores en la tabla 3.8, se procede a seleccionar el motor adecuado (Ver anexo 3):

Tabla 3.8. Potencia aproximada, según disponibilidad de mercado

Sistema de transmisión	Torque Calculado (N·m)	Velocidad Angular (rpm)	Potencia calculada (hp)	Potencia aproximada(hp)
Rodillos cardadores	10,5	240	0,354	0,5
Rodillo trasportador	45	60	0,3792	0,5

3.5. Diseño de los soportes laterales para el sistema de rodillos

El diseño está conformado por dos soportes, en los cuales están apoyados los rodillos cardadores y el rodillo trasportador; el diseño fue tomado a partir de la configuración de trabajo de los rodillos cardadores y el rodillo trasportador (ver figura 3.2). Sin embargo los soportes no son simétricos, ya que en el soporte lateral derecho (ver figura 3.8), al estar cerca del sistema de transmisión, se optó por añadir un contorno extra, que sigue la dirección del sistema de transmisión. Para el soporte lateral izquierdo (ver figura 3.9), se siguió el principio inicial de seguir un contorno tomando como guía los rodillos que procesarán la fibra de alpaca.

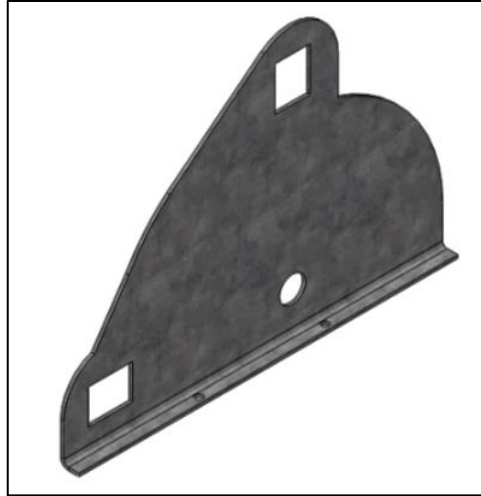


Figura 3.8. Soporte lateral derecho

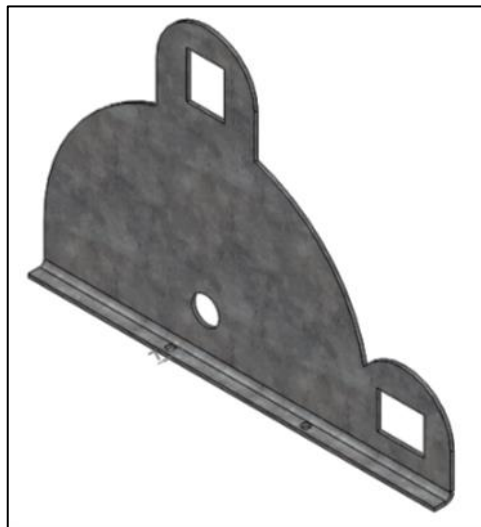


Figura 3.9. Soporte lateral izquierdo

Al tener ya definido el diseño, se procede al análisis de las fuerzas que actuarán sobre los soportes; al efectuar el análisis de carga sobre los rodillos se concluye que el soporte derecho es el más crítico, ya que las cargas son mayores. En las próximas secciones se efectúa el análisis de carga a cada elemento.

3.5.1. Análisis de fuerzas que actúan en el soporte lateral derecho

Para analizar las fuerzas a las que está sometido el soporte lateral, se realiza un análisis de cuerpo libre en los rodillos y se determinan las reacciones resultantes en el soporte.

La fuerza de tensión de la correa se determina mediante la ecuación 3.4.

Ecuación 3.3. Ecuación de fuerza de tensión para una correa [24]

$$F = \frac{T}{(D/2)}$$

Donde T = torque, N·m

D = diámetro de paso de la polea, m

El valor del torque es el calculado anteriormente en la tabla 3.6.

Para el motor 1:

$$F = \frac{10,5 \text{ N} \cdot \text{m}}{\frac{0,056 \text{ m}}{2}} = 375 \text{ N}$$

Para proceder con el análisis de las fuerzas que actúan en cada rodillo, se establece el ángulo que conforma la correa de transmisión sobre el eje de referencia como se muestra en la figura 3.10.

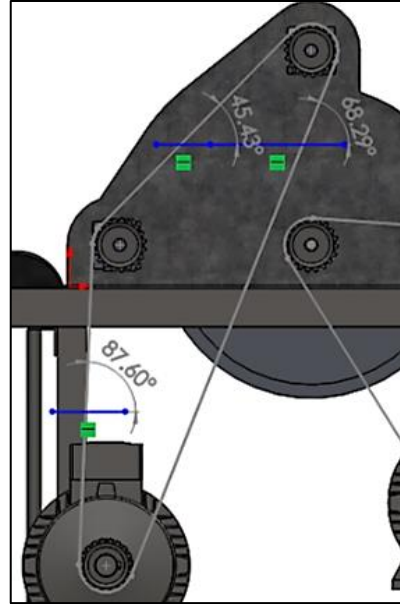


Figura 3.10. Sistema de transmisión de potencia del motor 1 a los cilindros cardadores (Ángulos que forma la correa dentada entre las poleas).

Rodillo cardador 1

En el diagrama de cuerpo libre (figura 3.11), se puede observar que está compuesto de las fuerzas F_1 y F_2 (tensiones de la correa dentada), T (par motor), F_c (la fuerza necesaria para el cardado) y las reacciones que se generan en los puntos de apoyo B y C.

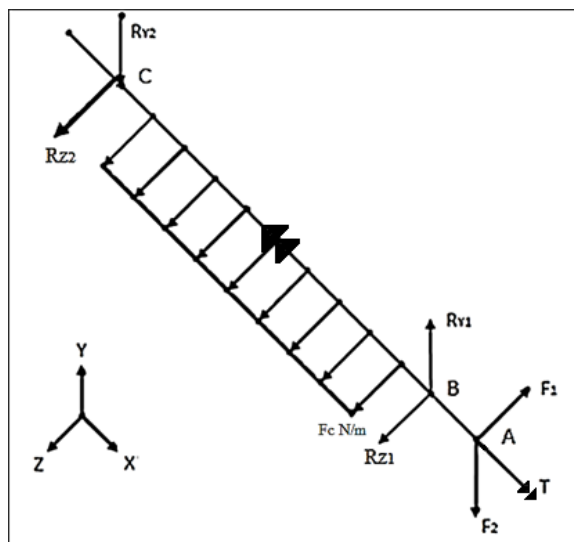


Figura 3.11. Diagrama de cuerpo libre para el rodillo cardador 1

Se determina las fuerzas resultantes F_z y F_y de F_1 y F_2 en el punto A (figura 3.11.), con los ángulos que se forman la correa dentada con el eje de referencia (figura 3.10.)

$$F_z = R_{z1} + R_{z2}$$

$$F_y = R_{y1} + R_{z2}$$

$$F_z = 278,871 \text{ N}$$

$$F_y = 641,819 \text{ N}$$

$$T = 10,5 \text{ N.m}$$

$$F_c = 365,854 \text{ N/m}$$

Al obtener las resultantes de las tensiones F_z y F_y , se procede al análisis de las fuerzas que actúan sobre el eje del rodillo.

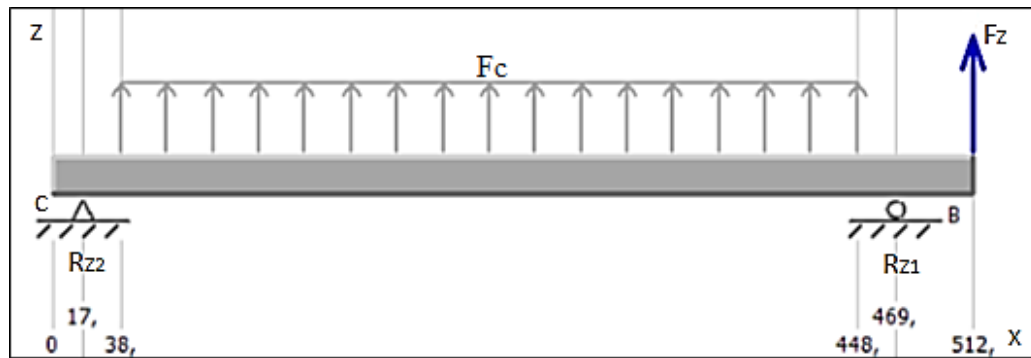


Figura 3.12. Diagrama de fuerzas y momentos en el plano XZ rodillo 1 (MDSolids software).

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en la figura 3.12 se obtuvieron las siguientes reacciones:

$$R_{z2} = -48,47 \text{ N}$$

$$R_{z1} = -380,40 \text{ N}$$

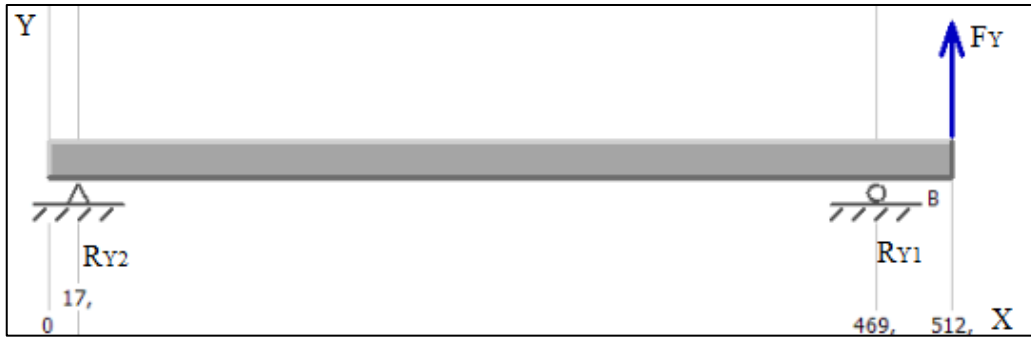


Figura 3.13. Diagrama de fuerzas y momentos en el plano XY rodillo 1 (MDSolids software).

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en la figura 3.13 se obtuvieron las siguientes reacciones:

$$R_{Y2} = 61,06 \text{ N}$$

$$R_{Y1} = -702,88 \text{ N}$$

Rodillo cardador 2

En el diagrama de cuerpo libre (figura 3.14), se puede observar que está compuesto de las fuerzas F_1 y F_2 (tensiones de la correa dentada), T (par motor), F_c (la fuerza necesaria para el cardado) y las reacciones que se generan en los puntos de apoyo B y C.

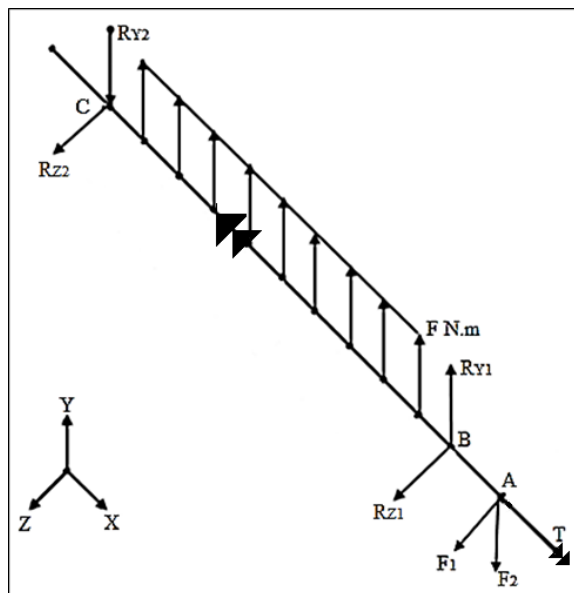


Figura 3.14. Diagrama de cuerpo libre para el rodillo cardador 2

Se determina las fuerzas resultantes F_z y F_y de F_1 en el punto A (figura 3.14), con los ángulos que se forman entre la correa dentada y el eje de referencia (ver figura 3.10), cabe destacar que al ser una correa dentada está compuesta de un lado tenso y un lado flojo, en este caso el valor de F_2 es el lado flojo, por lo cual $F_2 = 0$.

$$F_z = F_{1z}$$

$$F_y = F_{1y}$$

$$F_z = 263,168 \text{ N}$$

$$F_y = 267,148 \text{ N}$$

$$T = 10,5 \text{ N.m}$$

$$F_c = 365,854 \text{ N/m}$$

Al obtener las resultantes de las tensiones, se procede al análisis de las fuerzas que actúan sobre el eje del rodillo.

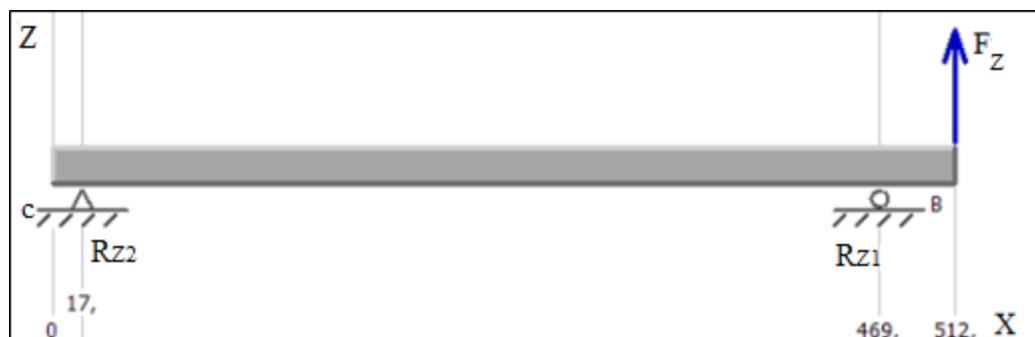


Figura 3.15. Diagrama de fuerzas y momentos en el plano XZ rodillo 2 (MDSolids software).

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en la figura 3.15 se obtuvieron las siguientes reacciones:

$$R_{Z2} = 25,04 \text{ N}$$

$$R_{Z1} = -288,20 \text{ N}$$

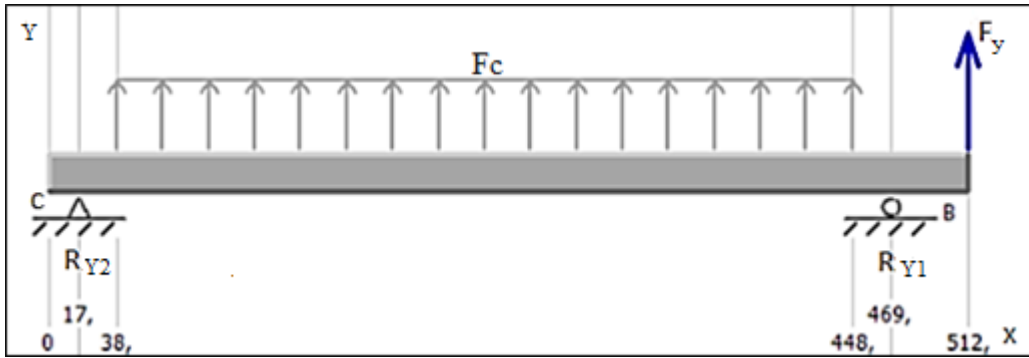


Figura 3.16. Diagrama de esfuerzos y momentos en el plano XY rodillo 2 (MDSolids software).

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en la figura 3.16 se obtuvieron las siguientes reacciones:

$$R_{Y2} = -49,59 \text{ N}$$

$$R_{Y1} = -367,56 \text{ N}$$

Para el motor 2, se aplica la ecuación 3.4, para obtener la fuerza de tensión de la correa de esta manera:

$$F = \frac{45,005 \text{ N} \cdot \text{m}}{\frac{0,056 \text{ m}}{2}} = 1607,321 \text{ N}$$

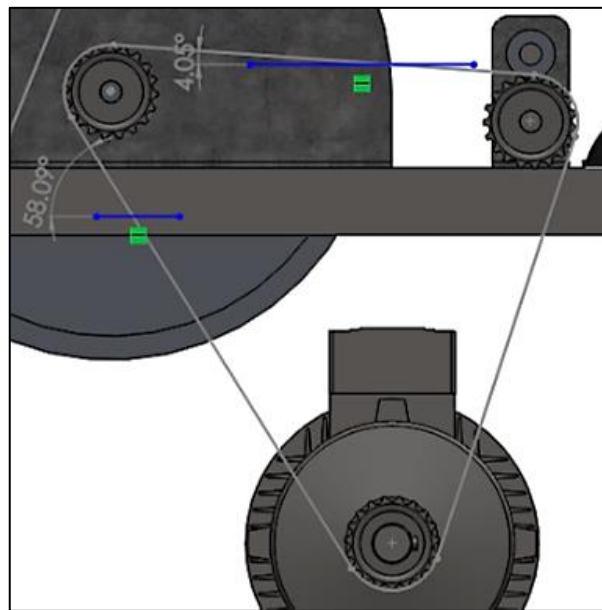


Figura 3.17. Sistema de transmisión de potencia del motor 2 a los cilindros cardadores (Ángulos que forma la correa dentada entre las poleas).

Rodillo transportador

En el diagrama de cuerpo libre (figura 3.18), se puede observar que está compuesto de las fuerzas F_1 y F_2 (tensiones de la correa dentada), T (par motor), F_c (la fuerza necesaria para el cardado) y las reacciones que se generan en los puntos de apoyo B y C.

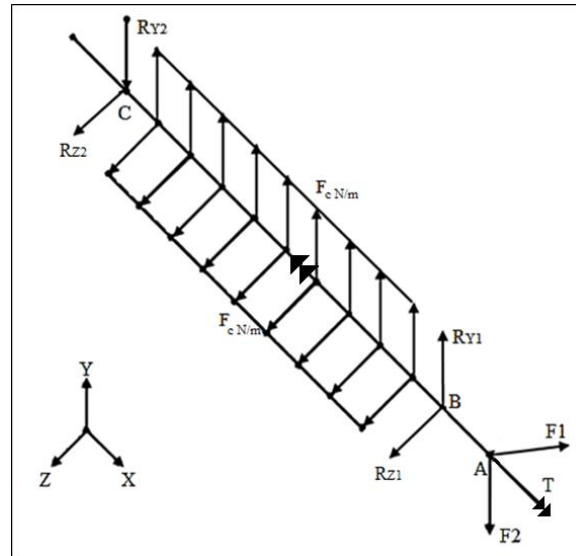


Figura 3.18. Diagrama de cuerpo libre para el rodillo transportador

Se determina las fuerzas resultantes F_z y F_y de F_1 y F_2 en el punto A (figura 3.18), con los ángulos que se forman con respecto al eje de referencia (ver figura 3.17) de la correa dentada.

$$F_z = F_{1z} + F_{2z}$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y}$$

$$F_z = 2452,915 \text{ N}$$

$$F_y = 1477,942 \text{ N}$$

$$T = 45 \text{ N.m}$$

$$F_c = 365,893 \text{ N/m}$$

Al obtener las resultantes de las tensiones, se procede al análisis de las fuerzas que actúan sobre el eje del rodillo.

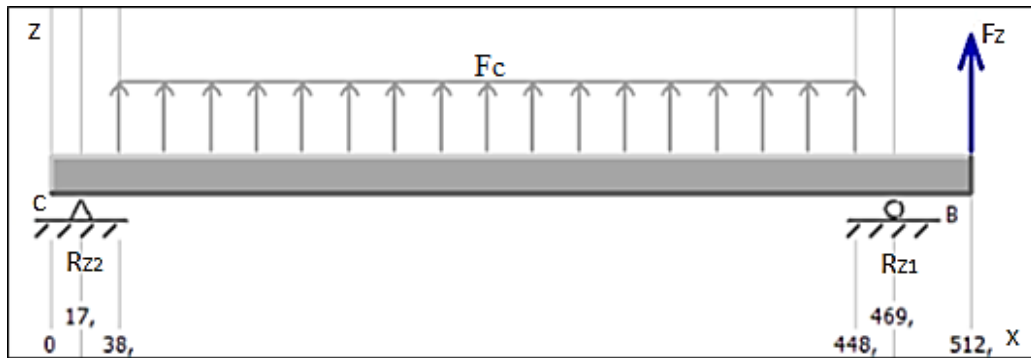


Figura 3.19. Diagrama de fuerzas y momentos en el plano ZX rodillo transportador (MDSolids software).

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en la figura 3.19 se obtuvo las siguientes reacciones:

$$R_{Z2} = 158,34 \text{ N}$$

$$R_{Z1} = -1692,52 \text{ N}$$

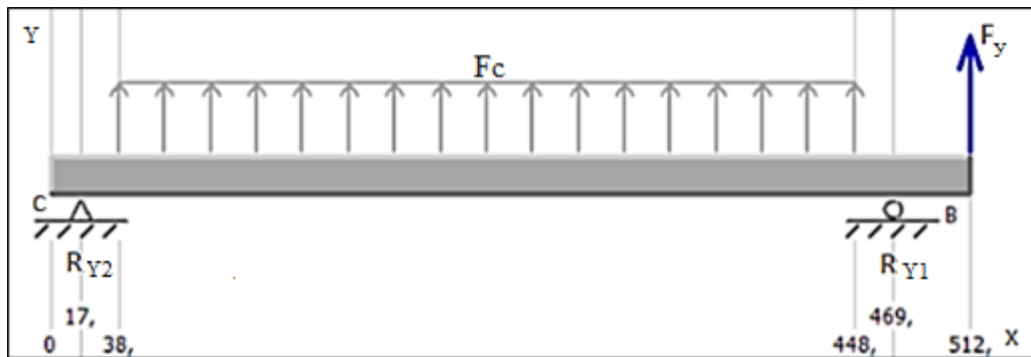


Figura 3.20. Diagrama de fuerzas y momentos en el plano YZ rodillo transportador (MDSolids software).

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en la figura 3.20 se obtuvo las siguientes reacciones:

$$R_{Y2} = 65,50 \text{ N}$$

$$R_{Y1} = -1692,52 \text{ N}$$

3.5.2. 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 (ver figura 3.21), que tiene la forma del rodamiento que se usará y unas secciones cuadradas donde serán aplicadas las fuerzas resultantes (ver tabla 3.9).

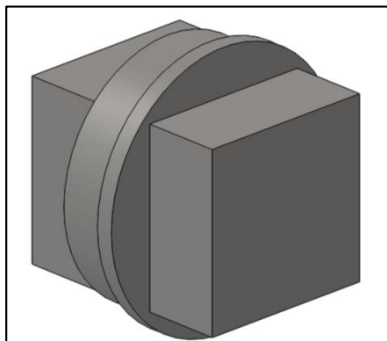


Figura 3.21. Elemento usado para posicionar las fuerzas resultantes

Tabla 3.9. 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 3.22.

El material escogido para el soporte lateral es acero ASTM A283 Gr. C de 3,3 mm de espesor y con unas propiedades que se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3.10. Propiedades de material (Solid Works)

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	200000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0,29	N/D
Densidad de masa	7870	kg/m ³
Límite último	380*	N/mm ²
Límite defluencia	205*	N/mm ²

(*) Estos valores fueron tomados de la empresa DIPAC (ver anexo 4)

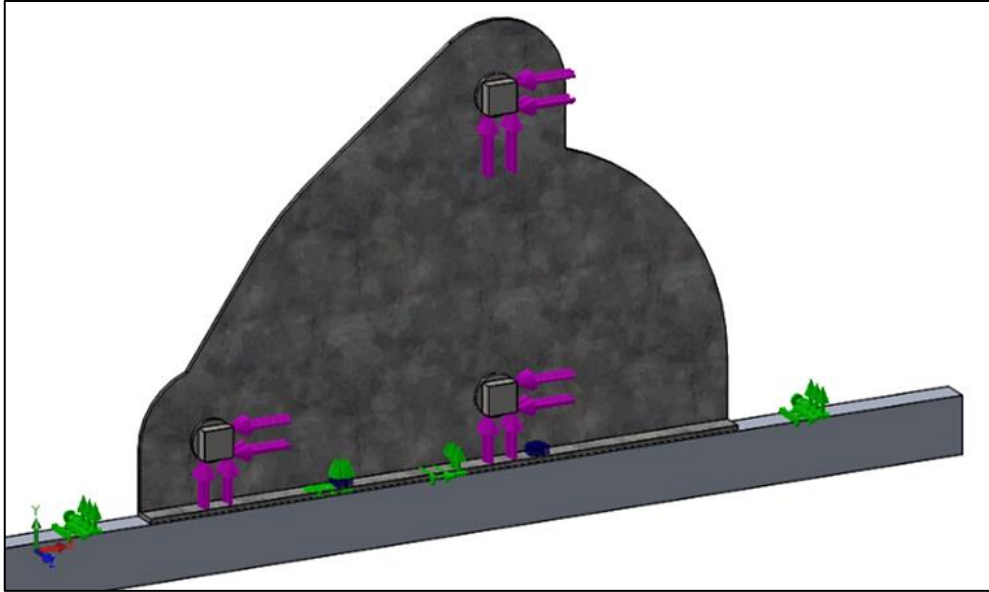


Figura 3.22. Condiciones de borde en el soporte lateral derecho

Después de someter el soporte a las resultantes, se obtiene un esfuerzo máximo de 44,68 MPa (ver figura 3.23) y que el punto crítico del soporte se localiza en el apoyo del rodillo transportador.

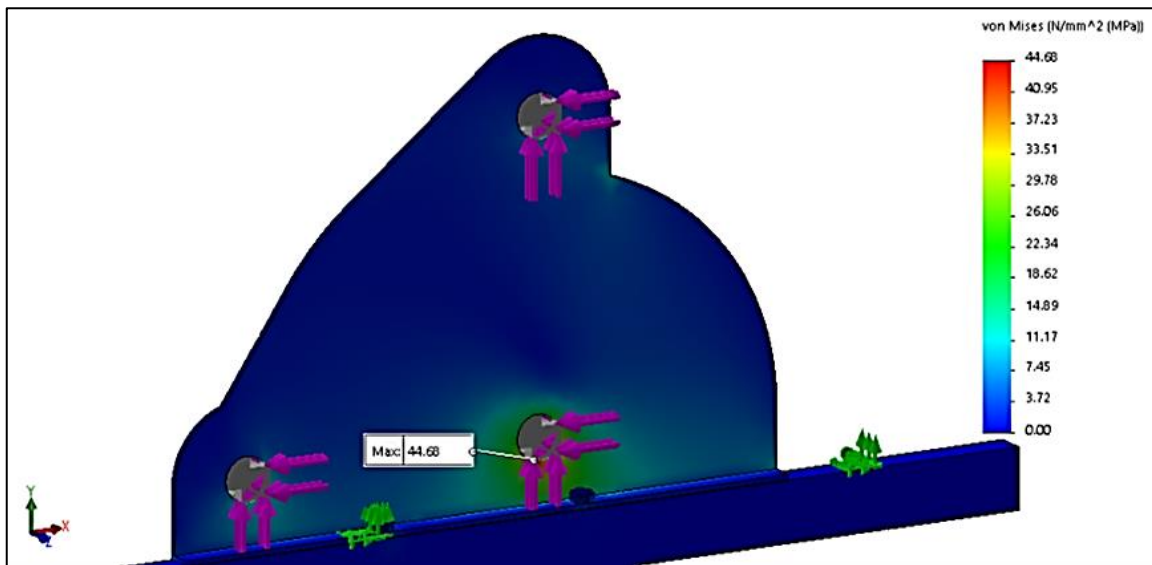


Figura 3.23. Distribución del esfuerzo equivalente.

En los resultados del análisis de desplazamiento (ver figura 3.24), se obtiene que el máximo desplazamiento estará en el punto superior y que será de 0,111 mm.

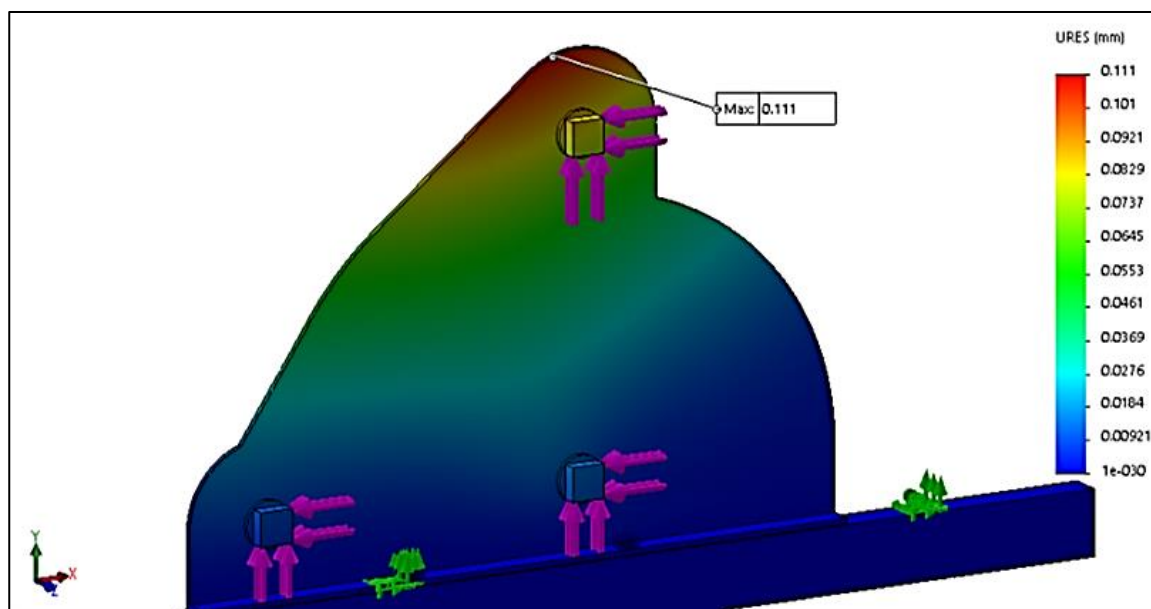


Figura 3.24. Desplazamiento

En la figura 3.25 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.

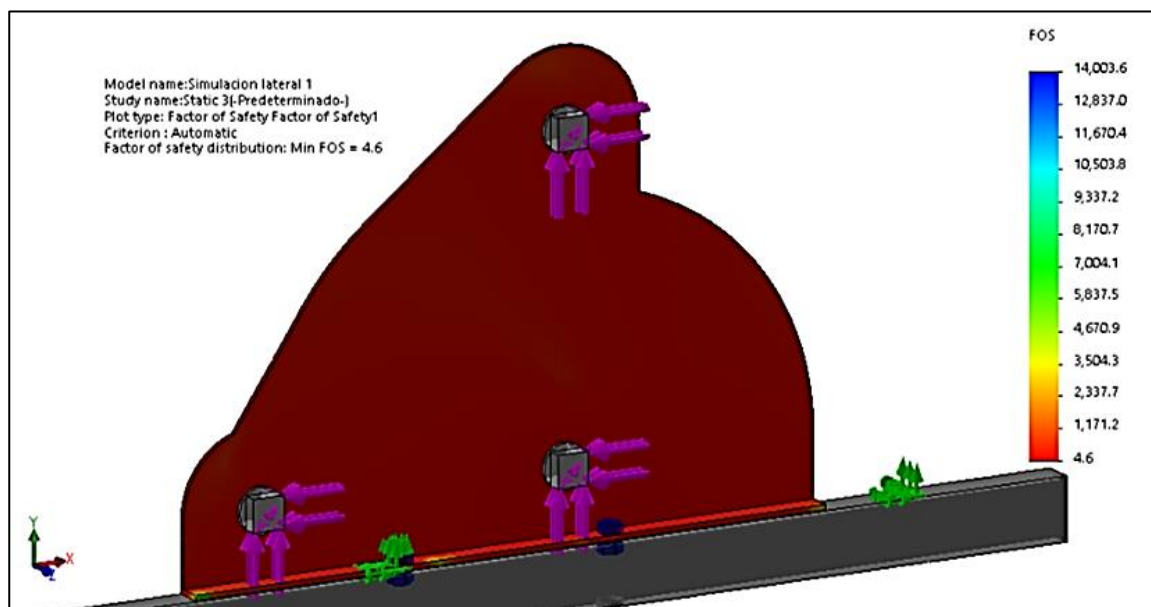


Figura 3.25. Factor de seguridad.

3.5.3. Diseño del soporte estructural

Realizando un análisis de la configuración de los soportes, se opta por diseñar un bastidor (ver figura 3.26) 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 (ver anexo 5) 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. En la tabla 3.11. se resume las propiedades del material.

Tabla 3.11. Características del acero ASTM A500 [25]

Material	Resistencia a la fluencia (MPa)	Elongación 2''	Grado del Material
Acero ASTM 500	310	25	A
	400	23	B
	425	21	C
	400	23	D

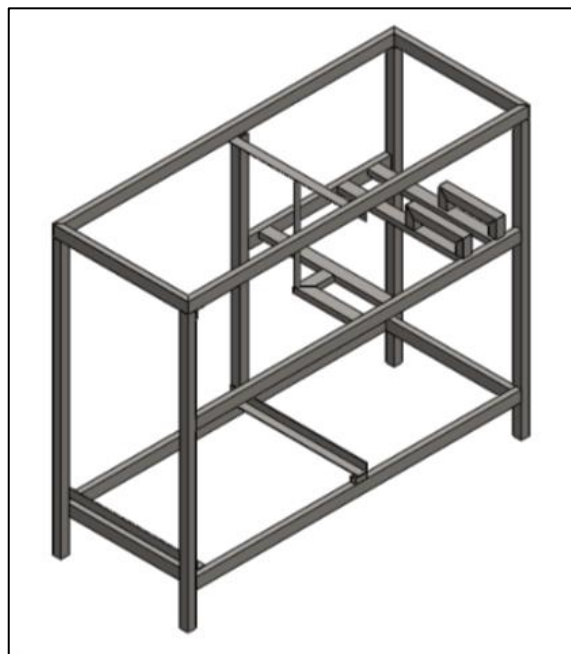


Figura 3.26. Diseño estructural

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 [20], 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.

3.5.4. 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 3.27.

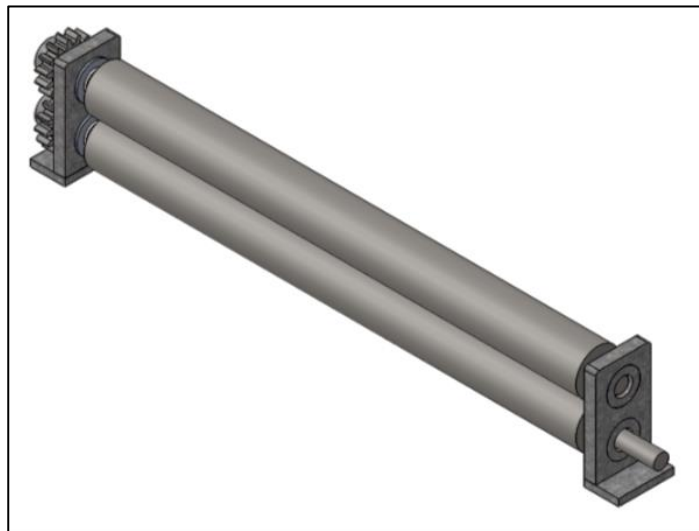


Figura 3.27. Diseño de sistema para retirar velo

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.

Los rodillos serán torneados a partir un eje de acero ASTM A36 (ver anexo 6), que es un tipo de material que soporta altos esfuerzos, en aplicaciones como árboles de levas, barras de torsión, embragues, rodillos de transportadora, etc.

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 (ver anexo 7) de acero es el que se ajusta al mecanismo.

3.5.5. Elementos para la admisión y salida de la fibra

A través de la bibliografía [18] se analizó la implementación de elementos en los cuales preparar la fibra (ver figura 3.28) o que ayude a su fácil retiro del proceso (ver figura 3.29), 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 3.26, la bandeja tendrá una longitud 69,5 cm, donde la fibra será preparada para el proceso de cardado.

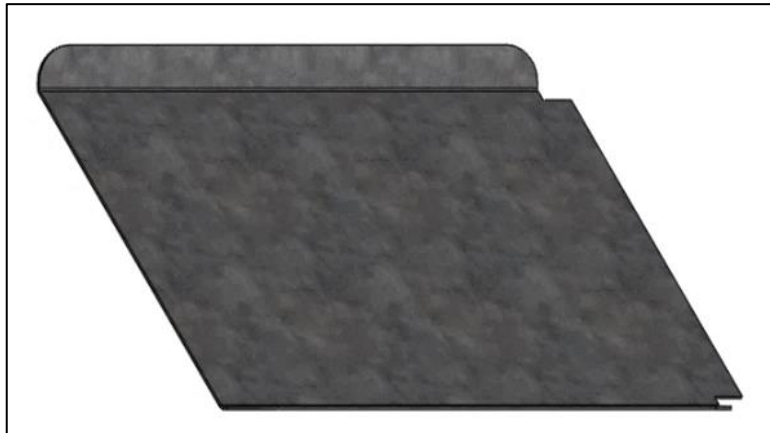


Figura 3.28. Bandeja de admisión

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 3.29.

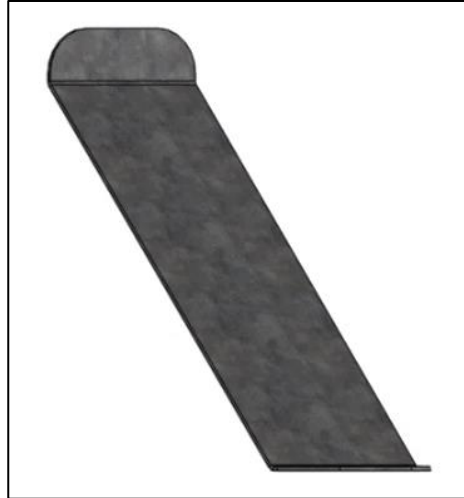


Figura 3.29. Bandeja de salida

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.

3.5.6. 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 3.30.

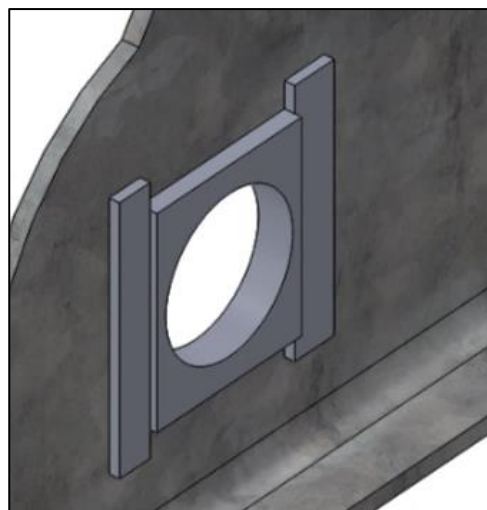


Figura 3.30. Sistema de variación de rodillos

Revisando la bibliografía [21] 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 valor de -2 mm y el valor de -1 mm, son puntos en que las guarniciones del rodillo cardador y el rodillo transportador están superpuestas.

El mecanismo va a depender de un operario que se encargue del montaje (ver figura 3.31) y desmontaje de las partes intercambiables (ver figura 3.32) del sistema.



Figura 3.31. Soporte del rodamiento unido al soporte lateral

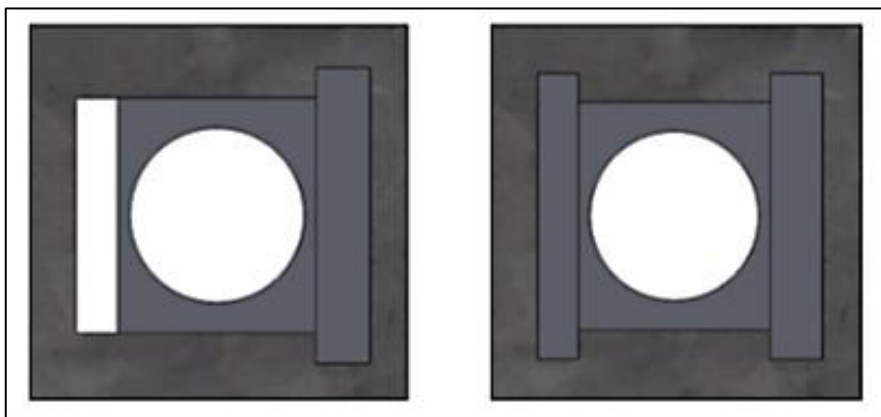


Figura 3.32. Implementación de separadores para una separación de +1 mm

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.

El material elegido para la construcción de los separadores es aluminio 6061 (ver anexo 8), ya que posee una gran resistencia, siendo ideal para el mecanizado, excelente resistencia a la corrosión y una resistencia parecida al acero.

3.5.7. 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 3.33.

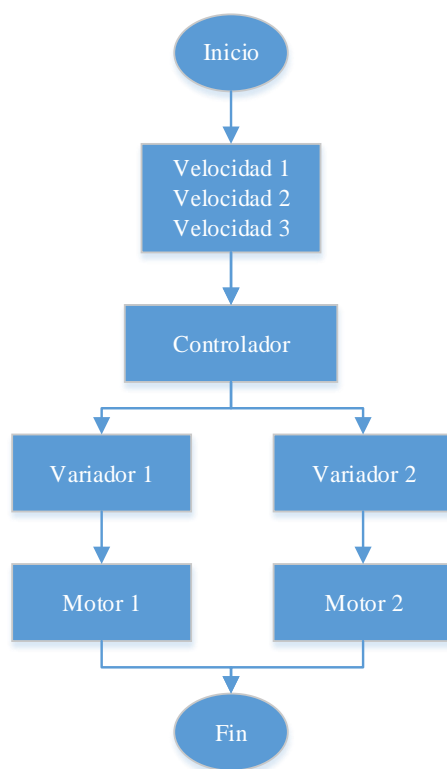


Figura 3.33. Diagrama de flujo de la etapa de control

3.6. Construcción del prototipo

El proceso de construcción va a partir de la selección de materiales como se muestra en la tabla 3.12.

Tabla 3.12. Material y tipo de recubrimiento para cada elemento

Elemento	Material	Recubrimiento
Soporte lateral derecho	Acero ASTM A283 Gr. C (3,3 mm)	Pintura electrostática
Soporte lateral izquierdo	Acero ASTM A283 Gr. C (3,3 mm)	Pintura electrostática
Soporte estructural	ASTM A 500	Pintura electrostática
Diseño mecanismo de salida		
Rodillos	Acero ASTM A36	
Soporte para rodillos	Acero ASTM A283 Gr. C (2 mm)	Pintura electrostática
Engranaje	Acero ASTM A36	Pintura negra
Bandeja de admisión	Acero ASTM A283 Gr. C (2 mm)	Pintura electrostática
Bandeja de salida	Acero ASTM A283 Gr. C (2 mm)	Pintura electrostática
Protector de sistema de transmisión	Acero ASTM A283 Gr. C (2 mm)	Pintura electrostática
Separadores	Aluminio 6061	Sin recubrimiento

Soporte lateral derecho: El proceso de construcción comienza a partir de una plancha de acero ASTM A283 de 3,3 mm, siguiendo el plano UTN-AP17-110 del anexo 10, se traza el contorno y los cortes internos, para luego pasar a la dobladora y obtener el soporte final como en la figura 3.8.

Soporte lateral izquierdo: El procedimiento es igual que el soporte derecho, siguiendo el plano UTN-AP17-111 del anexo 10 y obtener una pieza como la figura 3.9.

Soporte estructural: El proceso de construcción comenzó a partir del corte de los tubos cuadrados y rectangulares siguiendo el plano UTN-AP17-100 del anexo 10.

Para las uniones del soporte estructural se seleccionó el tipo de soldadura cuadrada, por la geometría del corte de cada elemento.

Realizando un análisis de las cargas que serán aplicadas al soporte, se puede observar que el soporte no será sometido a un esfuerzo superior que el peso de cada elemento, así que se puede notar que no hay un punto crítico en donde realizar un análisis de esfuerzos.

Siguiendo los planos se obtiene la estructura como se muestra en la figura 3.26, con la cual se puede comenzar a montar los siguientes elementos como el tablero de control, soportes laterales, mecanismo de salida y bandejas de entrada y salida de la fibra.

Mecanismo de salida: El proceso inicia con el torneado de dos barras de acero ASTM A36, según las medidas de los planos UTN-AP17-220 y UTN-AP17-221 del anexo 10.

Los soportes de los rodillos se diseñaron de manera que tengan una separación de 1 mm, siguiendo el plano UTN-AP17-210 del anexo 10.

El sistema de transmisión de potencia consta de dos engranajes rectos que fueron seleccionados a través de un catálogo y que se ajustaron a la distancia entre ejes, obteniendo el modelo S813 (ver anexo 7).

Al obtener los elementos maquinados, se procede al ensamblaje según el plano UTN-AP17-200.

Bandeja de admisión: Se traza la geometría según el plano UTN-AP17-112 del anexo 10, para seguir con los cortes requeridos, chaflanes y dobleces para obtener un elemento como el de la figura 3.28; este elemento será instalado en el soporte estructural a través de unión soldada, ya que el colocar una unión apernada, provocaría que la fibra se enrede en la cabeza saliente del perno.

Bandeja de salida: El proceso de manufactura es igual al de la bandeja de admisión, siguiendo el plano UTN-AP17-113 del anexo 9, y obtener un elemento como la figura 3.29.

Correcciones físicas

Al poner a prueba el prototipo realizando el proceso de cardado, encontramos ciertas complicaciones con respecto a la fibra; por acción del movimiento de rotación de los rodillos o por el desprendimiento de impurezas, la fibra suelta llega a enredarse en las partes móviles, ejes o correas de transmisión, de esta manera para evitar la contaminación y complicaciones mecánicas en el prototipo y como parte para facilitar el mantenimiento se ha optado por realizar

unas protecciones para los motores, transmisión de potencia y las uniones de las partes móviles de los rodillos con los soportes laterales.

Protección para los motores: para evitar una obstrucción en los ventiladores a causa de las impurezas o de la fibra y un sobrecalentamiento en los motores, se realizó la construcción de una pieza desde una chapa metálica donde quede atrapado todo y que siga el contorno del rodillo transportador, como se puede apreciar en la figura 3.34.



Figura 3.34. Protección para los motores

Protección para el sistema de transmisión: la fibra que se desprende del proceso comenzó a enredarse en las correas de transmisión o en los ejes, para evitar complicaciones a futuro se trató de evitar que las fibras puedan llegar a esta sección, primero con la construcción de una chapa metálica, para llenar una sección hueca (ver figura 3.35) del contorno del soporte lateral, y para sellar la abertura entre el soporte lateral y el protector del sistema de transmisión se colocó una esponja rígida que evita directamente que la fibra ingrese al sistema (ver figura 3.36).



Figura 3.35. Chapa metálica aumentada



Figura 3.36. Esponja rígida colocada entre el protector del sistema de transmisión y el soporte lateral

Protección en las partes móviles: hay fibras largas que se enredan en las secciones entre los rodillos cardadores y los soportes, y entre mas fibra que se enreda llega a limitar el movimiento de los rodillos y se adicione un retenedor en cada parte y así evitar el ingreso de la fibra a estas partes móviles como muestra la figura 3.37.

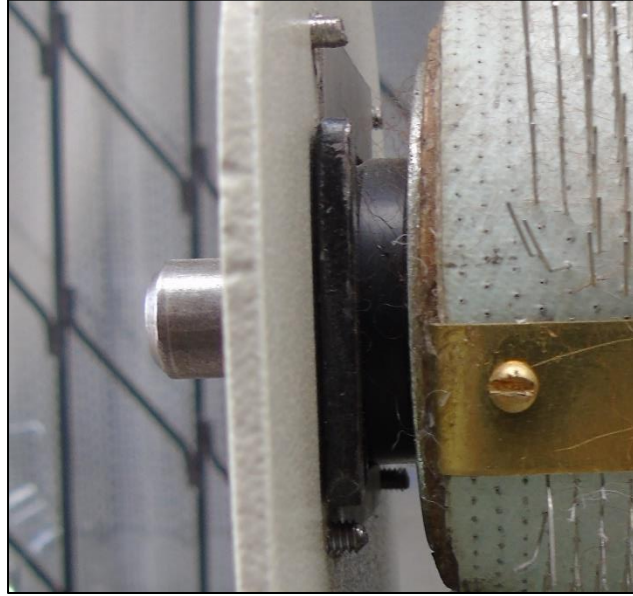


Figura 3.37 Retenedor colocado en el eje, entre el rodillo y el soporte lateral

3.7. Selección de elementos del tablero de control

Entradas: El ingreso de datos será a partir de dos tipos de botones sin enclavado, el primer tipo de botón (ver figura 3.38) será para el encendido, apagado, cambio de giro del motor 1, cambio de giro del motor 2, paro de motor y avance lento; la configuración de velocidad 1, la configuración de velocidad 2 y la configuración de velocidad 3 será con botones sin enclavado rasantes (ver figura 3.39) y para el paro de emergencia se usará el tipo hongo (ver figura 3.40).



Figura 3.38. Doble pulsador interruptor [26]

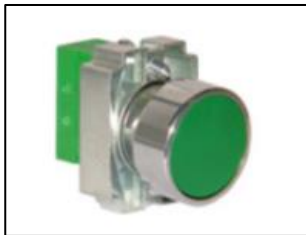


Figura 3.39. Pulsador rasante sin enclavado [26]

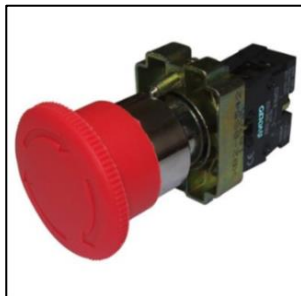


Figura 3.40. Pulsador tipo hongo [26]

Procesamiento: Existe una amplia gama de productos para el procesamiento de información que sean accesibles y de fácil implementación para el desarrollo de aplicaciones y proyectos de control.

Requerimientos del control lógico programable para el funcionamiento del prototipo para el proceso de cardado.

Tabla 3.13. Requerimientos controlador lógico programable

Entradas (Digitales)	Salidas (Tipo Relé)	Salidas (Analógicas)
Encender la máquina	Cambio de giro m1 (horario)	Valor analógico 1 Var1
Apagar la máquina	Cambio de giro m1 (anti horario)	Valor analógico 2 Var1
Cambio de giro motor 1	Cambio de giro m2 (horario)	Valor analógico 3 Var2
Cambio de giro motor 2	Cambio de giro m2 (anti horario)	Valor analógico 4 Var2
Paro de motores		
Avance lento		
Velocidad 1		
Velocidad 2		
Velocidad 3		
Paro de emergencia		

El modulo lógico programable seleccionado es el siemens LOGO! 8 (ver figura 3.41), ya que es una herramienta ideal para tareas de automatización básicas y llega a soportar temperaturas de entre -20° y 55° C



Figura 3.41. LOGO! 8 [27]

Características Generales

- 8 unidades básicas para todos los voltajes, con o sin display.
- Todas las unidades integran interfaz Ethernet, inclusive los equivalentes a LOGO! 6 (4TE) siendo compatible la comunicación con versiones previas.
- Web Server integrado en todas las unidades.
- Display con nuevo aspecto.
- 7 módulos de ampliación digital y 3 analógicos.
- El número de salidas digitales a 20 y 8 salidas analógicas

La programación del LOGO! 8, se puede apreciar en el anexo 11.

Observación: La implementación de un controlador programable es un complemento pensado a futuro, ya que es un elemento que ayudará a agregar sistemas que mejoren el proceso de cardado; como por ejemplo, un sistema de control para mantener constantes las rpm en los rodillos, porque durante las pruebas de funcionamiento se observó que las revoluciones pueden reducirse, dependiendo de la cantidad de fibra a cardar.

Fuente de poder: La fuente de poder Delta DRP024V060W1AZ (ver figura 3.42) ofrece una tensión de salida nominal de 24 V, un amplio rango de trabajo en temperaturas de -20° C a $+75^{\circ}$ C. El diseño de estado está hecho para soportar ambientes industriales hostiles. El material de la caja es compacta, resistente a choques y resistente según la norma IEC 60068-2 a vibración.

La fuente de alimentación proporciona protección a la sobretensión, sobrecarga eléctrica y sobrecarga térmica. La tensión de entrada varía de 85 a 264 (1 fase) y 320 ~ 575 VAC (fase 3), y las múltiples terminales son para el cableado fácil y rápida instalación.



Figura 3.42. Fuente de poder Delta DRP024V060W1AZ para PLC [28]

Variador de frecuencia: Muchas opciones de variadores electrónicos de frecuencia están disponibles de diversos fabricantes, por lo que es importante revisar algunos conceptos básicos y mejores prácticas para su correcta selección y operación.

El variador DELTA VFD-EL (ver figura 3.43) ofrece como principales parámetros que debe ser alimentado con una tensión de 110 VAC y potencia de 1 hp, que se ajusta a los requerimientos principales; aunque cabe resaltar todas sus prestaciones adicionales.

Especificaciones Estándar:

- Entradas:
 - 6 Entradas Digitales
 - 1 Entrada Analógica
 - 1 Salida a Relé
 - 1 Salida Analógica
- Sin freno Chopper

- Control PID
- Bajo Ruido con frecuencia de subida a 12 kHz
- Auto par de empuje
- Autoajuste de tiempo de aceleración y desaceleración



Figura 3.43. Variador Delta VFD-EL [29]

Protecciones: La protección de los elementos es un punto importante en el sistema de control, como sería los dos variadores, la entrada del circuito y la protección a la fuente de poder del PLC a través de un interruptor magnético-térmico (ver figura 3.44), que ayuda a proteger el circuito de una sobre carga o un corto circuito.



Figura 3.44. Interruptor magnético-térmico [30]

Relé industrial: Este elemento es un interruptor accionado por un circuito eléctrico se acciona uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar y de esta manera controlar otros circuitos independientes, en este caso el relé se usará para controlar el sentido de giro del motor, al consultar con los elementos en mercado, se optó por el Camsco MK4 (ver figura 3.45).



Figura 3.45. Relé industrial Camsco MK4 [31]

3.8. Pruebas de funcionamiento.

Las pruebas de funcionamiento se realizaron con las siguientes especificaciones de la máquina.

Prueba con valores de velocidad de diseño:

Distancia entre rodillos = +2 mm

Tipo de fibra = Huariza (fibra de tercera)

Velocidad de rodillo transportador = 60 rpm

Velocidad de rodillos cardadores = 240 rpm

Al realizar la prueba con las especificaciones del diseño, el proceso de cardado funcionó de manera errónea, porque la fibra que ingresaba al sistema se quedaba en los rodillos cardadores y no en el rodillo transportador. Se realizó un cambio en la velocidad del rodillo transportador, para las siguientes pruebas.

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 3.46, de manera que la fibra quede distribuida por todo el cilindro transportador.



Figura 3.46. 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 3.47). 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 3.47. 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 3.48) con la herramienta adecuada, se procede a retirar la fibra como muestra la figura 3.49.



Figura 3.48. Chapa metálica en el rodillo transportador



Figura 3.49. 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 3.50.



Figura 3.50. Velo de fibra de alpaca

Se puede realizar una comparación visual (ver figura 3.51) entre la fibra antes del cardado y después del cardado y se nota el trabajo realizado por la máquina.



Figura 3.51. 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.

Al no tener los recursos para realizar un análisis del efecto del proceso de cardado en la fibra, se optó por solicitar la evaluación del velo a una empresa ecuatoriana llamada PAQOCHA, con experiencia en la confección de prendas con la fibra de alpaca, y certificar el funcionamiento del prototipo.

Un técnico de la empresa realizó una revisión a través del tacto y la vista y emitió un documento certificando el producto final.



CERTIFICADO

Yo, Lorena Pérez Gallegos, gerente de la empresa PAQOCHAFIBRAS ECUADOR CIA. LTDA certifico que el material obtenido de la carda elaborada por el Señor Andrés Portilla tiene una muy buena utilidad para el desarrollo de productos a partir de la fibra de alpaca, los siguientes pueden ser:

- Fibra cardada apta para hilado a mano
- Fibra cardada apta para tintura natural
- Fibra cardada apta para desarrollo de cojines
- Fibra cardada apta para desarrollo de duvets

Para PAQOCHA ha sido un gusto poder dar seguimiento al desarrollo de la construcción de la mencionada máquina y conocemos que su fin será el generar trabajo a familias vulnerable y habitantes de las zonas altas de los andes ecuatorianos.

Atentamente,

Lorena Pérez Gallegos

PAQOCHA FIBRAS ECUADOR CIA . LTDA

RUC 1792344115001

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. 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.

4.2. Recomendaciones

- El análisis del manto obtenido, a través de sistemas digitales, ayudaría a determinar con mayor precisión el impacto del proceso de cardado a las fibras.
- El diseño y la construcción de cilindros cardadores sería un tema innovador, a la vez que ayudaría a crear un nuevo mercado en la construcción de máquinas cardadoras para laboratorios o pequeñas industrias que se dediquen a la obtención de fibras animales.
- Entrenar al operario en el funcionamiento de los componentes de la máquina, así como en su mantenimiento, de manera que se familiarice y que logre solucionar posibles errores con facilidad y rapidez.

- Una manera de mejorar el prototipo es a través de la implementación de un nuevo sistema de transmisión de potencia, para que de esta manera se pueda quitar un motor y reducir el costo notablemente.
- Al cambiar la posición de los rodillos cardadores la correa llega a destemplarse, y la solución más apropiada es la implementación de un tensor como parte del nuevo sistema de transmisión sugerido.

Bibliografía

- [1] P. R. & C., «www.ramella.com,» [En línea]. Disponible: <http://www.ramella.com/carder.php>. [Último acceso: 20 Enero 2017].
- [2] Truetzschler, «Truetzschler card clothing,» [En línea]. Disponible: <https://www.truetzschler-cardclothing.de/en/products/spinning-wires/detailed-information/flat-tops/magnetop/>.
- [3] 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.
- [4] C.-F. J. Kuo y C.-T. Hsieh, «Dynamic Analysis and Control of a Whole Roller Carding System,» *Textile Research Journal*, 2001.
- [5] G. Garcia, «Avances en Sistemas de Cardado y Limpieza,» *Textiles Panamericanos*, n° 4, 2015.
- [6] S. N. d. P. y. D. Desarrillo, «Buen Vivir plan nacional 2013 - 2017,» 2013. [En línea]. Disponible: <http://www.buenvivir.gob.ec/documents/10157/40acccc7-c661-4506-8b0a-2e4a56b3e97e>.
- [7] D. Flores, Elaboración de una guía didáctica virtual para los procesos de hiladura de fibras largas, Ibarra, 2011.
- [8] F. Lockuan, La industria textil y su control de calidad. Hilandería, 2012.
- [9] «Ayni Bolivia,» [En línea]. Disponible: aynibolivia.com/shop/blog/alpaca-fibras-andes/. [Último acceso: 2017].
- [10] N. McLennan y R. Lewer, «Wool production Coefficient of variation of fibre diameter (CVFD),» 2005. [En línea]. Disponible: <http://www2.dpi.qld.gov.au/sheep/10003.html>.
- [11] G. Naylor y J. Stanton, «Time of shearing and the diameter characteristics of fibre ends in the processed top: An opportunity for improved skin comfort in garments.,» *Wool Tech.*, pp. 243-255, 1997.

- [12] E. Quispe, A. Poma y A. Purroy, «Características productivas y textiles de la fibra de alpacas de raza huacaya,» *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, pp. 6-10, 2013.
- [13] D. Sachero, «Utilización de medidas objetivas para determinar calidad de lanas,» *Memorias del VII: Actualización en Producción Ovinas*, 2005.
- [14] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, 5ta edición ed., vol. Quinto, Mc Graw Hill, 2010.
- [15] Carder Classic, «CARDADORAS DE TAMBOR JUMBO EXTRA ANCHAS,» 2017. [En línea]. Disponible: <http://www.classiccarder.es/caradoras-de-tambor/jumbo-extra-anchas/>.
- [16] Molino Aguada, «Cardadoras,» 2014. [En línea]. Disponible: <http://molinoaguada.com.ar/cardadoras/>.
- [17] Telares Menke, «Cardadoras,» 2017. [En línea]. Disponible: <http://www.telaresmenke.cl/cardadoras/>.
- [18] Fancy-Kitty, «DRUM CARDERS & ACCESSORIES,» 2016. [En línea]. Disponible: http://www.fancy-kitty.com/store/c13/Drum_Carders_%26_Accessories.html.
- [19] Fundación Codespa, «Fundación Codespa, conviértete en oportunidad,» 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.codespa.org/inicio>.
- [20] Metro, «1,67 cm es la estatura promedio de los ecuatorianos,» *Metro*, 26 Julio 2016.
- [21] 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.
- [22] H. Vargas y W. Escobar, *Diseño de un prototipo Eléctrico-Mecánico para moldeo de Arepas*, Bogotá D.C., 2011.
- [23] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, México D. F.: The McGraw-Hill, 2008.
- [24] R. L. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas*, México: Pearson Educación, 2006.
- [25] I. Tube, «www.independencetube.com,» [En línea]. Disponible: <https://www.independencetube.com/a500>. [Último acceso: 2017].

- [26] Altech, «altechmexico,» [En línea]. Disponible: altechmexico.com. [Último acceso: 2017].
- [27] Siemens, «siemens,» [En línea]. Disponible: siemens.com. [Último acceso: 2017].
- [28] F. A. y. C. Industrial, «www.fabelec.cl,» [En línea]. Disponible: <http://www.fabelec.cl/index.php/productos/accionamiento/delta-fuentes-de-poder.html>.
- [29] MecMod, «mecmod.com,» [En línea]. Disponible: <https://mecmod.com/pdf/delta-vfd-el.pdf>. [Último acceso: 2017].
- [30] VMC, «www.vmc.es,» [En línea]. Disponible: <http://www.vmc.es/es/interruptor-automatico-magnetotermico-bkn-b>. [Último acceso: 2017].
- [31] Camsco, «CAMSCO ELECTRIC CO., LTD,» [En línea]. Disponible: <https://www.camsco.com.tw/spa/relay/P226.html>. [Último acceso: 2017].
- [32] R. Norton , Diseño de máquinas, Monterrey: Mc Gran Hill, 2008.

ANEXOS

Anexo 1. Determinar el tipo de correa

CORREAS DE TIEMPO

Las tres dimensiones principales que forman la referencia de una correa dentada de tiempo son:

Longitud - Paso - Ancho

Longitud

Es el largo de la correa (circunferencia) tomado en pulgadas sobre la línea del paso por donde corren sus cuerdas de tensión.

Ejemplo: **800 H 150**
 longitud
 80 pulgadas

Paso

Es la distancia en pulgadas existente entre un diente y el siguiente. Son cinco pasos y a cada uno le corresponde una letra para su referencia así:

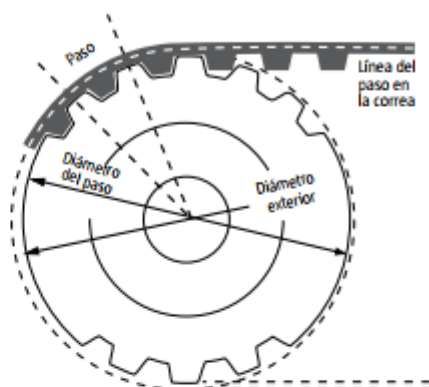
PASO	LETRA
1/5"	XL
3/8"	L
1/2"	H
7/8"	XH
1-1/4"	XXH

Ejemplo: **800 H 150**
 paso 1/2"

Ancho

Se mide en pulgadas y se expresa al final de la referencia.

Ejemplo: **800 H 150**
 ancho 1,5 pulgadas



1/5 PASO "EXTRA - LIGERO" (XL)



3/8 PASO "LIGERO" (L)



1/2 PASO "PESADO" (H)



7/8 "EXTRA - PESADO" (XH)



1-1/4 PASO DOBLE "EXTRA - PESADO" (XXH)



SECCION DE CORREAS A TAMAÑO NATURAL

Anexo 2. Selección de correa, según catálogo

DAYCO		Timing belt specifications by Dayco number									
Dayco number	Construction code	Number of teeth	Dayco profile	Width (mm)	T-number	Dayco number	Construction code	Number of teeth	Dayco profile	Width (mm)	T-number
94642	2185TP8M320H	218	STP8M	32	T220	94754	078SP+240H	78	SP+	24	T1513
94647	259P8SD320H	259	P8SD	32		94755	207SHX320H	207	SHX	32	T1518
94648	0785TP8M200H	78	STP8M	20	T222	94756	0875SHX250H	87	SHX	25	
94650	1115P170H	111	CWC	17	T1041;T203	94757	1535P260H	153	CWC	26	
94651	1415HX300H	141	ARC	30	T888	94758	1455P300H	145	CWC	30	
94652	1475TP8M254H	147	STP8M	25	T292	94763	1245HP+260H	124	CYH	26	T900
94655	1575P254H	157	CWC	25		94764	1545HP+290H	154	CYH	29	T609
94656	1075HP+180H	107	CYH	18		94767	1445P230H	144	CWC	23	T269
94657	1205HX254H	120	ARC	25	T799	94769	1765TP8M240H	176	STP8M	24	T1057;T778
94658	1635P254H	163	CWC	25	T961;T711	94771	1115HP+290H	111	CYH	29	T608
94659	1695TP8M240H	169	STP8M	24	T309;T770	94772	1535P254H	153	CWC	25	
94660	1055P220H	105	CWC	22	T282	94773	1395P201H	139	CWC	21	T268
94662	1465TP8M200H	146	STP8M	20	T1022	94774	1225SHX265H	122	SHX	27	T739
94664	1545HDS300H	154	SHDS	30		94775	0815HX210H	81	SHX	21	T1091
94665	1555HP+240H	155	CYH	24	T226	94776	1305TP8M200H	130	STP8M	20	T1073
94667	1485190	148	S	19		94777	1505TP8M230H	150	STP8M	23	T306
94668	0925190	92	S	19	T073	94778	1415HX254H	141	SHX	25	
94670	1685HPN220H	168	SHPN	22		94782	0875P170H	87	CWC	17	
94671	1175P+220H	117	CWC	22	T1086	94783	1525HDS300H	152	SHDS	30	T957;T1555
94672	1375TP8M190CRX	137	STP8M	19		94785	0965P170H	96	CWC	17	T1089
94673	1325P230H	132	CWC	23	T704	94786	1765P280H	176	CWC	28	T1015
94674	1635HPN240H	163	SHPN	24		94787	1625TP8M200H	162	STP8M	20	T1094
94675	1665HPN240H	166	SHPN	24		94788	0585TP8M170H	58	STP8M	17	T1072
94676	1135P254H	113	CWC	25	T284	94789	1425P230H	142	CWC	23	T311
94679	1465HP+254H	146	CYH	25	T865	94790	0595P220H	59	CWC	22	T1016
94680	1525TP8M250H	152	STP8M	25	T291;T866	94791	1015P300H	101	CWC	30	T741
94681	1645TP8M300H	164	STP8M	30	T837	94792	1015HP+200H	101	CYH	20	T1013
94682	0805X310	80	SX	31		94801	1295P+254H	129	SP+	25	T294
94687	1375TP8M190H	137	STP8M	19	T1069	94804	1705HP+300H	170	CYH	30	T986
94688	1165HDN220H	116	SHDN	22		94807	1955HP+320H	195	CYH	32	T287
94689	1475TP8M190H	147	STP8M	19	T197	94808	1405P+254H	140	SP+	25	
94691	0635HP150H	63	SHP	15		94809	1075HP+254H	107	CYH	25	T289
94692	1365P254H	136	BNC	25		94810	1535HDS300H	153	SHDS	30	
94693	1355TP8M190H	135	STP8M	19	T789	94812	1135HD250H	113	SHD	25	
94695	1225P190H	122	CWC	19	T933	94822	1165HP+290H	116	CYH	29	T288
94696	0855HD220H	85	SHD	22		94823	1525P280H	152	CWC	28	T270
94697	0785P+220H	78	SP+	22		94824	1715TP8M240H	171	STP8M	24	T305
94698	1125P+280H	112	SP+	28		94825	2255TP8M300	225	STP8M	30	T285
94702	2285HP+320H	228	CYH	32	T251;T180	94826	1915TP8M320H	191	STP8M	32	T303
94709	124P8SD220H	124	P8SD	22	T1096	94827	1435HP+260H	143	CYH	26	T1050
94710	1315HPN170H	131	SHPN	17		94829	1495P240H	149	CWC	24	
94711	1345HPN170H	134	SHPN	17		94830	1495TP8M254H	149	STP8M	25	
94712	1355HPN170H	135	SHPN	17		94831	1055P254H	105	CWC	25	T896;T797
94713	1905HPN240H	190	SHPN	24		94832	1225P290H	122	CWC	29	T1021
94714	1365P+254H	136	SP+	25	T1504	94833	1695TP8M200H	169	STP8M	20	T1064
94715	1265HPDD150H	126	SHP	15		94835	2535TP8M300H	253	STP8M	30	T297
94719	1765P+280H	176	SP+	28	T327	94836	0655TP8M127H	65	STP8M	13	T314
94720	0585P+220H	58	SP+	22	T326	94837	1735TP8M290H	173	STP8M	29	T1038
94721	1255HP+220H	125	CYH	22	T266	94838	2075HP+320	207	CYH	32	T315
94723	1245X180H	124	SX	18	T262	94839	0875SHX240H	87	SHX	24	T1519
94724	1145P+254H	114	CWC	25		94840	1415P+254H	141	SP+	25	T1505
94725	1175P+254H	117	CWC	25		94841	1495P300H	149	CWC	30	T1032
94726	1025P250H	102	CWC	25	T988	94843	1535TP8M250H	153	STP8M	25	T317
94727	1075HP+160H	107	CYH	16	T963	94846	0915P+200H	91	SP+	20	
94730	1385TP8M230H	138	STP8M	23	T296	94847	1325P270H	132	CWC	27	
94731	1045X150H	104	SX	15		94850	1385HPN150H	138	SHPN	15	
94732	1375SHX254H	137	ARC	25	T242	94853	0975P254H	97	CWC	25	
94733	1585P320H	158	CWC	32	T931	94854	1335HP+254H	133	CYH	25	T316
94735	1515P290H	151	CWC	29	T165	94855	1915HP+360H	191	CYH	36	T271
94736	1535P290H	153	CWC	29	T167	94856	1975HP+260H	197	CYH	26	T286
94737	1215X180H	121	SX	18	T260	94857	0768HX190H	76	ARC	19	T1099
94738	1115P190	111	CWC	19		94859	1325TP8M190	132	STP8M	19	T788
94740	1475P+320H	147	SP+	32		94860	129P8SD150H	129	P8SD	15	
94741	1275P+254H	127	SP+	25		94861	125P8SD150H	125	P8SD	15	
94742	1305HDN276H	130	SHDN	28	T1065	94862	1045P170H	104	CWC	17	
94747	1135HP+250H	113	CYH	25	T898;T897	94863	1105P170H	110	CWC	17	
94750	0995P260H	99	CWC	26	T907	94864	2015HP+300H	201	CYH	30	T267
94753	1125P+300H	112	SP+	30	T1514	94865	2115TP8M340H	211	STP8M	34	T298

Anexo 3. Verificación de disponibilidad en el mercado



W22 - IE1 Standard Efficiency - 60 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I _b /I _n	Par con rotor trabado T _b /T _n	Par máximo T _b /T _n	Momento de inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	220 V						Corriente nominal I _n (A)	
kW	HP							% de la potencia nominal											
								Rendimiento				Factor de potencia							
		50	75	100	50	75	100												
VI Polos																			
0,12	0,16	63	0,105	3,2	2,0	2,2	0,0006	20	44	8,0	47	1115	42,0	48,0	49,0	0,43	0,52	0,60	1,07
0,18	0,25	71	0,158	2,8	1,7	1,9	0,0006	31	68	10,0	47	1110	50,0	52,0	52,5	0,38	0,48	0,57	1,58
0,25	0,33	71	0,231	2,8	1,9	2	0,0007	30	66	11,0	47	1055	48,0	54,0	58,0	0,43	0,52	0,63	1,80
0,37	0,5	80	0,312	3,9	2	2,1	0,0020	10	22	14,0	47	1155	60,0	61,5	62,0	0,46	0,57	0,66	2,37
0,55	0,75	80	0,474	4,5	2,2	2,4	0,0027	10	22	15,5	47	1130	58,0	61,0	66,0	0,46	0,57	0,71	3,08
0,75	1	90S	0,646	5,2	2,2	2,5	0,0044	15	33	17,5	49	1130	68,0	73,0	73,0	0,48	0,62	0,72	3,76
1,1	1,5	90S	0,948	5,3	2,5	2,7	0,0055	12	26	19,0	49	1130	71,0	74,5	75,1	0,46	0,60	0,70	5,50
1,5	2	100L	1,28	5,3	2,1	2,6	0,0099	20	44	27,5	48	1140	75,5	77,5	78,0	0,50	0,62	0,70	7,20
2,2	3	100L	1,88	5,0	2,1	2,4	0,0115	14	31	29,0	48	1140	76,7	78,5	78,6	0,52	0,64	0,72	10,2
3	4	112M	2,56	5,1	1,9	2,4	0,0201	12	26	39,0	52	1140	81,5	82,0	81,5	0,56	0,69	0,76	12,7
3,7	5	132S	3,11	5,9	1,9	2,5	0,0377	23	51	58,0	55	1160	81,5	83,5	83,7	0,52	0,65	0,72	16,1
4,5	6	132S	3,78	5,9	1,9	2,4	0,0415	22	48	59,0	55	1160	82,0	84,0	84,3	0,53	0,66	0,73	19,2
5,5	7,5	132M	4,62	6,1	2	2,5	0,0491	19	42	64,0	55	1160	83,5	85,0	85,2	0,55	0,67	0,74	22,8
7,5	10	132M	6,30	6,5	2,1	2,5	0,0642	14	31	75,0	55	1160	85,1	86,2	86,3	0,56	0,68	0,75	30,4
9,2	12,5	160M	7,66	5,6	2	2,4	0,1136	12	26	109	59	1170	86,0	87,5	87,7	0,62	0,75	0,81	34,0
11	15	160M	9,16	6,0	2	2,5	0,1486	12	26	122	59	1170	87,2	89,0	89,2	0,64	0,76	0,82	39,4
15	20	160L	12,5	6,1	2,3	2,7	0,1748	10	22	137	59	1170	87,5	89,3	89,6	0,61	0,74	0,80	55,0
18,5	25	180L	15,4	7,0	2,2	2,7	0,2425	6	13	170	59	1170	89,5	90,3	90,3	0,71	0,82	0,87	61,8
22	30	200L	18,2	6,0	2,1	2,3	0,3510	18	40	227	62	1175	90,5	91,1	91,1	0,75	0,81	0,85	74,6
30	40	200L	24,9	6,0	2,2	2,4	0,4029	12	26	214	62	1175	90,4	91,6	91,8	0,64	0,76	0,82	105
37	50	225S/M	30,5	6,8	2,1	2,5	0,7511	11	24	374	66	1180	92,0	92,5	92,3	0,73	0,82	0,86	122
45	60	250S/M	37,1	7,2	2,3	2,6	1,01	12	26	435	68	1180	92,2	92,7	92,6	0,72	0,82	0,86	148
55	75	250S/M	45,2	7,4	2,5	2,7	1,28	11	24	475	68	1185	93,0	93,5	93,2	0,71	0,81	0,85	182
75	100	280S/M	61,6	6,0	1,9	2,2	2,35	15	33	641	69	1185	93,0	93,6	93,3	0,70	0,80	0,84	252
90	125	280S/M	74,3	6,0	2	2,3	2,69	12	26	678	69	1180	93,2	93,7	93,6	0,70	0,80	0,84	300
110	150	315S/M	90,0	6,4	2	2,3	4,88	20	44	946	70	1190	93,4	94,3	94,3	0,68	0,79	0,83	368
132	180	315S/M	108	6,4	2,1	2,3	5,44	18	40	990	70	1190	93,5	94,4	94,4	0,70	0,79	0,83	442
150	200	315S/M	123	6,6	2,2	2,3	6,15	17	37	1044	70	1190	93,8	94,5	94,5	0,69	0,79	0,83	502
185	250	315L	151	6,7	2,4	2,4	9,53	13	29	1250	71	1190	94,0	94,6	94,6	0,70	0,79	0,83	618
200	270	315L	164	7,2	2,4	2,4	7,27	12	26	1305	71	1190	94,2	94,6	94,7	0,69	0,79	0,83	668
220	300	315L	180	7,6	2,6	2,6	11,0	11	24	1468	71	1190	94,3	94,7	94,8	0,68	0,78	0,83	734
260	350	355M/L	213	6,4	2,1	2,1	12,2	26	62	1769	77	1190	94,6	95,0	95,0	0,68	0,78	0,81	896
300	400	355M/L	246	6,3	2,2	2,1	14,3	26	57	1927	77	1190	94,7	95,2	95,2	0,67	0,77	0,80	1030
330	450	355M/L	270	6,3	2,2	2,1	15,0	26	57	1989	77	1190	94,9	95,3	95,3	0,67	0,77	0,80	1140
370	500	355M/L	303	6,3	2,2	2,3	15,0	25	55	1989	77	1190	95,0	95,4	95,4	0,63	0,74	0,79	1290

Anexo 4: Propiedades acero laminado en caliente



PLANCHAS LAMINADAS AL CALIENTE



Especificaciones Generales

Espesores 1,20mm a 150,00mm
Roles Ancho 1000mm, 1220mm, 1500mm
Manchas 4 x 8 pies y a medida

Calidad Comercial

Calidad	Composición Química							Propiedades Mecánicas				Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Dobrado 180°		
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= C _e	SAE 1010 ASTM A-569	
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1	
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-570 GRADO 33	

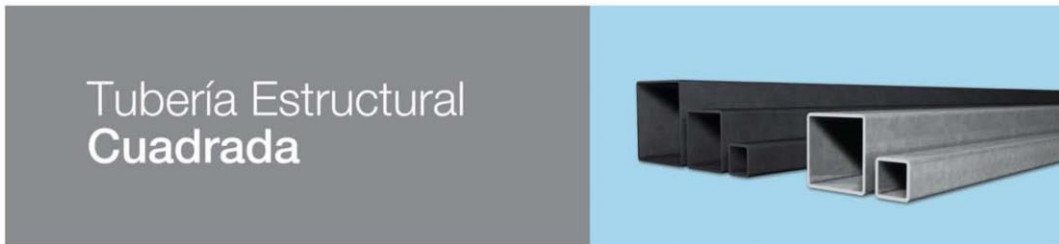
Calidad Estructural

Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas					Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Dobrado 180°		
ASTM A-588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min			
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 515 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015	
JIS G-3101 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36	
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min			
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e		

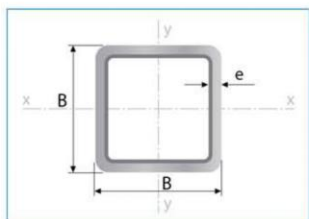
www.dipacmanta.com

PLANCHAS

Anexo 5: Características de tuberías estructural



Tubería Estructural Cuadrada



Largo Normal:
6 metros

Recubrimiento:
Negro o Galvanizado

Norma de Calidad:
ASTM A 500 Gr. A, B ó C

Norma de Fabricación:
NTE INEN 2415

Espesores:
Desde 1,50 a 6,00 mm

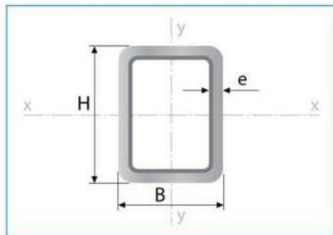
Observaciones:
Otras dimensiones y largos, previa consulta

- **Aplicaciones**
- Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
 - Agroganadera: maquinaria e implementos industriales, agrícolas, avícolas y ganaderos.
 - Señalización y vialidad: soportes.
 - Aparatos de gimnasia y fitness.
 - Construcción: columnas.
 - Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.



Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			Eje x-x = y-y			
			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,40	0,99	0,78	0,56	0,56	0,75
	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,80	1,23	0,96	0,66	0,66	0,73
	2,00	1,34	1,05	0,70	0,70	0,72
25	1,40	1,27	1,00	1,16	0,93	0,95
	1,50	1,35	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,80	1,59	1,25	1,39	1,11	0,94
	2,00	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
30	1,40	1,55	1,22	2,08	1,39	1,16
	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15
	1,80	1,95	1,53	2,53	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,68	2,73	1,82	1,13
40	1,40	2,11	1,66	5,18	2,59	1,57
	1,50	2,25	1,77	5,49	2,75	1,56
	1,80	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2,00	2,94	2,31	6,95	3,47	1,54
	2,50	3,59	2,82	8,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,30	9,36	4,68	1,49
	4,00	5,35	4,20	11,18	5,59	1,45
50	1,40	2,67	2,10	10,42	4,17	1,97
	1,50	2,85	2,24	11,07	4,43	1,97
	1,80	3,39	2,66	12,95	5,18	1,96
	2,00	3,74	2,93	14,15	5,66	1,95
	2,50	4,59	3,60	16,96	6,78	1,92
	3,00	5,41	4,25	19,50	7,80	1,90
	4,00	6,95	5,45	23,84	9,54	1,85
60	1,50	3,45	2,71	19,52	6,51	2,38
	1,80	4,11	3,22	22,95	7,65	2,36
	2,00	4,54	3,56	25,15	8,38	2,35
	2,50	5,59	4,39	30,36	10,12	2,33
	3,00	6,61	5,19	35,17	11,72	2,31
	4,00	8,55	6,71	43,65	14,55	2,26
70	1,50	4,05	3,18	31,46	8,99	2,79
	1,80	4,83	3,79	37,09	10,60	2,77
	2,00	5,34	4,19	40,73	11,64	2,76
	2,50	6,59	5,17	49,43	14,12	2,74
	3,00	7,81	6,13	57,56	16,45	2,72
	4,00	10,15	7,97	72,22	20,64	2,67
75	1,50	4,35	3,42	38,92	10,38	2,99
	1,80	5,19	4,07	45,95	12,25	2,98
	2,00	5,74	4,50	50,50	13,47	2,97
	2,50	7,09	5,56	61,40	16,37	2,94
	3,00	8,41	6,60	71,65	19,11	2,92
	4,00	10,95	8,59	90,29	24,08	2,87
90	1,80	6,27	4,92	80,71	17,94	3,59
	2,00	6,94	5,45	88,87	19,75	3,58
	2,50	8,59	6,74	108,57	24,13	3,56
	3,00	10,21	8,01	127,32	28,29	3,53
	4,00	13,35	10,48	162,02	36,01	3,48
100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32	4,00
	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
	2,50	9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
	3,00	11,41	8,96	177,08	35,42	3,94
	4,00	14,95	11,73	226,46	45,29	3,89
	5,00	18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
	6,00	21,63	16,98	312,00	62,40	3,80
125	3,00	14,41	11,31	354,53	56,73	4,96
	4,00	18,95	14,87	457,33	73,17	4,91
	5,00	23,36	18,33	552,87	88,46	4,87
	6,00	27,63	21,69	641,41	102,63	4,82
135	3,00	15,61	12,25	449,88	66,65	5,37
	4,00	20,55	16,13	581,80	86,19	5,32
	5,00	25,36	19,90	705,16	104,47	5,27
	6,00	30,03	23,58	820,25	121,52	5,23
150	3,00	17,41	13,67	622,76	83,03	5,98
	4,00	22,95	18,01	807,92	107,72	5,93
	5,00	28,36	22,26	982,37	130,98	5,89
	6,00	33,63	26,40	1146,43	152,86	5,84

Tubería Estructural Rectangular



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
ASTM A 500 Gr. A, B ó C
Norma de Fabricación:
NTE INEN 2415
Espesores:
Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones y largos,
previa consulta

➤ Aplicaciones

- Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
- Agroganadera: maquinaria e implementos agrícolas, avícolas y ganaderos.
- Señalización y vialidad: soportes.
- Aparatos de gimnasia y fitness.
- Construcción: columnas.
- Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.



Designaciones			Área	Peso	Propiedades Estáticas					
					Eje x-x			Eje y-y		
B	H	e	A	P	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
mm	mm	mm	cm ²	kg/m	I	W	i	I	W	i
mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
20	30	1,50	1,35	1,06	1,59	1,06	1,08	0,84	0,84	0,79
		2,00	1,74	1,36	1,94	1,30	1,06	1,02	1,02	0,77
20	40	1,40	1,55	1,22	3,09	1,55	1,41	1,04	1,04	0,82
		1,50	1,65	1,30	3,27	1,63	1,41	1,10	1,10	0,82
		1,80	1,95	1,53	3,76	1,88	1,39	1,26	1,26	0,80
		2,00	2,14	1,68	4,06	2,03	1,38	1,35	1,35	0,79
25	50	1,40	1,97	1,55	6,28	2,51	1,79	2,13	1,71	1,04
		1,50	2,10	1,65	6,66	2,66	1,78	2,26	1,80	1,04
		1,80	2,49	1,95	7,72	3,09	1,76	2,60	2,08	1,02
		2,00	2,74	2,15	8,39	3,36	1,75	2,82	2,25	1,01
		2,50	3,34	2,62	9,90	3,96	1,72	3,29	2,64	0,99
		3,00	3,91	3,07	11,20	4,48	1,69	3,70	2,96	0,97
30	50	1,40	2,11	1,66	7,11	2,84	1,83	3,23	2,15	1,24
		1,50	2,25	1,77	7,54	3,02	1,83	3,42	2,28	1,23
		1,80	2,67	2,09	8,77	3,51	1,81	3,96	2,64	1,22
		2,00	2,94	2,31	9,54	3,82	1,80	4,30	2,87	1,21
		2,50	3,59	2,82	11,31	4,53	1,78	5,07	3,38	1,19
		3,00	4,21	3,30	12,86	5,15	1,75	5,73	3,82	1,17
40	60	1,40	2,67	2,10	13,54	4,51	2,25	7,27	3,63	1,65
		1,50	2,85	2,24	14,39	4,80	2,25	7,72	3,86	1,64
		1,80	3,39	2,66	16,85	5,62	2,23	9,01	4,51	1,63
		2,00	3,74	2,93	18,42	6,14	2,22	9,84	4,92	1,62
		2,50	4,59	3,60	22,09	7,36	2,19	11,75	5,88	1,60
		3,00	5,41	4,25	25,41	8,47	2,17	13,47	6,74	1,58
30	70	1,40	2,67	2,10	16,36	4,67	2,47	4,37	2,92	1,28
		1,50	2,85	2,24	17,38	4,97	2,47	4,64	3,09	1,28
		1,80	3,39	2,66	20,35	5,81	2,45	5,39	3,60	1,26
		2,00	3,74	2,93	22,23	6,35	2,44	5,87	3,91	1,25
		2,50	4,59	3,60	26,63	7,61	2,41	6,96	4,64	1,23
		3,00	5,41	4,25	30,61	8,74	2,38	7,93	5,29	1,21
40	80	1,50	3,45	2,71	28,99	7,25	2,90	9,94	4,97	1,70
		1,80	4,11	3,22	34,09	8,52	2,88	11,64	5,82	1,68
		2,00	4,54	3,56	37,36	9,34	2,87	12,73	6,36	1,67
		2,50	5,59	4,39	45,12	11,28	2,84	15,27	7,64	1,65
		3,00	6,61	5,19	52,28	13,07	2,81	17,59	8,79	1,63
		4,00	8,55	6,71	64,90	16,22	2,76	21,59	10,79	1,59
50	90	1,50	4,05	3,18	44,68	9,93	3,32	18,13	7,25	2,12
		1,80	4,83	3,79	52,70	11,71	3,30	21,32	8,53	2,10
		2,00	5,34	4,19	57,88	12,86	3,29	23,37	9,35	2,09
		2,50	6,59	5,17	70,28	15,62	3,27	28,25	11,30	2,07
		3,00	7,81	6,13	81,88	18,20	3,24	32,77	13,11	2,05
		4,00	10,15	7,97	102,81	22,85	3,18	40,81	16,32	2,01
50	100	1,50	4,35	3,42	57,77	11,55	3,64	19,89	7,96	2,14
		1,80	5,19	4,07	68,22	13,64	3,63	23,41	9,37	2,12
		2,00	5,74	4,50	74,99	15,00	3,62	25,68	10,27	2,12
		2,50	7,09	5,56	91,22	18,24	3,59	31,07	12,43	2,09
		3,00	8,41	6,60	106,49	21,30	3,56	36,09	14,44	2,07
		4,00	10,95	8,59	134,24	26,85	3,50	45,05	18,02	2,03
50	150	1,80	6,99	5,48	188,33	25,11	5,19	33,87	13,55	2,20
		2,00	7,74	6,07	207,54	27,67	5,18	37,21	14,88	2,19
		2,50	9,59	7,53	254,09	33,88	5,15	45,19	18,08	2,17
		3,00	11,41	8,96	298,58	39,81	5,12	52,68	21,07	2,15
		4,00	14,95	11,73	381,49	50,87	5,05	66,27	26,51	2,11
		5,00	18,36	14,41	456,54	60,87	4,99	78,12	31,25	2,06
60	120	1,80	6,27	4,92	119,80	19,97	4,37	41,25	13,75	2,57
		2,00	6,94	5,45	131,93	21,99	4,36	45,34	15,11	2,56
		2,50	8,59	6,74	161,25	26,87	4,33	55,17	18,39	2,53
		3,00	10,21	8,01	189,15	31,53	4,30	64,44	21,48	2,51
		4,00	13,35	10,48	240,84	40,14	4,25	81,35	27,12	2,47
		5,00	16,36	12,84	287,23	47,87	4,19	96,25	32,08	2,43
70	200	3,00	15,61	12,25	749,71	74,97	6,93	145,15	41,47	3,05
		4,00	20,55	16,13	969,28	96,93	6,87	185,62	53,03	3,01
		5,00	25,36	19,90	1.174,26	117,43	6,81	222,47	63,56	2,96
		6,00	30,03	23,58	1.365,00	136,50	6,74	255,91	73,12	2,92
75	125	1,80	6,99	5,48	152,92	24,47	4,68	70,06	18,68	3,17
		2,00	7,74	6,07	168,56	26,97	4,67	77,15	20,57	3,16
		2,50	9,59	7,53	206,53	33,04	4,64	94,26	25,14	3,14
		3,00	11,41	8,96	242,88	38,86	4,61	110,55	29,48	3,11
		4,00	14,95	11,73	310,87	49,74	4,56	140,75	37,53	3,07
		5,00	18,36	14,41	372,77	59,64	4,51	167,93	44,78	3,02
75	175	3,00	14,41	11,31	556,71	63,62	6,22	149,46	39,86	3,22
		4,00	18,95	14,87	718,30	82,09	6,16	191,22	50,99	3,18
		5,00	23,36	18,33	869,40	99,25	6,10	229,29	61,14	3,13
		6,00	27,63	21,69	1.007,36	115,13	6,04	263,88	70,37	3,09
100	150	3,00	14,41	11,31	460,67	61,42	5,65	247,67	49,53	4,15
		4,00	18,95	14,87	594,71	79,29	5,60	318,67	63,73	4,10
		5,00	23,36	18,33	719,46	95,93	5,55	384,27	76,85	4,06
		6,00	27,63	21,69	835,21	111,36	5,50	444,72	88,94	4,01
100	200	3,00	17,41	13,67	924,37	92,44	7,29	318,26	63,65	4,28
		4,00	22,95	18,01	1.199,81	119,98	7,23	410,88	82,18	4,23
		5,00	28,36	22,26	1.459,51	145,95	7,17	497,19	99,44	4,19
		6,00	33,63	26,40	1.703,83	170,38	7,12	577,44	115,49	4,14

Anexo 6. Características de rodillos de salida

DIÁMETRO		MASA NOMINAL		TOLERANCIAS	
mm	kg/m	kg/6m	Diámetro mm	Ovalidad mm	
8	0,395	2,368	± 0,40	máximo 0,60	
10	0,617	3,702			
12	0,888	5,328			
15	1,387	8,322			
18	1,998	11,988	± 0,50	máximo 0,75	
20	2,466	14,796			
22	2,984	17,904			
24,5	3,701	22,206			

Tolerancia de longitud: +100 / -10mm

PROPIEDADES MECÁNICAS	ASTM A36		INEN 2215 grado E185	
	Kgf / mm ²	MPa	Kgf / mm ²	MPa
Límite de Fluencia mínimo	25	250	19	185
Resistencia a la tracción mínima	40	400	30	300
Resistencia a la tracción máxima	56	550	55	540
Alargamiento (%) mínimo con probeta $L_0=5,65 \sqrt{A_0} = 26\%$	21%		18%	

Fuente: Adelca

Anexo 7. Selección de engranaje

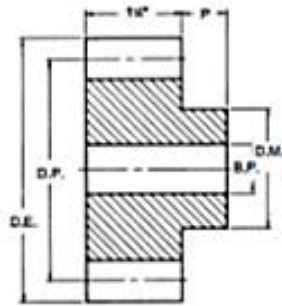
8 DP

Cara 1¼"

Engranés Rectos

de Acero en Existencia

Ángulo de Presión de 14½°



Tipo B



Tipo B
Sencilla con Maza

Acero

Número de Dientes	Número de Perfil	Ángulo de Presión	Diámetro		Tipo	Barros (Pulg.)		Barras (Pulg.)		Peso Aprox. (lb)
			Paso	Exterio		Paso	Máx.*	Diámetro	Pres.	
11	S811	14K	1.500†	1.750	B	¾	**	1K	¾	.5
12	S812	14K	1.500	1.750	B	¾	**	1K	¾	.5
13	S813	14K	1.625	1.875	B	¾	**	1K	¾	.7
14	S814	14K	1.750	2.000	B	¾	¾	1K	¾	.9
15	S815	14K	1.875	2.125	B	¾	¾	1K	¾	.9
16	S816	14K	2.000	2.250	B	¾	¾	1K	¾	1.1
17	S817	14K	2.125	2.375	B	¾	1	1K	¾	1.3
18	S818	14K	2.250	2.500	B	¾	1	1K	¾	1.6
19	S819	14K	2.375	2.625	B	¾	1	1K	¾	1.8
20	S820	14K	2.500	2.750	B	¾	1½	2K	1	2.0
21	S821	14K	2.625	2.875	B	¾	1½	2K	1	2.3
22	S822	14K	2.750	3.000	B	¾	1½	2K	1	2.6
24	S824	14K	3.000	3.250	B	¾	1½	2K	1	3.6
26	S826	14K	3.250	3.500	B	¾	1½	2K	1	3.9
28	S828	14K	3.500	3.750	B	¾	1½	2K	1	4.4
30	S830	14K	3.750	4.000	B	¾	1½	2K	1	5.1
32	S832	14K	4.000	4.250	B	1	1½	2K	1	5.6
36	S836	14K	4.500	4.750	B	1	1½	3	1	7.0
40	S840	14K	5.000	5.250	B	1	1½	3	1	8.3
42	S842	14K	5.250	5.500	B	1	1½	3	1	9.0
44	S844	14K	5.500	5.750	B	1	1½	3	1	9.7
48	S848	14K	6.000	6.250	B	1	1½	3	1	11.3

Los engranes con ángulo de presión de 14½° no operan con engranes con ángulo de presión de 20°.

* Barrido máximo recomendado con cuñeros y opresor.

** Consulte a JTB.

† Diámetro de paso alargado con forma especial del diente.

Anexo 8: Propiedades mecánicas del aluminio 6061

-6061- (ALUMINIO – MAGNESIO – SILICIO)

COMPOSICIÓN QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos		Al
Mínimo	0.40		0.15		0.80	0.04			Otros	Total	
Máximo	0.80	0.70	0.40	0.15	1.20	0.35	0.25	0.15	0.05	0.15	El resto

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Estado	Características a la tracción					
	Carga de rotura Rm, N/mm ²	Límite elástico Rp 0.2, N/mm ²	Alargamiento A 5.65%	Límite a la fatiga N/mm ²	Resistencia a la cizalladura τ N/mm ²	Dureza Brinell (HB)
O	125	55	27	120	85	30
T4	235	140	21	180	150	65
T6	310	270	14	190	190	95

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Módulo elástico N/mm ²	Peso específico g/cm ³	Intervalo de fusión °C	Coficiente de dilatación lineal 1/10 ⁻⁶ K	Conductividad térmica W/m K	Resistividad eléctrica a 20°C - $\mu\Omega$ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
70,000	2.70	580-650	23.3	T4-155 T6-166	T4-4.3 T6-4.0	T4-40 T6-43	-0.83

Anexo 9. Diagrama de conexión circuito de control

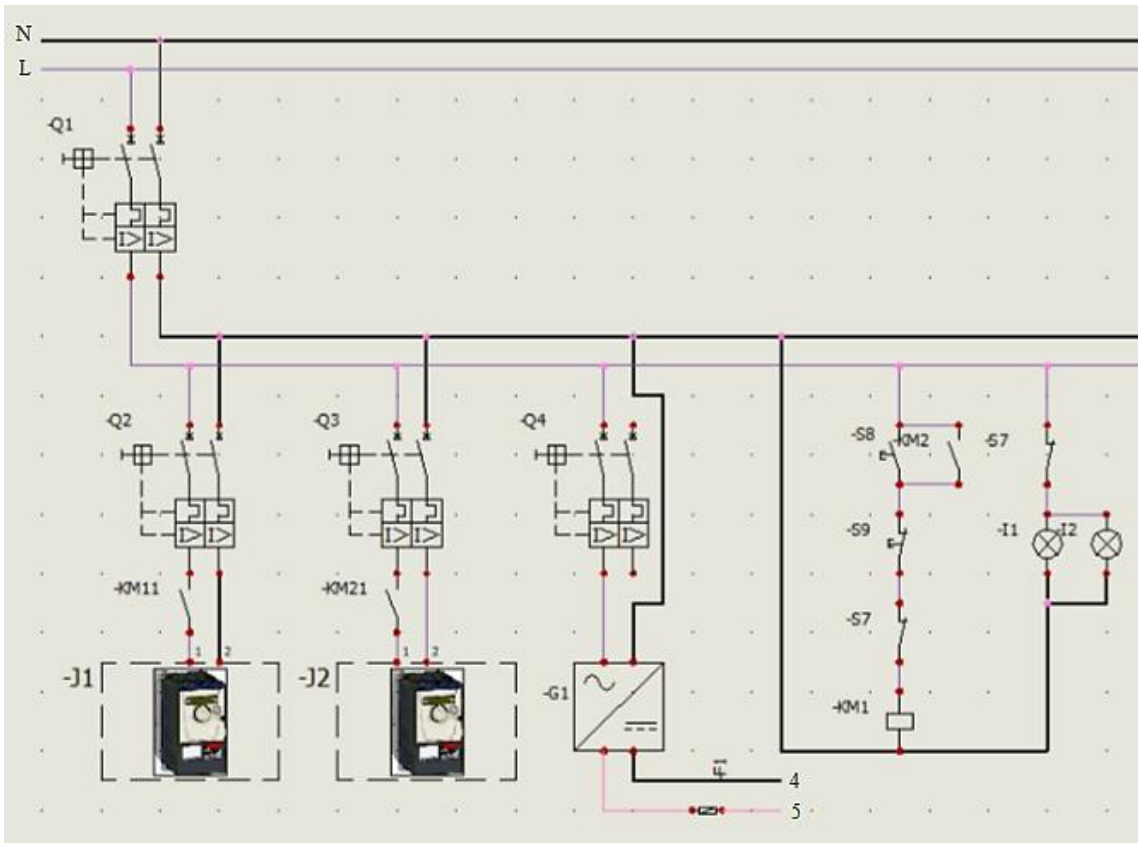


Figura 0.1. Esquema del sistema de control

Nomenclatura	
Item	Descripción
N	Neutro AC
L	Línea AC
Q1	Interruptor magnético térmico/Breaker
Q2, Q3, Q4	Interruptor magnético térmico/Guardamotor
J1, J2	Variador de frecuencia
K1, k2	Bobina del contactor
G1	Transformador AC/DC
F1	Fusible
4	Neutro DC
5	Línea DC 24v
S8, S9, S7, S7	Botones
KM1	Bobina/Contactor
KM2	Contacto/Contactor
I1, I2	Luz indicador

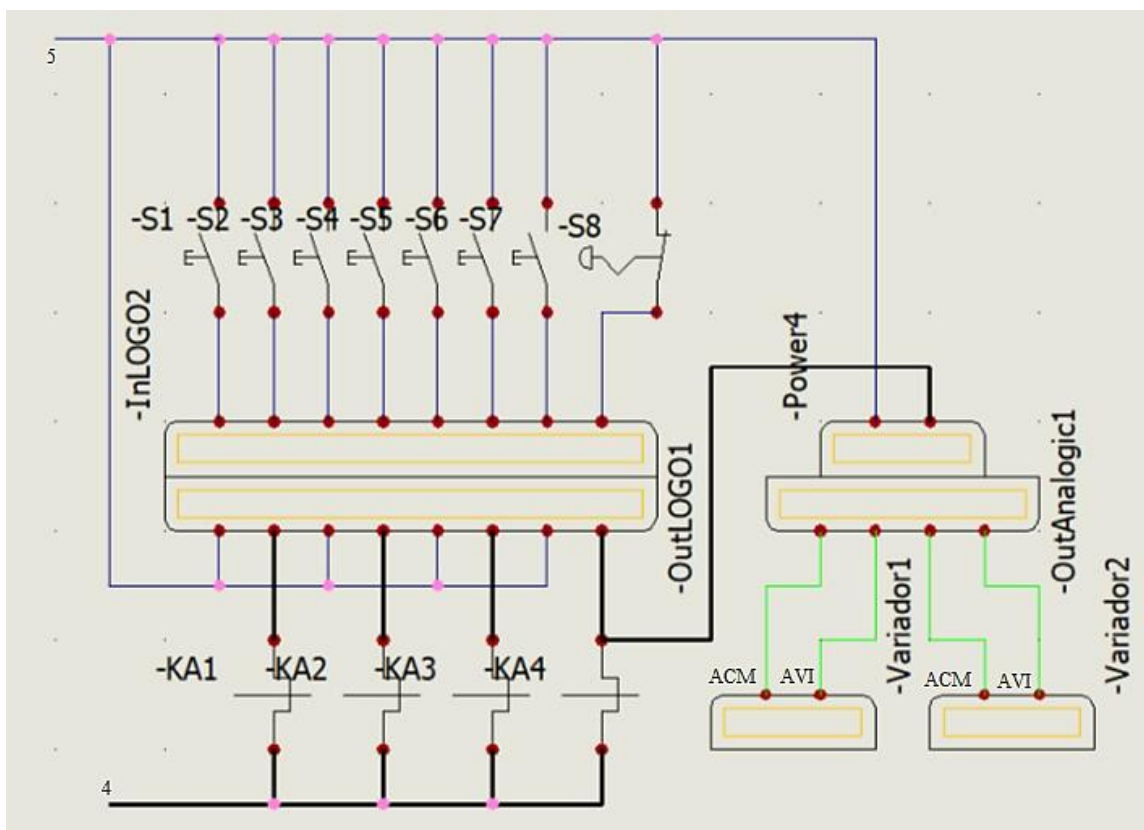


Figura 0.2. Diagrama de conexión LOGO y módulo de salidas analógicas

Nomenclatura	
Item	Descripción
4	Neutro DC
5	Línea DC 24v
S0, S1, S2, S3, S4, S5, S6	Botones, sin enclavado
S7	Paro de emergencia
KA1, KA2, KA3, KA4	Relé

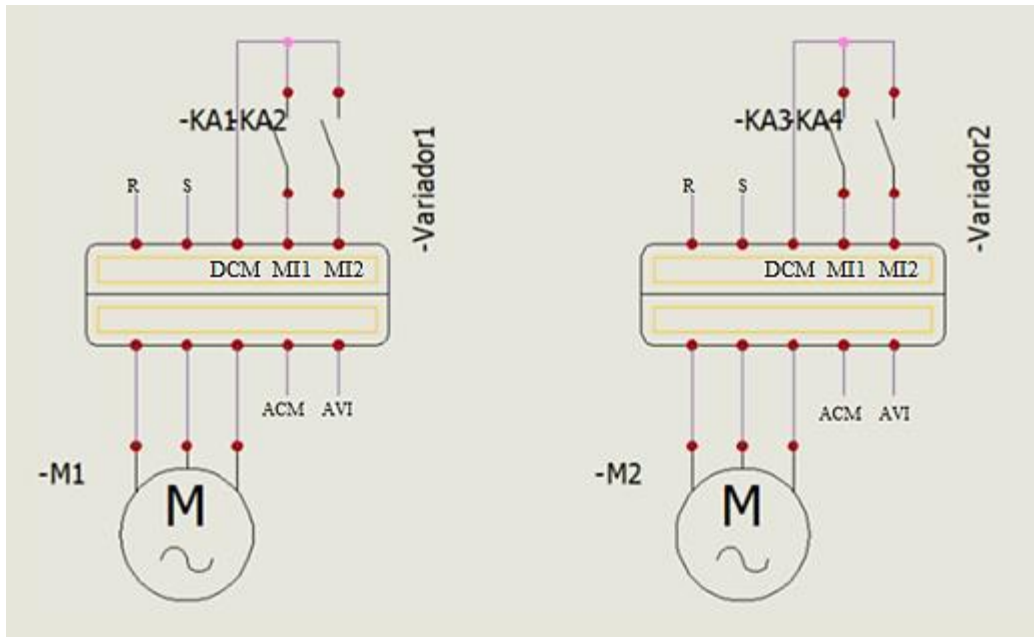


Figura 0.3. Diagrama de conexión de los motores al variador

Anexo 10: Programación LOGO! 8

Anexo 11: Planos estructurales.