



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECATRÓNICO

TEMA: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL PERCHADO
MECÁNICO DE HILOS CON FIBRA DE ALPACA

AUTOR: BRYAN ANDRÉ GARCÍA MEDINA

DIRECTOR: ING. VÍCTOR ERAZO. MSc.

Ibarra, 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003527833		
APELLIDOS Y NOMBRES:	García Medina Bryan André		
DIRECCIÓN:	Av. Jaime Rivadeneira y Oviedo		
EMAIL:	bagarciam@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062-900-036	TELÉFONO MÓVIL:	0994267119

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Máquina semiautomática para el perchado mecánico de hilos con fibra de alpaca
AUTOR (ES):	García Medina Bryan André
FECHA:	27/11/2020
PROGRAMA:	Pregrado
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Víctor Erazo. MSc.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor 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 27 días del mes de noviembre de 2020

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre:

Bryan García Medina



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Ing. Víctor Erazo director de la tesis de grado desarrollada por el señor estudiante García Medina

CERTIFICA

Que el proyecto de tesis de grado con el título "MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL PERCHADO MECÁNICO DE HILOS CON FIBRA DE ALPACA", ha sido realizado en su totalidad por el señor estudiante García Medina Bryan André bajo mi dirección, para obtener el título de Ingeniería Mecatrónica. Luego de ser revisado se ha considerado que se encuentra concluido en su totalidad y cumple con todas las exigencias y requerimientos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Mecatrónica, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.


Ing. **Víctor Erazo, MSc.**
DOCENTE
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Facultad de Ingeniería Mecatrónica
Víctor Erazo, MSc.

DIRECTOR DE GRADO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios, quien siempre ha guiado mi camino, bendiciéndome y dándome fuerzas para llegar hasta este momento tan importante de mi vida profesional.

A mis padres Pablo García y Alexandra Medina, por ser mi motivación y a pesar de las adversidades que se me han presentado en la vida, siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional.

A mi esposa Leslie, quien ha sido un pilar fundamental en el transcurso de mi vida universitaria y la que siempre me apoya incondicionalmente en mis ideas y proyectos.

A mi hija Dominick, quien es el tesoro más grande que Dios puso en mi camino, por la que día a día he luchado para sacarle adelante, y hoy orgullosamente, dedicarle a ella está valiosa meta alcanzada, de ser un profesional.

A mi hermana Ashley por su cariño en el transcurso de todo este proceso, por brindarme su ayuda cuando la he necesitado.

Y a toda mi familia en general, ya que siempre con un consejo o palabras motivacionales, me han brindado su aliento para culminar este sueño tan anhelado.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen María, quienes, con sus bendiciones, me han brindado salud y la oportunidad de llegar a cumplir esta meta tan grande en mi vida.

Un agradecimiento especial a la Universidad Técnica del Norte y a cada uno de sus docentes, en especial a los de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, los cuales me guiaron para ser un buen ser humano y un excelente profesional.

Agradezco a mi tutor, ingeniero Víctor Erazo, el cual siempre lo admiré desde que fue mi docente, guardándole un gran respeto y consideración debido a su capacidad intelectual, don de gente y su gran virtud de transmitir energía y compromiso por el estudio a sus alumnos. De la misma manera al doctor Marco Ciaccia e ingeniero Fernando Valencia por su tiempo y conocimiento que ayudó a complementar mi trabajo de grado.

Gracias a mi familia, a mis padres y mi hermana, ya que su apoyo diario fue fundamental para nunca rendirme, siempre me inculcaron el valor del estudio y su importancia para surgir en la vida.

Pero sobre todo mi agradecimiento especial a mi esposa y a mi hija, quienes me apoyaron en todo momento, siempre con su amor, confianza incondicional y una palabra de aliento cuando más la necesitaba. Gracias a ellos, quienes son mi motivación para alcanzar este y otros sueños que tengo planteados en la vida.

RESUMEN

El presente trabajo de grado trata sobre el diseño y construcción de una máquina semiautomática para el perchado mecánico de hilos de alpaca, la construcción fue auspiciada por la empresa IMBATEX.

La máquina perchadora tiene como objetivo sacar las fibras del hilo a su superficie, con esto, se consigue dar al hilo un acabado más suave y de menor densidad. La máquina construida posee un encendido y apagado manual, un sistema de control de rotura de hilos, alarma de fallos, control de velocidades, ciclo de trabajo y finalización automática del proceso.

La construcción y puesta a punto de la máquina se realizó en tres etapas, diseño, construcción y pruebas de funcionamiento. En el diseño se utilizó la matriz QFD o llamada despliegue de la función de calidad, para determinar todos los requisitos expuestos por el gerente de la empresa para posteriormente realizar el diseño conceptual, mecánico y eléctrico; la construcción se realizó tomando en cuenta varios materiales y dispositivos existentes en la bodega de la empresa. Finalmente, con un protocolo de pruebas de funcionamiento con y sin material, se dejó calibrada la máquina para el título de hilo 1,5 Nm solicitado por de la empresa.

La máquina cuenta con tres secciones de trabajo, la alimentación de los hilos, con fileta de porta conos, tanto principales como de reserva; la perchadora, encargada de realizar la función principal por medio de dos cilindros con púas; y finalmente la recolección del hilo en la madejadora.

Los parámetros de trabajo ideales encontrados alrededor de tres variables son: velocidad de los cilindros 296,35 m/min, velocidad del hilo de 12,6 m/min, con los cuales se obtiene una producción de 4,28 kg/h. Los resultados de calidad y producción obtenidos con la máquina perchadora, son satisfactorios para el gerente de la empresa IMBATEX.

ABSTRACT

The present work of degree deals with the design and construction of a semi-automatic machine for the mechanical hanger of nickel silver threads, the construction was sponsored by the IMBATEX company.

The “perchadora” machine aims to bring the fibers of the thread to its surface, with this, it is possible to give the thread a smoother and lower density finish. The machine built has a manual on and off, a wire break control system, fault alarm, speed control, duty cycle and automatic process termination.

The construction and commissioning of the machine was carried in three stages, design, construction and operational tests. In the design, the QFD matrix or called quality house was used to determine all the requirements set forth by the manager of the company to subsequently carry out the conceptual, mechanical and electrical design; The construction was carried out taking into account various materials and devices existing in the company's warehouse. Finally, with a test protocol of operation with and without material, the machine was calibrated for the 1.5Nm wire title requested by the company.

The machine has three working sections, the feeding of the threads, with a cone holder creel, both main and reserve; the hanger, responsible for performing the main function of using two cylinders with spikes; and finally, the collection of the thread in the logger.

The adequate conditions of the process were obtained with three variables that influence the process, wire tension, speed of the roving cylinders and speed of the processed wire. The ideal working parameters found are speed of the perching cylinders 296.35 m/min, wire pitch of 12.6 m / min, with which a production of 4.28 kg/h. The quality and production results obtained with the perching machine are satisfactory for the manager of the IMBATEX company.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	1
1.2.1. Objetivo General.....	1
1.2.2. Objetivos Específicos.....	1
1.3. PROBLEMA.....	2
1.4. ALCANCE.....	3
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2.1. Marco Teórico.....	5
2.1.1. Fibras De Alpaca.....	5
2.1.2. Hilos de alpaca.....	5
2.1.3. Perchado de hilos.....	7
2.1.4. Máquinas perchadoras de hilos.....	7
2.1.5. Máquinas perchadoras.....	7
2.1.6. Despliegue de la función calidad (QFD).....	9
2.1.7. Análisis funcional.....	10
2.1.8. División modular.....	10
CAPÍTULO III.....	13
3.1. METODOLOGÍA.....	13

3.1.1. Voz del cliente e ingeniero.....	13
3.1.2. Análisis QFD.....	14
3.2. DISEÑO CONCEPTUAL.....	15
3.2.1. Análisis de los diagramas funcionales.....	15
3.2.2. Soluciones para cada módulo.....	16
3.2.3. Alternativas de cada módulo.....	38
3.2.4. Método de los criterios ponderados.....	41
3.3. DISEÑO MECÁNICO DE LA PROPUESTA.....	54
3.3.1. CAD de la solución.....	54
3.3.2. Selección del motor.....	55
3.3.3. Análisis de los ejes.....	58
3.3.4. Análisis estático de la estructura de la máquina perchadora.....	83
3.4. DISEÑO DEL CONTROL ELÉCTRICO.....	86
3.4.1. Diseño eléctrico.....	86
3.4.2. Grafcet.....	86
CAPÍTULO IV.....	88
4.1. RESULTADOS.....	88
4.2. PROTOCOLO PARA PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	88
4.2.1. Objetivo general.....	88
4.2.2. Objetivos específicos.....	88
4.2.3. Materiales.....	88
4.2.4. Método.....	89

4.2.5. Resultados de las pruebas de funcionamiento.....	89
4.2.6. Corrección de errores	95
4.2.7. Resultados finales.....	97
4.2.8. Conclusiones de las pruebas de funcionamiento.....	98
4.2.9. Producción.....	99
CAPÍTULO V	101
5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
5.1.1. Conclusiones	101
5.1.2. Recomendaciones.....	102
6.1. ANEXOS	107
6.1.1. ANEXO A (IMÁGENES).....	107
6.1.2. ANEXO B (ANÁLISIS ECONÓMICO)	118
6.1.3. ANEXO C (MANUAL DE OPERACIÓN).....	126
6.1.4. ANEXO D (PLANO DE CONTROL).....	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Voz del cliente e ingeniero.	13
Tabla 2. Ventajas y desventajas de la fileta horizontal.	17
Tabla 3. Ventajas y desventajas de la fileta vertical.	18
Tabla 4. Ventajas y desventajas de la fileta inclinada.	19
Tabla 5. Ventajas y desventajas de paso por cáncamos.	19
Tabla 6. Ventajas y desventajas de paso por platinas con agujeros.	20
Tabla 7. Ventajas y desventajas de paso por rodillos con guías.	21
Tabla 8. Ventajas y desventajas del talero de control.	22
Tabla 9. Ventajas y desventajas del HMI.	22
Tabla 10. Ventajas y desventajas del Sistema SCADA.	23
Tabla 11. Ventajas y desventajas del motor monofásico.	24
Tabla 12. Ventajas y desventajas del servomotor.	24
Tabla 13. Ventajas y desventajas del motor trifásico.	25
Tabla 14. Ventajas y desventajas del sistema de poleas.	26
Tabla 15. Ventajas y desventajas de transmisión por engranajes.	27
Tabla 16. Ventajas y desventajas de transmisión por cadenas.	27
Tabla 17. Ventajas y desventajas de los rodillos estáticos.	30
Tabla 18. Ventajas y desventajas de los rodillos móviles.	31
Tabla 19. Ventajas y desventajas de los rodillos móviles con guías.	31
Tabla 20. Ventajas y desventajas del interruptor.	32
Tabla 21. Ventajas y desventajas del sensor de tensión.	33
Tabla 22. Ventajas y desventajas de la madejadora con un bocín central.	34
Tabla 23. Ventajas y desventajas de la madejadora con dos bocines laterales.	35
Tabla 24. Ventajas y desventajas de la palanca manual.	36
Tabla 25. Ventajas y desventajas de la palanca neumática.	36
Tabla 26. Ventajas y desventajas de la barra del aspa con tornillo.	37
Tabla 27. Ventajas y desventajas de la base de aspas móvil.	38
Tabla 28. Evaluación del peso específico para cada criterio, módulo 1.	41
Tabla 29. Repuestos en el mercado nacional, módulo 1.	42
Tabla 30. Tensión del hilo, módulo 1.	42
Tabla 31. Precio, módulo 1.	42
Tabla 32. Resultado del sistema de alimentación, módulo 1.	42
Tabla 33. Peso específico para cada criterio, módulo 2.	44
Tabla 34. Precio, módulo 2.	45
Tabla 35. Porcentaje de producción, módulo 2.	45
Tabla 36. Nivel de automatización, módulo 2.	45
Tabla 37. Tiempo de operación, módulo 2.	46
Tabla 38. Tiempo de producción, módulo 2.	46
Tabla 39. Velocidad de la máquina, módulo 2.	46
Tabla 40. Número de funciones en el tablero, módulo 2.	46
Tabla 41. Voltaje, módulo 2.	47
Tabla 42. Suavidad, módulo 2.	47
Tabla 43. Repuestos en el mercado nacional, módulo 2.	47
Tabla 44. Nivel de decibeles, módulo 2.	47

Tabla 45. Tabla de conclusiones respecto a la fase de perchado	48
Tabla 46. Evaluación del peso específico para cada criterio, módulo 3.	51
Tabla 47. Precio, módulo 3.	51
Tabla 48. Porcentaje de producción, módulo 3.....	51
Tabla 49. Nivel de automatización, módulo 3	52
Tabla 50. Tiempo de operación, módulo 3.	52
Tabla 51. Repuestos en el mercado nacional, módulo 3.....	52
Tabla 52. Peso controlado en RPM, módulo 3.	52
Tabla 53. Tabla de conclusiones respecto a la fase de recolección.	53
Tabla 54. Nomenclatura de los elementos de transición.....	87
Tabla 55. Nomenclatura de las etapas de diseño eléctrico.....	87
Tabla 56. Escala de valoración de las pruebas.....	89
Tabla 57. Valoración de la fileta de hilos.	90
Tabla 58. Tabla de funcionamiento de la perchadora de hilo, partes componentes.	90
Tabla 59. Tabla de funcionamiento de la máquina procesando un hilo.....	91
Tabla 60. Grado de perchado variando la velocidad del cilindro perchador.	92
Tabla 61. Grado de perchado variando la presión.	92
Tabla 62. Grado de perchado variando la velocidad del paso del hilo.	93
Tabla 63. Grado de perchado de hilos de alpaca con parámetros de proceso óptimos.....	94
Tabla 64. Grado de perchado de hilo de alpaca con filamento.	96
Tabla 65. Grado de perchado con hilo de alpaca con filamento variado la velocidad del hilo.	96
Tabla 66. Costos de construcción equipos, dispositivos y materiales de la máquina perchadora. ..	118
Tabla 67. Resumen de costos de construcción.....	120
Tabla 68. Costo total del perchado.....	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conjunto de fibras listas para ser procesadas.	5
Figura 2. Resultado del proceso de hilatura.	6
Figura 3. Superficie de un hilo con y sin fibras superficiales.	7
Figura 4. Diseño de Torrents de la perchadora de hilos.	8
Figura 5. Máquina perchadora de hilos, principio de funcionamiento.	8
Figura 6. Perchadora de hilos.	9
Figura 7. Máquina de perchado y recolección de hilo en conos.	9
Figura 8. Diagrama funcional nivel 0.	15
Figura 9. Diagrama funcional nivel 1.	15
Figura 10. Diagrama funcional nivel 2.	16
Figura 11. Fileta porta conos usada en la máquina recubridora de hilo.	17
Figura 12. Fileta porta conos de la máquina S-200.	18
Figura 13. Fileta porta conos de la máquina urdidora UC-300.	18
Figura 14. Cáncamo	19
Figura 15. Platina con agujeros guía-hilos.	20
Figura 16. Rodillo con guía para cada hilo.	20
Figura 17. Tablero de control local con botoneras.	21
Figura 18. HMI.	22
Figura 19. Sistema SCADA.	23
Figura 20. Sistema de polea con correas	25
Figura 21. Transmisión de movimiento por engranajes.	26
Figura 22. Transmisión de movimiento por cadenas	27
Figura 23. Dirección y sentido de giro de los cilindros.	29
Figura 24. Rodillos estáticos regulables.	30
Figura 25. Rodillo móvil.	30
Figura 26. Rodillo móvil con guía para cada hilo.	31
Figura 27. Circuito eléctrico de ruptura del hilo.	32
Figura 28. Sensor de tensión KAT.	33
Figura 29. Partes de la madejadora	34
Figura 30. Madejadora de un bocín central.	34
Figura 31. Madejadora de 2 bocines laterales	35
Figura 32. Palanca mecánica, para mecanismo de recolección.	36
Figura 33. Palanca neumática bidireccional	36
Figura 34. Aspa con tornillo.	37
Figura 35. Base de aspas móvil.	38
Figura 36. Módulo 1, selección de alternativas.	38
Figura 37. Módulo 2, selección de alternativas.	39
Figura 38. Módulo 3, selección de alternativas.	40
Figura 39. Diseño de la fileta de hilo.	43
Figura 40. Diseño de la perchadora de hilo.	49
Figura 41. Solución del sistema de transmisión de movimiento.	50
Figura 42. Diseño de la madejadora.	53
Figura 43. CAD de la solución.	54
Figura 44. Peso distribuido en el rodillo perchador.	59

Figura 45. Reacciones generadas por la chumacera.	59
Figura 46. Tensiones generadas por la transmisión por poleas.....	59
Figura 47. Momento torsor eje del rodillo perchador.	61
Figura 48. Diagrama de cuerpo libre, eje del rodillo perchador.	62
Figura 49. Diagrama de cuerpo libre cilindro perchador plano XY.	62
Figura 50. Diagrama de cargas, eje rodillo perchador, plano XY.	64
Figura 51. Diagrama de cuerpo libre del rodillo perchador plano XZ.....	65
Figura 52. Diagrama de cargas, eje rodillo perchador, plano XZ.....	66
Figura 53: Convergencia de simulaciones del eje.....	72
Figura 54. Simulación del eje del cilindro perchador.	72
Figura 55. Distribución del peso del tambor madejador.	73
Figura 56. Tensión generada en la polea de la madejadora.	73
Figura 57. Momento torsor generado por el eje de la madejadora.	75
Figura 58. Diagrama de cuerpo libre de la madejadora.	75
Figura 59. Diagrama de cuerpo libre madejadora plano XY.	76
Figura 60. Diagrama de cargas, eje madejadora, plano XY.	77
Figura 61. Diagrama de cuerpo libre madejadora plano XZ.....	78
Figura 62. Diagrama de cargas madejadora plano XZ.....	79
Figura 63. Simulación del eje de la madejadora.	83
Figura 64. Análisis estático de la estructura de la máquina perchadora.	84
Figura 65. Simulación del desplazamiento, estructura de la perchadora.	84
Figura 66. Análisis estático de la estructura de la madejadora.	85
Figura 67. Simulación del desplazamiento, estructura madejadora.....	85
Figura 68. Graficet del diseño eléctrico de la máquina perchadora.	86
Figura 69. Grado de perchado en relación a la velocidad del hilo.....	94
Figura 70. Grado de perchado de hilos de alpaca con alma de filamento continuo, con velocidad del hilo variable.....	97
Figura 71. Resultado de pruebas de perchado de hilo en acrílico.....	97
Figura 72. Perchado en hilo de alpaca retorcido con alma de filamento.	98

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A IMÁGENES

Anexo 1. A. Ensamble de la fileta de hilo.	107
Anexo 2. A. Estructura de perchadora de hilo con anticorrosivo.	107
Anexo 3. A. Estructura de perchadora pintada.	108
Anexo 4. A. Montaje de cilindros perchadores.	108
Anexo 5. A. Montaje de sistema de movimiento.	109
Anexo 6. A. Montaje de sensores de ruptura de hilo.	109
Anexo 7. A. Montaje de barras guías.	110
Anexo 8. A. Ensamble de guía hilos.	110
Anexo 9. A. Estructura de la madejadora colocada anti corrosivo.	110
Anexo 10. A. Estructura de la madejadora pintada.	111
Anexo 11. A. Montaje de componentes de la madejadora.	111
Anexo 12. A. Ensamblaje máquina perchadora de hilo.	112
Anexo 13. A. Tablero de control.	112
Anexo 14. A. Colocación de señaléticas de seguridad.	113
Anexo 15. A. Colocación de tapas en el sistema de transmisión de movimiento.	113
Anexo 16. A. Fileta de alimentación cargada.	114
Anexo 17. A. Ensamble final máquina perchadora de hilo.	114
Anexo 18. A. Sistema de transmisión de velocidades.	115
Anexo 19. A. Tabla de factores teóricos de concentración de esfuerzos. Eje redondo en flexión con agujero transversal.	115
Anexo 20. A. Tabla de factores teóricos de concentración de esfuerzos. Eje redondo en torsión con agujero transversal.	116
Anexo 21. A. Tabla de sensibilidad a la muesca q sometidas flexión o cargas axiales.	116
Anexo 22. A. Tabla de sensibilidad a la muesca q sometidas a torsión.	116
Anexo 23. A. Matriz QFD o casa de la calidad.	117
Anexo 24. B. Análisis Económico.	118
Anexo 25. C. Manual de operación.	126

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se refiere a la construcción de una máquina perchadora de hilos de fibra de alpaca, misma que tiene como finalidad levantar las fibras de la superficie del hilo, logrando obtener que este sea más suave, voluminoso y liviano.

La máquina es semiautomática, la cual cuenta con encendido y apagado manual, un sistema de control de rotura de hilos, alarma de fallos y finalización automática del proceso.

La razón principal para la elaboración del presente trabajo es el aporte tecnológico e innovador al sector textil de la provincia de Imbabura en el área de hilatura, puntualmente a la empresa IMBATEX, dedicada a la producción de hilos. Con lo cual se pretende se retome posición en el mercado nacional e internacional mediante la posibilidad de brindar a su clientela un acabado especial a los hilos de alpaca, debido a su cotización y demanda a nivel mundial.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Construir una máquina semiautomática para el perchado de hilos con fibras de alpaca que será utilizada en el sector textil de la provincia de Imbabura.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los requerimientos para la producción del hilo perchado;
- Diseñar los elementos que compondrán la máquina perchadora;
- Construir las diferentes partes y sistemas que componen la máquina perchadora;
- Calibrar la máquina perchadora para un correcto funcionamiento.

1.3. PROBLEMA

El sector textil en el Ecuador representa el 6% del PIB industrial, este sector es el segundo en generar empleo en el país, con más de 174.000 puestos de trabajo los cuales representan el 21% de lo que produce la industria manufacturera en el Ecuador. Dentro de este sector, la producción de hilos en fibras naturales y artificiales es también importante; sin embargo, la competitividad de las empresas dedicadas a producir hilos es limitada, problema que se ha venido suscitando durante los últimos años por la producción de hilos en países vecinos, especialmente en el Perú, en los cuales la producción se realiza a menores costos. Según la Asociación de Industrias Textiles del Ecuador la falta de competitividad de las empresas textiles nacionales está ocasionando pérdida de ventas a nivel nacional e internacional. Para el mercado de Estados Unidos las importaciones de hilado de alpaca, para el año 2016 sobrepasaron los USD 29.500.000, siendo Perú el principal proveedor de este producto, según reporte de United States International Trade Commission, las importaciones del 2016 se han incrementado en un 35% respecto al 2015; desde ese entonces, hasta la actualidad, el mercado peruano, ha tomado el control de exportaciones no solo a Estados Unidos, sino también a Canadá, la gran mayoría de países Europeos y Asiáticos, siendo estos mercados importantes para el Ecuador. Todo esto se debe a la baja competitividad e innovación de las empresas dedicadas a la producción de hilados.

Por otro lado, en Ecuador según Javier Díaz, presidente de la Asociación de Industrias Textiles del Ecuador (AITE) considera que los resultados desde del 2016 hasta 2018 no fueron los mejores. Las ventas, sumando internas y externas, han bajado alrededor de un 25% frente al 2015, siendo las más afectadas las provincias de Pichincha, Guayas, Azuay, Tungurahua e Imbabura, provincias en donde la actividad textil es importante. Considerando que la hilatura es la columna vertebral de la industria textil, ya que a partir de ella desencadena la industria de tejeduría y acabados, culminando en la elaboración de prendas de vestir, es de sentido común que toda la industria textil ecuatoriana ha tenido un declive en su economía.

Es así, la empresa IMBATEX ubicada en la ciudad de Ibarra está disminuyendo su producción y ventas, especialmente con clientes que envían sus productos al exterior. Según información proporcionada por su Gerente Propietario Ing. Darwin Esparza, indica que la venta en hilos de alpaca ha disminuido en un 60%, porcentaje que es bastante elevado, la disminución de ventas ha sido influenciada principalmente porque sus clientes están adquiriendo hilos perchados desde el Perú. Es por esta razón que la empresa desea innovar sus productos, para lo cual, pretende incorporar a su proceso una máquina denominada perchadora de hilo, cuya función es por medio de un cepillado mecánico, sacar las fibras de hilo a la superficie, dando un aspecto más suave y de menor densidad; máquina con la que espera retomar su posición en el mercado nacional e internacional.

1.4. ALCANCE

Con el desarrollo de este trabajo de grado, vinculado al sector productivo textil del país, se pretende construir una máquina semiautomática perchadora de hilos para la empresa IMBATEX. La máquina a construirse debe tener la capacidad de levantar las fibras de la superficie de un hilo, logrando obtener un hilo más suave, voluminoso y liviano.

El trabajo a realizar incluye el diseño, construcción y puesta en funcionamiento de la máquina perchadora. Se espera también que la máquina construida sea eficiente y produzca hilos perchados con una buena calidad y a costos aceptables.

En la máquina se instalará un sistema de control de rotura de hilos, un sistema de alarma de fallos, y un sistema eléctrico tanto de encendido como apagado; vale recalcar, que es necesaria la intervención de un operario, tanto para realizar el empalme de hilos al momento de iniciar, como para cortar el hilo y retirarlo de la máquina al finalizar el proceso.

Finalmente, con las pruebas de funcionamiento de la máquina, con y sin material, se logra calibrar los equipos y demás componentes de la máquina al título de hilo de mayor frecuencia de

trabajo en la empresa. Y, con la puesta a punto de la máquina, se estará terminando el trabajo de grado.

1.5. JUSTIFICACIÓN

La empresa IMBATEX, localizada en la ciudad de Ibarra, actualmente ha bajado sus ventas debido a la competencia con nuevos tipos de hilo procedentes desde el Perú, por lo que sus clientes están dejando de comprar sus productos. Ante esta necesidad la empresa ha decidido construir una máquina semiautomática perchadora de hilos, con la cual espera realizar un nuevo acabado a los hilos de alpaca dentro de su catálogo de productos.

Es importante que la máquina a construirse este a nivel de las producidas en el exterior, disponiendo de mecanismos y sistemas de control necesarios que permita trabajar con eficiencia, utilizando menor mano de obra, energía, paros y pueda detectar errores en el proceso. Es valioso también que en el país se fabrique máquinas innovadoras, haciendo transferencia tecnológica mediante el uso adecuado de información referente a la máquina perchadora ofrecida en el exterior a partir de la cual, y en base a los principios de trabajo identificados se proceda al diseño y construcción, utilizando dispositivos y materiales del mercado local.

Finalmente, una vez terminado el presente trabajo de grado, con la puesta en funcionamiento de la máquina perchadora de hilos, se espera contribuir con la empresa IMBATEX y consecuentemente con el sector productivo nacional textil de nuestro país.

CAPÍTULO II

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Fibras De Alpaca

Según De los Ríos [1] *vicugna pacos* o alpacas, son animales camélidos que habitan en países latinoamericanos como Bolivia, Argentina, Chile, Ecuador y Perú, siendo este último el que ostenta la más alta concentración alpaquera, con aproximadamente 4.800.000 ejemplares. Esparza [2] señala que, de estos animales, por medio de un proceso llamado esquila se obtiene una fibra considerada “de lujo” debido a sus características hipo alérgicas, térmicas, biodegradables, suavidad, resistencia y diferentes tonos de color; sin embargo, su calidad depende de la crianza del animal, el proceso de extracción de la fibra y su posterior manejo como la clasificación y acopio.

2.1.2. Hilos de alpaca

Tal como se indica en la *figura 1*, las fibras son dispuestas longitudinalmente y torcidas para formar un hilo, este será utilizado para la fabricación de prendas de vestir, principalmente en climas fríos. Con el proceso hilatura que se indica en la *figura 2*, las fibras de alpaca adquieren mayor resistencia a la tracción, pero disminuye la suavidad.



Figura 1. Conjunto de fibras listas para ser procesadas. [3]



Figura 2. Resultado del proceso de hilatura. [3]

En el proceso de hilatura, ingresa como materia prima las fibras y luego de una serie de procesos se obtiene el hilo con grosores y colores de acuerdo a los requerimientos del mercado.

Una vez terminado el proceso normal de hilatura, entra en funcionamiento la máquina perchadora de hilo, dándole un acabado especial.

“La relación entre la masa y la longitud se denomina título. El cuál es el número métrico, que servirá de referencia para identificar los tipos de hilos existentes en el mercado” [4].

El número métrico se identifica con el símbolo (Nm) y se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Nm = 1 * \frac{L}{P}$$

En donde:

L: Es la longitud

P: Masa en gramos

Así por ejemplo si un hilo tiene el título 2 Nm, esto indica que:

$$2 Nm = \frac{1}{2}$$

Es decir que 1 m de hilo contiene 0,5 g.

2.1.3. Perchado de hilos

Pese a todas las características esenciales que posee el hilo, producen prendas muy pesadas, ocasionando pérdida de su consumo en el mercado; al respecto, en la revista Gestion [5] se indica que el consumidor estadounidense demanda cada vez más, prendas livianas. Para lograr dicho requerimiento, es necesario obtener hilos que tengan baja densidad, que sean voluminosos. Esto se puede conseguir sacando las fibras de la superficie del hilo, lo que produce mayor poder cubriente, creando espacios vacíos entre fibras, a estos hilos se les denomina: **hilos perchados**.

2.1.4. Máquinas perchadoras de hilos

Las máquinas perchadoras tienen como herramienta principal rodillos compuestos por cerdas, encargados de extraer las fibras de un género textil a la superficie, produciendo una capa de pelo, como se observa en la *figura 3*.



Figura 3. Superficie de un hilo con y sin fibras superficiales. [6]

2.1.5. Máquinas perchadoras

La primera patente de una máquina perchadora la realizó Torrents [7], cuyo principio de funcionamiento era dos cilindros con velocidades de giro diferentes y de sentido contrario; el de mayor velocidad arrastraba el hilo, mientras que el otro daba el efecto de perchado. En la *figura 4* se observa el diseño de dicha máquina que contaba con una fileta porta cono vertical, la perchadora y la recolección de hilo en un tambor.

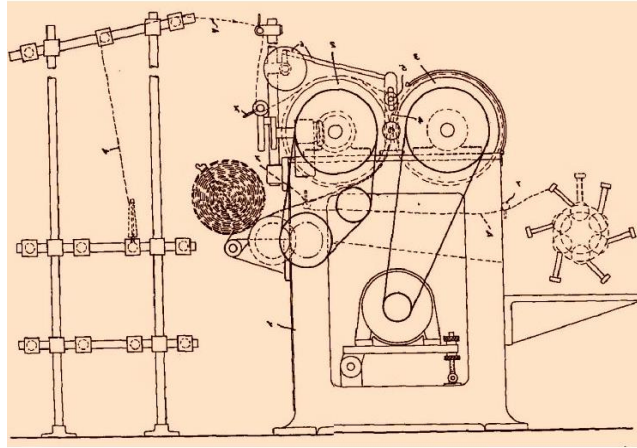


Figura 4. Diseño de Torrents de la perchadora de hilos. [7]

Nueve años después Torrents mejora su diseño expuesto en la *figura 5*, la realiza más simple e implementa barras guías para orientar el paso del hilo, con el fin de generar más tensión al momento perchar. Esta vez, los dos cilindros giran en el mismo sentido, realizando los dos el efecto de perchado. Además, la fileta de hilos esta vez es inclinada y la recolección del hilo en una madejadora, misma que genera la velocidad del paso del hilo.

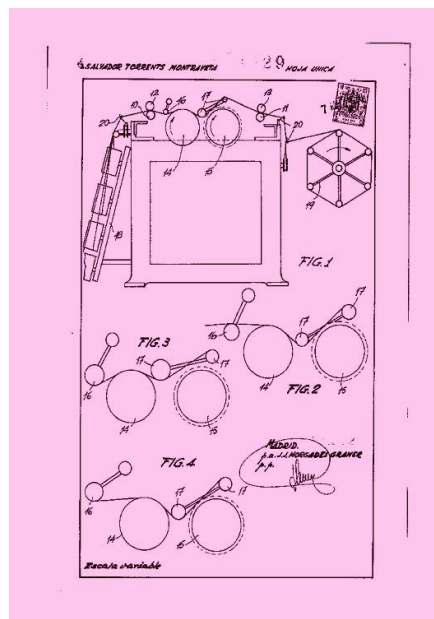


Figura 5. Máquina perchadora de hilos, principio de funcionamiento. [8]

Ya en el 2018 se realiza la construcción de una máquina perchadora automática por la empresa UNITECH como se observa en la *figura 6*, que consta de tres partes principales al igual que el principio de diseño de Torrents. La fileta de alimentación ubicada en la parte izquierda de la *figura 6*; la perchadora como se observa en la *figura 7*, que en este caso consta de un gran cilindro

perchador ubicado en el fondo (color negro) y cilindros guías individuales (color rojo); finalmente la recolección de los hilos procesados se realizó en conos.



Figura 6. Perchadora de hilos. [9]

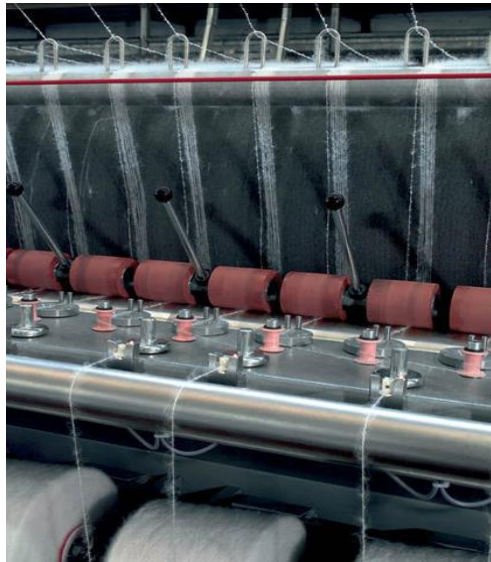


Figura 7. Máquina de perchado y recolección de hilo en conos. [9]

2.1.6. Despliegue de la función calidad (QFD)

Según Davis (2019) la casa de la calidad es un método de gestión, donde el diseñador busca focalizar la calidad del diseño del producto o servicio en base a las necesidades o requerimientos del cliente. Es una traducción de las necesidades del cliente en características técnicas, para luego ponderar y concluir que necesidades son de mayor importancia al momento de realizar el diseño. Además, muestra una comparación frente a empresas relevantes, y brinda una idea de lo que hay que mejorar frente a ellos.

2.1.7. Análisis funcional

Según Riba [10] en su libro *Diseño Concurrente*, menciona que la nueva perspectiva del diseño que toma en consideración de forma simultánea los requerimientos funcionales y de fabricación se denomina diseño para la fabricación y el montaje (DFMA del inglés *design for manufacturing and assembly*), obteniendo buenos resultados en productos y servicios, teniendo como objetivo principal conocer la voz del cliente, quien es el que va hacer uso del producto final, así pues, de esta manera, tal producto o servicio cumpla todas las expectativas pretendidas por dicha persona.

Además, Riba [10] señala como diseño concurrente, a la forma de concebir la ingeniería de diseño y desarrollo de productos y servicios de forma global e integrada donde concurren las siguientes perspectivas:

- Desde el punto de vista del producto.
- Desde el punto de vista de los recursos humanos.
- Desde el punto de vista de los recursos materiales.

2.1.8. División modular

Riba [10] da a conocer que los productos o servicios complejos se suelen subdividir en partes más simples (o módulos) en el marco de una estructura modular. Las tareas de diseño, desarrollo y fabricación de los módulos pueden organizarse en sub proyectos que son realizadas por diversos equipos (propios, contratados, o suministradores). El establecimiento de la estructura modular requiere criterios y métodos para repartir las funciones y establecer las conexiones entre los módulos, así como técnicas para transmitir adecuadamente la información entre los diferentes equipos de diseño. La modulación ayuda a tener alternativas de solución para abaratar costos, tiempo de construcción, facilidad de mantenimiento, etc.

Para realizar una correcta estructura modular, es necesario dividir las funciones primarias y

secundarias del producto, las primarias son las razones por las que el cliente compra el producto, en el caso del presente trabajo de grado sería el hilo perchado, y las secundarias contribuyen a que la función primaria se cumpla.

Al tener descritas todas las funciones secundarias, el siguiente paso es proponer soluciones para ejecutarlas, seleccionando la más idónea y conveniente de estas.

La máquina perchadora, presenta tres conjuntos principales de funciones que son:

- Alimentación.
- Perchado.
- Recolección.

Esta división se realiza ya que cada uno de ellos cuenta con un sistema de proceso. Vale aclarar que es secuencial, el uno depende del anterior para cumplir su función.

Aparte de agrupar correctamente los módulos, es necesario establecer interfaces adecuadas entre módulos, en las que se establecen relaciones tales como:

- ✓ Interfaz mecánica.
- ✓ Interfaz de energía.
- ✓ Interfaz de transferencia de materiales.
- ✓ Interfaz de señal.

La simbología para las conexiones son las expuestas en el libro de Riba [10], el cual utiliza la norma VDI 2222.

- ✓ **Función:** Rectángulo de línea continua.
- ✓ **Flujo de material y dirección:** Flecha de doble línea continua.

- ✓ **Flujo de energía y dirección:** Flecha de línea continua.
- ✓ **Flujo de señal y dirección:** Flecha de línea discontinua.
- ✓ **Sistema, subsistema, módulo:** Polígono de línea de punto y raya

CAPÍTULO III

3.1. METODOLOGÍA

En este capítulo se detalla la metodología utilizada para el diseño del prototipo, misma que inició con la recopilación de las especificaciones técnicas de parte del gerente de la empresa IMBATEX. Estas especificaciones fueron analizadas por medio del despliegue de la función de calidad (QFD), obteniendo los requisitos de ingeniería en orden jerárquico. Posteriormente se realizó un análisis funcional de la máquina, estableciendo una división modular, para dentro de estos desarrollar funciones, en las cuales se proponen varias alternativas de solución, y se selecciona la óptima aplicando el método de los criterios ponderados. Además, se realizó el diseño mecánico, donde se calcularon las dimensiones de los ejes, potencia de los motores y materiales de la estructura de la máquina.

3.1.1. Voz del cliente e ingeniero

De acuerdo con la voz del cliente, la máquina debe cumplir con ciertas características, que a su vez serán traducidas a voz del ingeniero como se observa en la *tabla 1*:

Tabla 1. Voz del cliente e ingeniero.

Voz del Cliente	Voz del Ingeniero
<ul style="list-style-type: none"> • Producción de 4 kg por hora. • Horas de trabajo 8 h. • Eficiente. • Suavidad al tacto. (Sensación de la persona). • Proceso semiautomático, ya que el empalme y extracción de las madejas es manual. • Que funcione con energía eléctrica 220 V. • Mecanismo de fácil extracción de las madejas al finalizar el ciclo. • Supervisión por un obrero en tiempos cortos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de la máquina en metros por minuto. • Tiempo de producción. • Porcentaje de producción. • Suavidad. • Nivel de automatización. • Voltaje. • Tiempo de extracción de madejas. • Tiempo de operación.

- Fácil mantenimiento.
 - Sistema de ruptura de hilo, paro de la máquina y alarma.
 - Fácil operación.
 - Madejas con peso determinado según los requerimientos del cliente.
 - Sistema de movimiento con bandas y poleas que no realice mucho ruido.
 - Calibrar para el título de hilo más común de la empresa 1,5 Nm.
 - Valor de la máquina alrededor de los \$ 4000.
 - Unidades de repuestos en el mercado nacional.
 - Tipo de sensor.
 - Número de botones en el tablero de control.
 - Peso controlado en RPM.
 - Nivel de decibeles.
 - Tensión del hilo.
 - Precio.
-

3.1.2. Análisis QFD

Con los resultados obtenidos en el despliegue de función de calidad 23A, se establece el orden jerárquico de los requerimientos técnicos de la máquina; siendo el primero de la lista, el de mayor importancia.

- Precio.
- Porcentaje de producción.
- Nivel de automatización.
- Tipo de sensor.
- Tiempo de operación.
- Tiempo de producción.
- Tiempo de extracción de madejas.
- Velocidad de la máquina.
- Número de botones en el tablero de control.
- Tensión del hilo.
- Voltaje.
- Unidades de repuestos en el mercado nacional.

- Suavidad.
- Peso controlado.
- Nivel de decibeles.

3.2. DISEÑO CONCEPTUAL

3.2.1. Análisis de los diagramas funcionales

La perchadora contará con un diagrama funcional hasta el nivel 2, para poder desarrollar un análisis más profundo, y determinar diferentes soluciones que contribuyan a un correcto diseño de la máquina.

En el nivel 0, como se observa en la *figura 8*, se expone la función global o primaria, como se mencionó anteriormente, que es la de perchar el hilo.

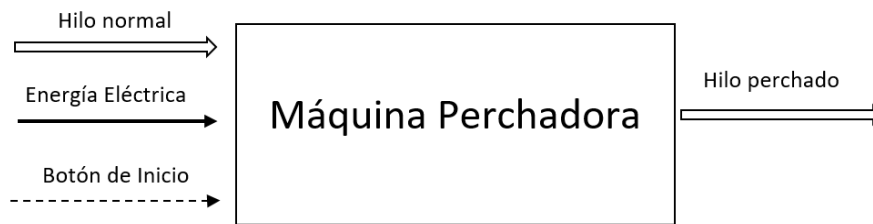


Figura 8. Diagrama funcional nivel 0.

El nivel 1, representado en la *figura 9*, presenta una división general del proceso a cumplir de la máquina, donde se estipuló el sistema de alimentación, el perchado y recolección.

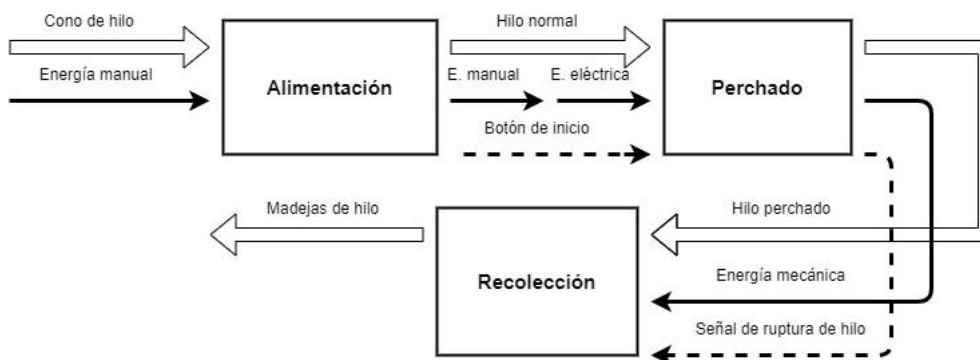


Figura 9. Diagrama funcional nivel 1.

Mientras que en el nivel 2, se coloca detalladamente los pasos que conforman cada sistema de la máquina. En la *figura 10* se describe paso a paso el proceso de perchado, además, se observan los módulos en los cuales se dividió para tener un mayor control y proponer alternativas de solución.

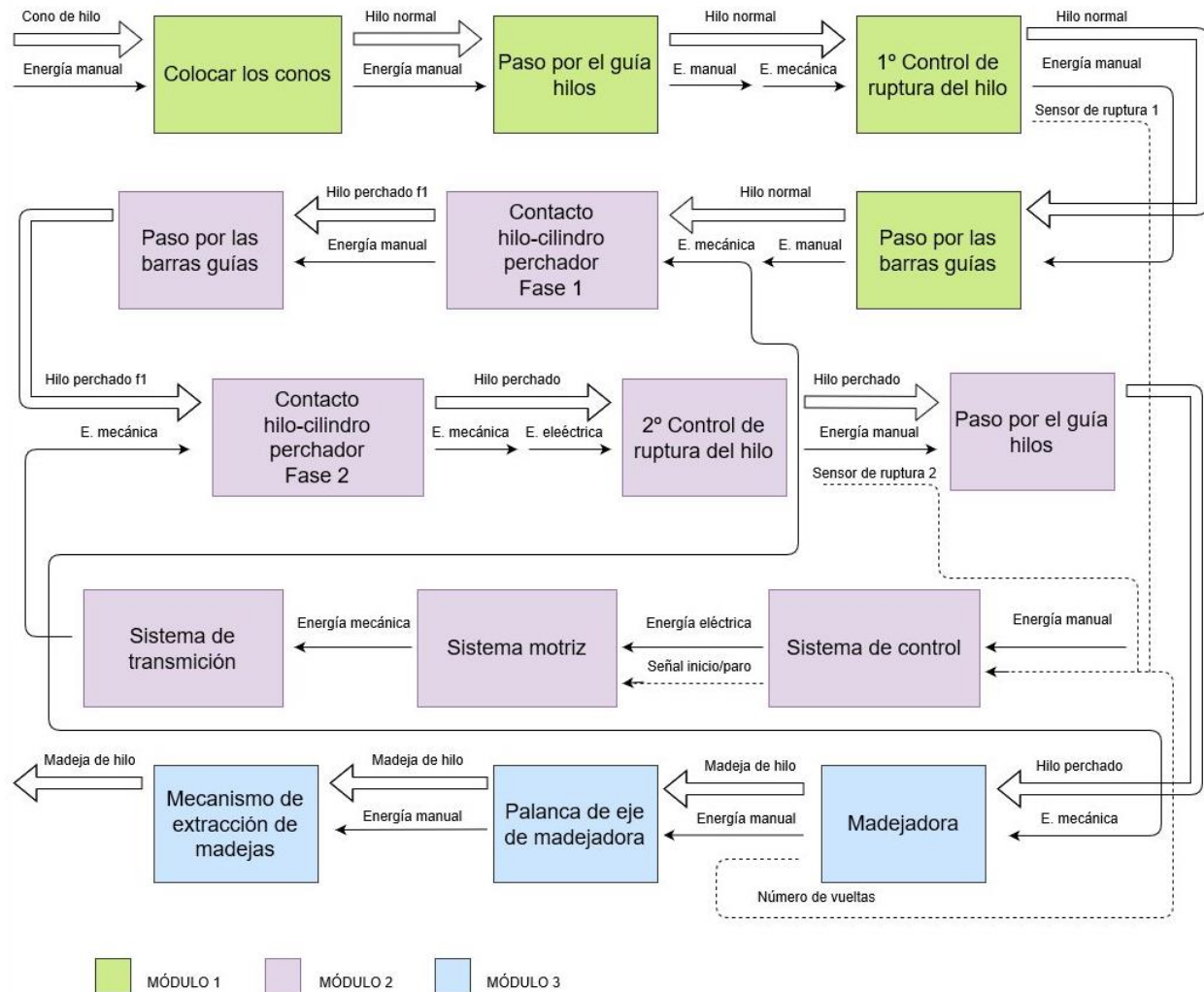


Figura 10. Diagrama funcional nivel 2.

3.2.2. Soluciones para cada módulo

3.2.2.1. Módulo 1

A continuación, se proponen diversas soluciones a cada función del módulo 1, para elegir la idónea dependiendo la que mejor se ajuste al requerimiento y presupuesto del cliente.

➤ Colocar los conos

Esta primera función se refiere al modo de fileta porta conos que se utilizará para alimentar de hilo a la máquina perchadora.

1) Fileta horizontal de porta conos

La barra de la fileta de conos es paralela al piso, mientras que los porta conos perpendiculares a este, como se observa en la *figura 11* correspondiente a una máquina recubridora de hilos.



Figura 11. Fileta porta conos usada en la máquina recubridora de hilo. [11]

En la *tabla 2* se puede observar las ventajas y desventajas de usar una fileta horizontal de porta conos.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la fileta horizontal.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Conos en posición fija y seguros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor espacio. • Dificultad al maniobrar el operario.

2) Fileta vertical de porta conos

La barra de la fileta de conos es perpendicular al piso, mientras que los porta conos paralelos a este, como en la *figura 12* correspondiente a una máquina urdidora de orillos S-200.

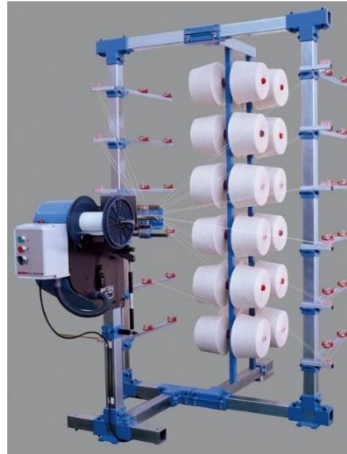


Figura 12. Fileta porta conos de la máquina S-200. [12]

En la *tabla 3* se puede observar las ventajas y desventajas de usar una fileta vertical de porta conos.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de la fileta vertical.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Menor espacio físico utilizado. • Facilidad de maniobrar del operario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conos con tendencia a caer.

3) Fileta con porta conos inclinados

La barra de la fileta de conos es perpendicular al piso y soportes porta conos inclinados a 45° , como se observa en la *figura 13*, utilizado este sistema en la máquina UC-300.



Figura 13. Fileta porta conos de la máquina urdidora UC-300. [13]

En la *tabla 4* se puede observar las ventajas y desventajas de usar una fileta inclinada de porta conos.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de la fileta inclinada.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Menor espacio físico utilizado. • Facilidad de maniobrar del operario. • Conos en posición segura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de acople para la inclinación.

➤ Paso por el guía hilos

Tiene como objetivo permitir que los hilos pertenecientes a cada porta cono, no se mezclen y se enreden, ocasionando problemas en el normal funcionamiento de la máquina, provocando paros de producción.

1) Por cáncamos

“Es un anillo de metal con un tornillo o clavo que se fija en algo sólido” [14]. Expuesto en la *figura 14*.



Figura 14. Cáncamo [14].

En la *tabla 5* se puede observar las ventajas y desventajas de usar cáncamos.

Tabla 5. Ventajas y desventajas de paso por cáncamos.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo. • Facilita la operatividad (colocación de hilos). • Requiere poco espacio para montaje. • Conos en posición segura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Montaje de estructura adicional para instalación.

2) Platina con agujeros

Platina metálica soldada a la estructura, perforada con el número de agujeros correspondientes al número de hilos a trabajar en la máquina, similar a la que se observa en la *figura 15*.

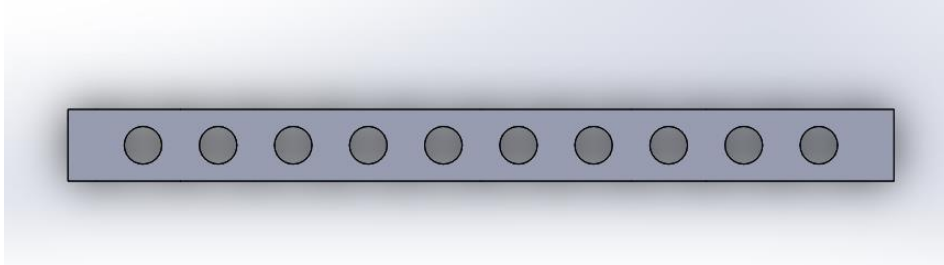


Figura 15. Platina con agujeros guía-hilos.

En la *tabla 6* se puede observar las ventajas y desventajas de usar una platina con agujeros.

Tabla 6. Ventajas y desventajas de paso por platinas con agujeros.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo. • Fácil instalación. • Fácil mecanizado para construcción. • Requiere poco espacio de montaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad en la operatividad (colocación de hilos). • Requiere soldadura.

3) Rodillos con guías

Esta opción es un rodillo estático soldado a la estructura, con guías para cada hilo, como se observa en la *figura 16*.



Figura 16. Rodillo con guía para cada hilo.

En la *tabla 7* se puede observar las ventajas y desventajas de usar un rodillo con guías.

Tabla 7. Ventajas y desventajas de paso por rodillos con guías.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Facilita la operatividad (colocación de hilos). • Fácil instalación. • Orden en el paso de hilos • Menos fricción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo de fabricación. • Requiere mecanizar el rodillo.

3.2.2.2. Módulo 2

A continuación, se proponen diversas soluciones a cada función del módulo 2, para elegir la idónea dependiendo la que mejor se ajuste al requerimiento y presupuesto del cliente.

➤ Sistema de control

Es el sistema encargado de controlar todo el proceso de la máquina, desde aquí se da inicio, así como el paro de la misma. Será el que recepte la señal de ruptura de hilo, o la finalización del proceso por medio de la señal de paro enviada desde un sensor ubicado en la madejadora. Además, se tiene el control de velocidades tanto de los cilindros perchadores como la madejadora y del peso de las madejas.

1) Tablero local con botoneras.

El tablero de control como se observa en la *figura 17*, está organizado de una manera que sea posible visualizar el mayor número de información de la máquina de forma clara. Cuyo objetivo y utilidad básica es diagnosticar adecuadamente una situación.



Figura 17. Tablero de control local con botoneras. [15]

En la *tabla 8* se puede observar las ventajas y desventajas de usar un tablero de control.

Tabla 8. Ventajas y desventajas del talero de control.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil operación. • Menor costo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor espacio para elementos. • Complejidad de conexiones.

2) HMI

Las HMI, expuesto en la *figura 18*, según el sitio web *Wonderware* [16] sirve para hacer una relación amigable entre operario y máquina, es decir, traducir las variables complejas en información útil, aprovechable y comprensible por dicha persona. Mostrar la información operativa en tiempo real es dominio de la HMI.



Figura 18. HMI. [17]

En la *tabla 9* se observa las ventajas y desventajas de usar un control por HMI.

Tabla 9. Ventajas y desventajas del HMI.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Información en tiempo real. • Mayor comprensión entre humano-máquina. • Versatilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costoso. • Necesidad de programación. • Necesidad de PLC.

3) SCADA

Una de las opciones de control, es el sistema de control SCADA expuesto en la *figura 19*, que en su descripción significa:

“(Supervisión, Control y Adquisición de Datos), es un programa, que por medio de software para ordenadores, permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente” [18, p. 5].

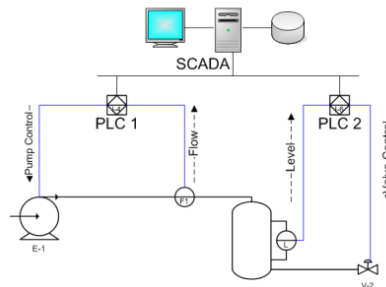


Figura 19. Sistema SCADA. [19]

En la *tabla 10* se puede observar las ventajas y desventajas de usar un sistema SCADA.

Tabla 10. Ventajas y desventajas del Sistema SCADA.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Información en tiempo real. • Control de todo el proceso. • Versatilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costoso. • Necesidad de programación de alto grado.

➤ Sistema Motriz

Este sistema es el encargado de generar movimiento rotacional y por medio de un sistema de transmisión girar los ejes de la máquina.

1) Motor monofásico

Un motor monofásico, según la Compañía Levantina de Reductores [20], “es una máquina rotativa alimentada eléctricamente, capaz de transformar la energía eléctrica en mecánica. Usados en lugares que no se cuenta con alimentación trifásica.” Posee dos tipos de cables: uno caliente y otro neutro. Comúnmente tienen una potencia de hasta 3 kw. Dispone únicamente de una tensión alterna. En la mayoría de casos se trata de motores de reducido tamaño, ideales para máquinas de baja potencia.

En la *tabla 11* se puede observar las ventajas y desventajas de usar un motor monofásico.

Tabla 11. Ventajas y desventajas del motor monofásico.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Menor costo que un motor trifásico. • Requieren poco mantenimiento. • Tamaño ideal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor rendimiento que un motor trifásico. • Menor potencia que un motor trifásico. • No tiene par de arranque, por lo que necesita un dispositivo adicional para hacer girar su rotor.

2) Servomotor

“Tiene como característica el sistema de realimentación (encoder), el cual le indica al *servo drive* (controlador del servomotor) la posición en la que se encuentra el eje del servomotor y le corrija la posición, en caso de que no fuese la correcta” [21, p. 23]. Es decir, puede enmendar (en tiempo real) los errores de posición, y obtener una muy alta precisión.

En la *tabla 12* se puede observar las ventajas y desventajas de usar un servomotor.

Tabla 12. Ventajas y desventajas del servomotor.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Alta precisión. • Capacidad para mantener un torque constante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita de un controlador para su funcionamiento. • Programación.

3) Motor trifásico

Es una máquina eléctrica rotativa, capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica, diseñado para muchas aplicaciones industriales. “La energía eléctrica trifásica origina campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator lo que provoca que el arranque de estos motores no necesite circuito auxiliar” [22].

En la *tabla 13* se puede observar las ventajas y desventajas de usar un motor trifásico.

Tabla 13. Ventajas y desventajas del motor trifásico.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Potencia constante. • Arranque automático. • Tiene un par de giro elevado y prácticamente constante. • Rendimiento muy elevado. • Se puede cambiar el sentido de rotación, invirtiendo dos líneas de entrada. • Permite realizar diferentes tipos de conexiones para su sistema de arranque. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor consumo de energía. • Requiere mayor espacio para montaje mecánico. • Muy robusto en comparación al monofásico. • Costo elevado.

➤ Sistema de transmisión

El presente sistema, será el encargado de generar movimiento tanto a los cilindros perchadores y al eje de la madejadora, siendo este el que influenciará directamente en la velocidad del hilo; la sincronización será la parte fundamental dentro del proceso.

1) Sistema de poleas

“Sistema que está formado por pares de ruedas o poleas situadas a cierta distancia, con ejes paralelos, que giran simultáneamente transmitiendo el movimiento desde el eje de entrada o motriz hasta el eje de salida o conducido mediante una correa” [23, p. 7].

Como se observa en la *figura 20*, este sistema tiene el fin de transmitir fuerzas y velocidades angulares entre árboles paralelos situados a una cierta distancia.

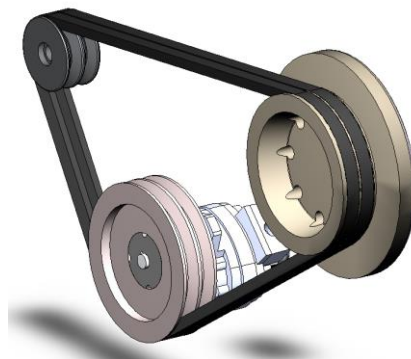


Figura 20. Sistema de polea con correas [23]

En la *tabla 14* se puede observar las ventajas y desventajas de usar una transmisión por poleas.

Tabla 14. Ventajas y desventajas del sistema de poleas.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Elevado rendimiento. • Bajo costo de fabricación. • Fácil mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitado para transmitir grandes potencias.

2) Engranajes

“Juegos de ruedas que disponen de unos elementos salientes denominados dientes, que encajan entre sí, de manera que unas ruedas (las motrices) arrastran a las otras (las conducidas o arrastradas)” [23, p. 8].

Como se puede observar en la *figura 21*, la transmisión de este movimiento es circular a circular. La condición para que las ruedas engranen, es decir, que puedan acoplarse y transmitir el movimiento correctamente, es que tengan los mismos parámetros o dimensiones en el diente. Una rueda dentada transmite el movimiento a la contigua que se mueve en sentido opuesto al original.



Figura 21. Transmisión de movimiento por engranajes [24]

En la *tabla 15* se puede observar las ventajas y desventajas de usar una transmisión por engranajes.

Tabla 15. Ventajas y desventajas de transmisión por engranajes.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Robustos. • No tiene posibilidad de deslizamiento. • Gran capacidad de transmisión por potencia. • Transmiten grandes potencias entre ejes próximos, paralelos, perpendiculares u oblicuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ruidosos en el proceso de transmisión. • Costosos. • Difícil fabricación. • Mantenimiento constante.
	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento costoso.

3) Sistema de cadenas

“Se efectúa entre árboles paralelos como se observa en la *figura 22*, engranzando los dientes de un piñón con los eslabones de una cadena. El acoplamiento entre cadena y dientes se efectúa sin deslizamiento y engranan uno a uno” [25, p. 9]



Figura 22. Transmisión de movimiento por cadenas [26]

En la *tabla 16* se puede observar las ventajas y desventajas de usar una transmisión por cadenas.

Tabla 16. Ventajas y desventajas de transmisión por cadenas.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • No existe peligro de deslizamiento. • Mantiene la relación de transmisión constante. • Mayor eficiencia mecánica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ruidoso. • Costoso. • Funcionamiento menos flexible. • Necesita lubricación constante.

➤ **Contacto hilo cilindro perchado (fase 1 y fase 2)**

El contacto de los hilos con los rodillos perchadores es la parte fundamental del proceso, para dar al hilo el aspecto felposo por medio del raspado de este.

Se basa en poner en contacto los hilos y las cerdas montadas en los rodillos perchadores, y al mismo tiempo determinar los sentidos de movimiento que deben tener uno en relación al otro como sus velocidades. De acuerdo a la dirección de las cerdas de la guarnición montada en los cilindros perchadores tienen la acción de pelo y contrapelo.

1) Cilindro que trabaja a pelo

El cilindro que trabaja a pelo se observa en la *figura 23* literal A, “giran en dirección contraria a la de los hilos, pero la dirección de las púas son las mismas del hilo. La acción de afelpado se realiza al girar más lento que la velocidad de paso del hilo” [27, p. 6].

Aspectos que hay que tomar en cuenta al trabajar a pelo:

- Si la velocidad tangencial de la púa es mayor que la velocidad del tejido, entonces se produce un perchado.
- Si la velocidad tangencial de la púa es menor que la velocidad del tejido, se produce fieltrado.
- Si la velocidad tangencial de la púa es igual que la velocidad del tejido, la púa simplemente acompaña el tejido.
- Si la velocidad tangencial de la púa da un resultado negativo, se produce fieltrado.

2) Cilindro que trabaja a contrapelo

El cilindro que trabajan a contrapelo se observa en la *figura 23* literal B, “gira en el mismo

sentido de los hilos, pero la dirección de las púas contraria a la del hilo y la acción de perchado lo realiza al girar más rápido que la velocidad de los hilos” [27, p. 7].

Aspectos que hay que tomar en cuenta al trabajar a contrapelo:

- Si la velocidad tangencial de las púas da un resultado negativo, se produce siempre perchado.
- Si la velocidad tangencial de la púa es mayor que la velocidad del tejido, hay fieltrado.
- Si la velocidad tangencial de la púa es menor que la velocidad del tejido, hay perchado.
- Si la velocidad tangencial de la púa se igual que la velocidad del tejido, no hay ni fieltrado ni perchado.

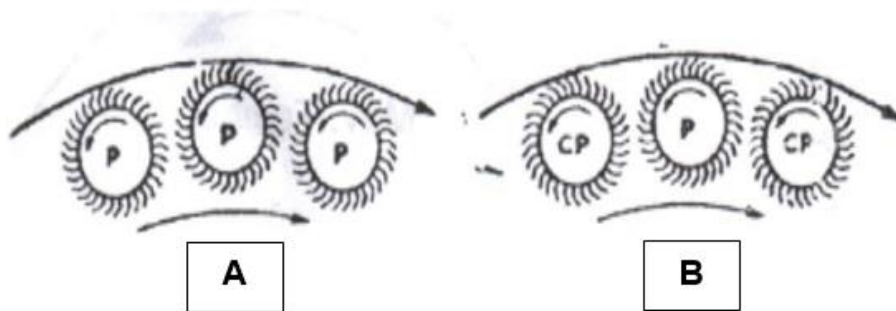


Figura 23. Dirección y sentido de giro de los cilindros. [27]

➤ Paso por las barras guías

Se pretende que los hilos pasen de manera ordenada, orientada y sobre todo con la tensión adecuada sobre los cilindros perchadores.

1) Rodillos estáticos

Se trata de un conjunto de rodillos alrededor de una estructura guía, encargados de regular alturas y tensión del hilo, como se observa en la *figura 24*.

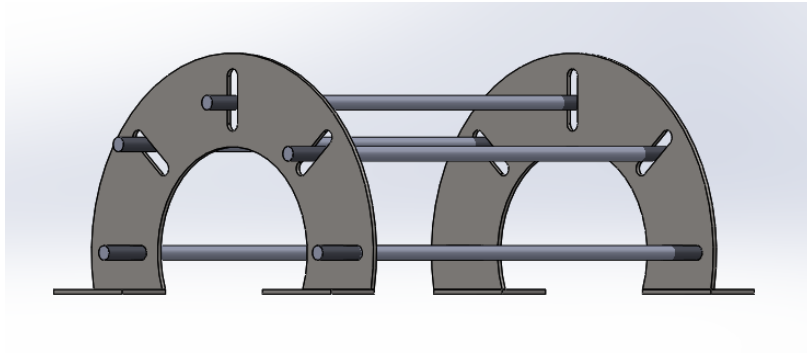


Figura 24. Rodillos estáticos regulables.

En la *tabla 17* se puede observar las ventajas y desventajas de usar rodillos estáticos.

Tabla 17. Ventajas y desventajas de los rodillos estáticos.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> Bajo costo. Fácil instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> Deslizamiento lateral del hilo, lo que ocasiona enredarse entre ellos. Mayor resistencia al rozamiento rodillo-hilo.

2) Rodillo móvil

El rodillo de la *figura 25*, irá colocado sobre 2 chumaceras, las cuales permiten el giro del mismo.

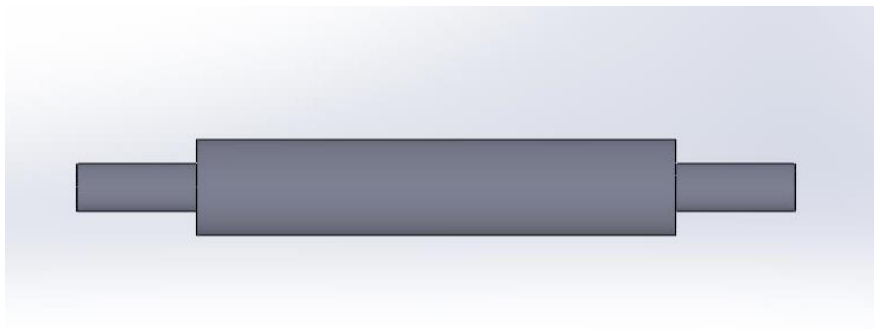


Figura 25. Rodillo móvil.

En la *tabla 18* se puede observar las ventajas y desventajas de usar rodillos móviles.

Tabla 18. Ventajas y desventajas de los rodillos móviles.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil instalación. • Menor resistencia al rozamiento rodillo-hilo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo. • Deslizamiento lateral del hilo.

3) Rodillo móvil con guías para cada hilo

La siguiente alternativa presenta el principio de funcionamiento de la segunda opción, es decir, instalar el rodillo con chumaceras que permitan el giro del mismo, adicionalmente a esto, se propone mecanizar el rodillo, creando guías para cada hilo, como en la *figura 26*.

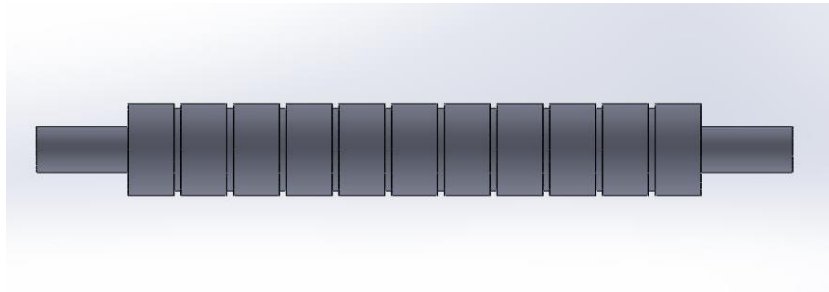


Figura 26. Rodillo móvil con guía para cada hilo.

En la *tabla 19* se puede observar las ventajas y desventajas de usar rodillos móviles con guías.

Tabla 19. Ventajas y desventajas de los rodillos móviles con guías.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil instalación. • No hay deslizamiento lateral del hilo. • Poca resistencia al rozamiento rodillo-hilo. • Mejora la continuidad operativa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo. • Tiempo de elaboración.

➤ Control de ruptura del hilo

1) Interruptor para cada hilo

Este control es realizado con interruptores para cada hilo. El mismo es montado en una varilla redonda metálica para que pueda girar libremente, de forma que, al pasar el hilo por él, queda

suspendido. Al existir la ruptura o ausencia del hilo este cae y hace contacto con otra varilla metálica cerrando de esta manera el circuito, enviando al control eléctrico la señal para que la máquina pare. El modelo del circuito que se toma como base es el de la *figura 27*.

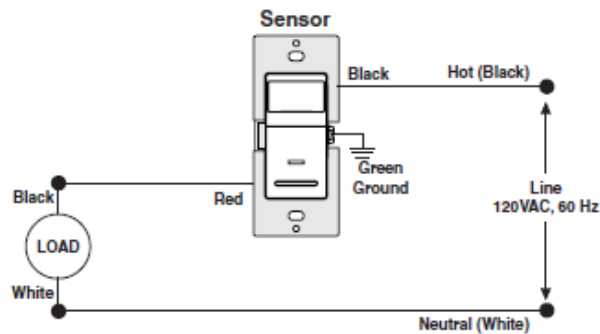


Figura 27. Circuito eléctrico de ruptura del hilo. [28]

En la *tabla 20* se puede observar las ventajas y desventajas de usar un interruptor.

Tabla 20. Ventajas y desventajas del interruptor.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil fabricación. • Bajo costo. • Confiable. • Eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de que se tope la barra inferior con otro metal, se cierra el contacto y la máquina asume como que existió una ruptura.

2) Sensores de tensión para cada hilo

Existe una gran variedad de sensores para la tensión de hilos, entre ellos destacan los ZAK y KAT. Estos sensores, al no detectar los rangos de tensión establecidos para cada hilo, emitirán una señal de paro para la máquina. El sensor KAT expuesto en la *figura 28*, de acero inoxidable trabaja con rangos bajos de tensión, de 25 a 630 N, que serían suficientes para la función a cumplir en la máquina perchadora. [29].



Figura 28. Sensor de tensión KAT. [29]

En la *tabla 21* se puede observar las ventajas y desventajas de usar un sensor de tensión.

Tabla 21. Ventajas y desventajas del sensor de tensión.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Alta precisión. • Eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de instalación. • Montaje complicado. • Necesita PLC.

3.2.2.3. Módulo 3

A continuación, se proponen diversas soluciones a cada función del módulo 3, para elegir la idónea dependiendo la que mejor se ajuste al requerimiento y presupuesto del cliente.

➤ **Madejadora**

Se optó por hacer el sistema de recolección en forma de madeja, debido a que la empresa entrega a sus clientes el hilo en este formato. Según Esparza [2] una madeja es un hilo recogido en vueltas iguales sobre un tambor con aspas, disponiendo al hilo en forma uniforme y ordenada para que posteriormente se pueda devanar fácilmente. En la *figura 29* se puede distinguir el tambor con aspas de una madejadora con los hilos formando las madejas.

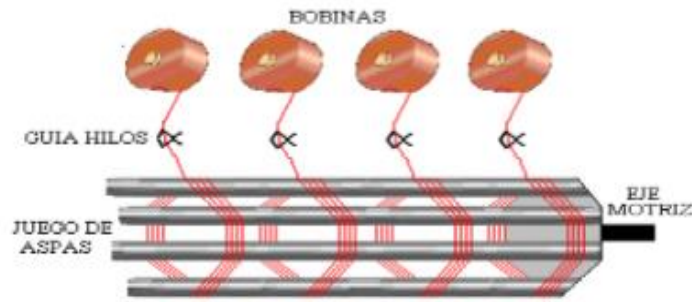


Figura 29. Partes de la madejadora [30]

1) Madejadora con un bocín central

La madejadora es sostenida por un bocín central, como se observa en la *figura 30*, tiene en los extremos los tambores de madejado libres para la extracción del hilo.



Figura 30. Madejadora de un bocín central [30]

En la *tabla 22* se puede observar las ventajas y desventajas de usar la madejadora con un bocín central.

Tabla 22. Ventajas y desventajas de la madejadora con un bocín central.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil recolección. • Eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor número de componentes. • Diseño más robusto. • Sistema de movimiento complejo.

2) Madejadora con dos bocines laterales

La madejadora tiene en sus extremos dos chumaceras que le permiten el giro de la misma, una

de ellas está anclada, mientras que la otra es libre en movimiento vertical, para alzar el tambor y permitir la extracción de las madejas como se observa en la *figura 31*.



Figura 31. Madejadora de 2 bocines laterales [31]

En la *tabla 23* se puede observar las ventajas y desventajas de usar un madejadora con dos bocines laterales.

Tabla 23. Ventajas y desventajas de la madejadora con dos bocines laterales.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil sistema de extracción. • Menor número de componentes. • Mecanismo simple. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de recolección poco eficiente. • Ayuda de un operario.

➤ **Palanca de eje de madejadora**

La palanca permitirá el movimiento del eje de la madejadora, para quedar libre y poder realizar la extracción de madejas.

1) Palanca manual

Se necesita la fuerza del operario para que al girar la palanca tal como la expuesta en la *figura 32*, esta transfiera el movimiento directamente a una corredera unida al eje de la madejadora.



Figura 32. Palanca mecánica, para mecanismo de recolección. [32]

En la *tabla 24* se puede observar las ventajas y desventajas de usar una palanca manual.

Tabla 24. Ventajas y desventajas de la palanca manual.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo. • Fácil de operar. • Mecanismo simple. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de operación. • Necesita un operario.

2) Palanca neumática

Movimiento automático por medio de una palanca neumática, como se muestra en la *figura 33*, que acciona el movimiento del mecanismo.



Figura 33. Palanca neumática bidireccional [33]

En la *tabla 25* se puede observar las ventajas y desventajas de usar una palanca neumática.

Tabla 25. Ventajas y desventajas de la palanca neumática.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Automático. • Menos tiempo de operación. • Mecanismo simple. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costoso. • Requiere aire comprimido.

➤ Mecanismo de extracción de madejas

Este es el último paso previo a obtener el producto requerido, se trata de un mecanismo que permita la extracción de la madeja.

1) Movimiento de ascenso y descenso de la barra del aspa con tornillo

Se necesita un aspa móvil, que contenga una pequeña barra movable, para ejercer tensión en la madeja al momento de trabajar, y al culminar el proceso, aflojarla, permitiendo así la extracción del hilo, expuesto en la *figura 34*.

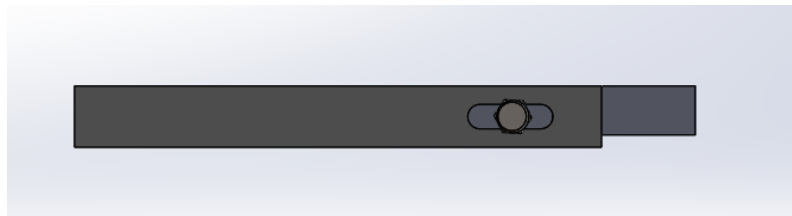


Figura 34. Aspa con tornillo.

En la *tabla 26* se puede observar las ventajas y desventajas de usar la barra del aspa con tornillo.

Tabla 26. Ventajas y desventajas de la barra del aspa con tornillo.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil manipulación. • Sistema mecánico sencillo. • Bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervención del operario.

2) Movimiento lateral de la barra del aspa

La base de las aspas tiene un tornillo de ajuste expuesto en la *figura 35*, el cual al liberar la presión se podrá desplazar lateralmente y así poder sacar las madejas.

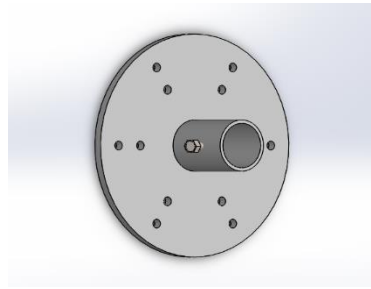


Figura 35. Base de aspas móvil.

En la *tabla 27* se puede observar las ventajas y desventajas de usar la base del aspa móvil.

Tabla 27. Ventajas y desventajas de la base de aspas móvil.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> Rápida extracción. 	<ul style="list-style-type: none"> Mecanismo complejo de sujeción, para mantener en posición fija a la barra del aspa. Más partes componentes, mayor costo. Difícil situarla siempre en la misma posición.

3.2.3. Alternativas de cada módulo

Para determinar diferentes alternativas de solución, se debe combinar cada opción de función con otra compatible, para realizar una correcta evaluación y proceder a elegir la mejor.

3.2.3.1. Módulo 1

FUNCIONES	COMPONENTES		
Colocar los conos	Fileta horizontal de portaconos	Fileta vertical de portaconos	Fileta inclinada de portaconos
Paso por el guía-hilos	Cáncamos	Platina con agujeros	Rodillo con guías

Diagram illustrating the selection of alternatives for Module 1. The table shows two functions (Colocar los conos and Paso por el guía-hilos) and three components (Fileta horizontal de portaconos, Fileta vertical de portaconos, Fileta inclinada de portaconos, Cáncamos, Platina con agujeros, Rodillo con guías). A red line indicates a combination of 'Colocar los conos' with 'Fileta horizontal de portaconos' and 'Fileta inclinada de portaconos'. A green line indicates a combination of 'Paso por el guía-hilos' with 'Cáncamos' and 'Platina con agujeros'.

Figura 36. Módulo 1, selección de alternativas.

Alternativa 1

Fileta horizontal de porta conos-rodillo con guías.

Alternativa 2

Fileta vertical de porta conos-platina con agujeros.

Alternativa 3

Fileta inclinada de porta conos-cáncamos.

3.2.3.2. Módulo 2

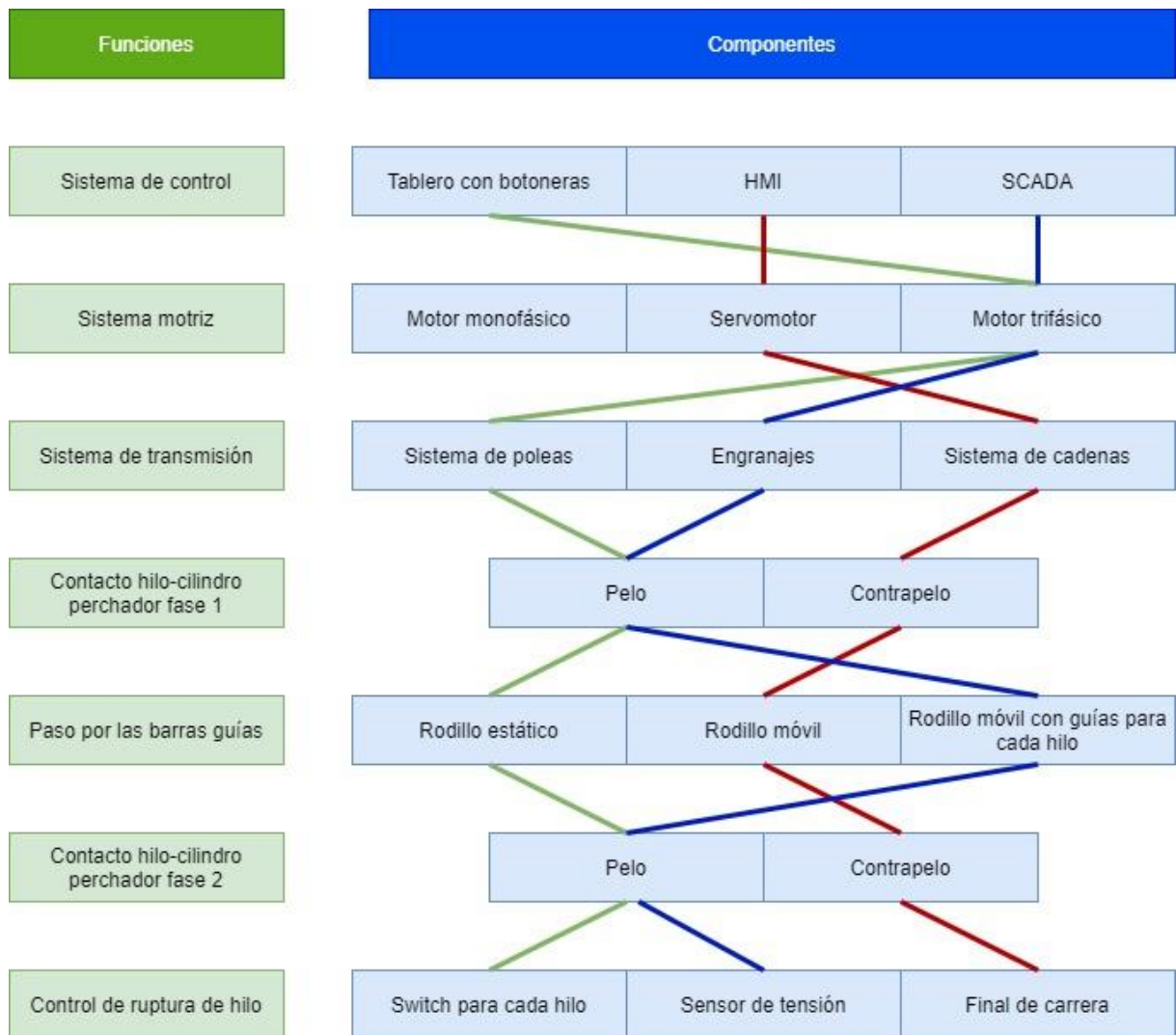


Figura 37. Módulo 2, selección de alternativas.

Alternativa 1

Tablero con botoneras, motor trifásico, sistema de poleas, pelo, rodillo móvil con guías para cada hilo, pelo, interruptor para cada hilo.

Alternativa 2

HMI, servomotor, sistema de cadenas, contrapelo, rodillo móvil, contrapelo, final de carrera.

Alternativa 3

SCADA, motor trifásico, engranajes, pelo, rodillo móvil con guías para cada hilo, pelo, sensor de tensión.

3.2.3.3. Módulo 3

Figura 38. Módulo 3, selección de alternativas.

Alternativa 1

Madejadora con un bocín central, palanca neumática, movimiento de ascenso y descenso de la barra del aspa con tornillo.

Alternativa 2

Madejadora con dos bocines laterales, palanca manual, movimiento de ascenso y descenso de la barra del aspa con tornillo.

Alternativa 3

Madejadora con dos bocines laterales, palanca neumática, movimiento lateral de la barra del aspa.

3.2.4. Método de los criterios ponderados

Este método de selección de alternativas se realiza con el fin de encontrar la mejor solución a cada función propuesta para la construcción de la máquina.

3.2.4.1. Módulo 1

Evaluación del peso específico para cada criterio.

Precio > Tensión del hilo > Unidades de repuesto en el mercado nacional

En la *tabla 28* se muestra la evaluación del peso específico de los criterios del módulo 1. módulo.

Tabla 28. Evaluación del peso específico para cada criterio, módulo 1.

Criterio	Repuestos en el mercado nacional	Tensión del hilo	Precio	$\Sigma+1$	Ponderado
Repuestos en el mercado nacional		0	0	1	0,167
Tensión del hilo	1			2	0,33
Precio	1	1		3	0,5
			SUMA	6	1

En las *tablas 29, 30 y 31* se ponderan las soluciones a los tres criterios del módulo 1.

Tabla 29. Repuestos en el mercado nacional, módulo 1.

Repuestos en el mercado nacional	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	0	2	0,33
Solución 2	0		0	1	0,167
Solución 3	1	1		3	0,5
			SUMA	6	1

Solución 3 > Solución 1 > Solución 2

Tabla 30. Tensión del hilo, módulo 1.

Tensión del hilo	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	0	2	0,33
Solución 2	0		0	1	0,167
Solución 3	1	1		3	0,5
			SUMA	6	1

Solución 3 > Solución 1 > Solución 2

Tabla 31. Precio, módulo 1.

Precio	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,167
Solución 2	0		1	2	0,333
Solución 3	1	1		3	0,5
			SUMA	6	1

Solución 3 = Solución 1 > Solución 2

En la tabla 32 se muestra las conclusiones del sistema de alimentación.

Tabla 32. Resultado del sistema de alimentación, módulo 1.

Conclusiones	Repuestos en el mercado nacional	Tensión del hilo	Precio	Σ	Prioridad
Solución 1	0,33x0,17	0,33 x 0,33	0,17 x 0,5	0,23	3
Solución 2	0,17 x 0,17	0,17 x 0,33	0,33x0,5	0,25	2
Solución 3	0,5 x 0,7	0,5 x 0,33	0,5 x 0,5	0,765	1

Solución 3 > Solución 2 > Solución 1

La alternativa ideal tomando en cuenta los criterios del cliente es la solución número 3, fileta inclinada de porta conos, paso de hilo por cáncamos. Vale aclarar que para este módulo únicamente se ensambló ya que la empresa contaba con esta estructura

La solución de diseño de la fileta de alimentación, se muestra en la *figura 39*:

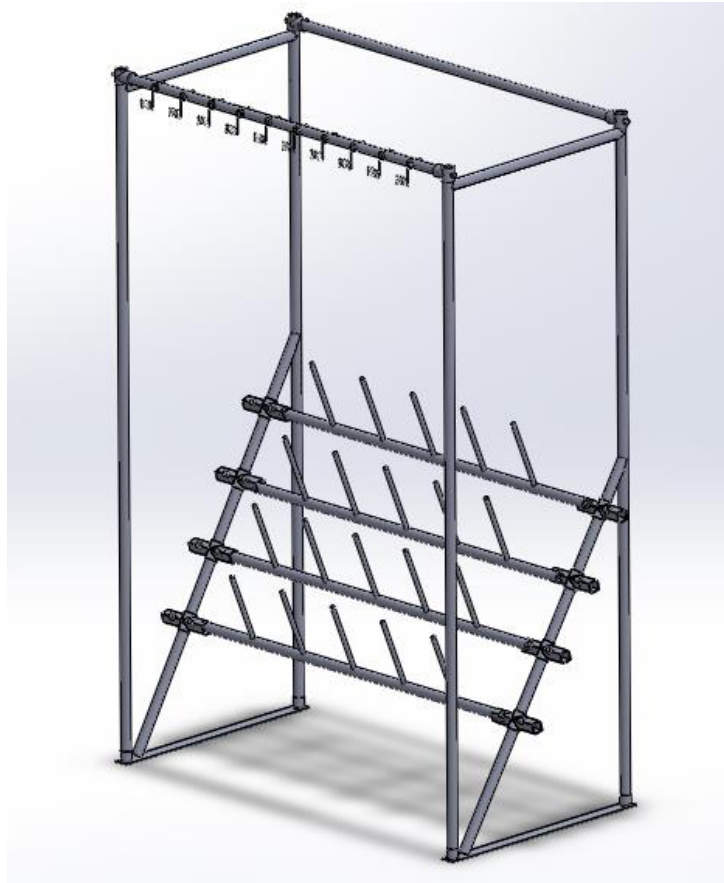


Figura 39. Diseño de la fileta de hilo.

3.2.4.2. Módulo 2

Evaluación del peso específico para cada criterio.

Precio > Porcentaje de producción > Nivel de automatización > Tipo de sensor > Tiempo de operación > Tiempo de producción > Velocidad de la máquina > Número de funciones en el tablero > Tensión del hilo > Voltaje > Unidades de repuestos en el mercado nacional > Suavidad > Nivel de decibeles.

En la tabla 33 se muestra la evaluación del peso específico de los criterios del módulo 2.

Criterio	Precio	Porcentaje de producción	Nivel de Automatización	Tiempo de operación	Tiempo de producción	Velocidad de la máquina	N. de funciones en el tablero	Voltaje	Repuestos en el mercado nacional	Suavidad	Nivel de decibeles	$\Sigma+1$	Pondera	
Precio		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	0,167	
Porcentaje de producción	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0,152	
Nivel de Automatización	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,136	
Tiempo de operación	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1	8	0,121	
Tiempo de producción	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	7	0,106	
Velocidad de la máquina	0	0	0	0	0		1	1	1	1	1	6	0,091	
N. de funciones en el tablero	0	0	0	0	0	0		1	1	1	1	5	0,076	
Voltaje	0	0	0	0	0	0	0		1	1	1	4	0,061	
Repuestos en el mercado nacional	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	3	0,045	
Suavidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	2	0,030	
Nivel de decibeles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	0,015	
												SUMA	66	1

Tabla 33. Peso específico para cada criterio, módulo 2.

En las *tablas 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44* se ponderan las soluciones a los tres criterios del módulo 2.

Tabla 34. Precio, módulo 2.

Precio	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		1	2	0,33
Solución 3	0	0		1	0,17
			SUMA	6	1

Solución 1 > Solución 2 > Solución 3

Tabla 35. Porcentaje de producción, módulo 2.

Porcentaje de producción	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0,5	0	1,5	0,25
Solución 2	0,5		0	1,5	0,25
Solución 3	1	1		3	0,5
			SUMA	6	1

Solución 3 > Solución 2 = Solución 1

Tabla 36. Nivel de automatización, módulo 2.

Nivel de automatización	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,17
Solución 2	1		0	2	0,33
Solución 3	1	1		3	0,5
			SUMA	6	1

Solución 3 > Solución 2 > Solución 1

Tabla 37. Tiempo de operación, módulo 2.

Tiempo de operación	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,17
Solución 2	1		0	2	0,33
Solución 3	1	1		3	0,5
			SUMA	6	1

Solución 3 > Solución 2 > Solución 1

Tabla 38. Tiempo de producción, módulo 2.

Tiempo de producción	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		0	1	0,17
Solución 3	0	1		2	0,33
			SUMA	6	1

Solución 1 > Solución 3 > Solución 2

Tabla 39. Velocidad de la máquina, módulo 2.

Velocidad de la máquina	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		0	1	0,17
Solución 3	0	1		2	0,33
			SUMA	6	1

Solución 1 > Solución 3 > Solución 2

Tabla 40. Número de funciones en el tablero, módulo 2.

Número de funciones en el tablero	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		1	2	0,33
Solución 3	0	0		1	0,17
			SUMA	6	1

Solución 1 > Solución 2 > Solución 3

Tabla 41. Voltaje, módulo 2.

Voltaje	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		0	1	0,17
Solución 3	0	1		2	0,33
			SUMA	6	1

Solución 1 > Solución 3 > Solución 2

Tabla 42. Suavidad, módulo 2.

Suavidad	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		0	1	0,17
Solución 3	0	1		2	0,33
			SUMA	6	1

Solución 1 > Solución 3 > Solución 2

Tabla 43. Repuestos en el mercado nacional, módulo 2.

Repuestos en el mercado nacional	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		1	2	0,33
Solución 3	0	0		1	0,17
			SUMA	6	1

Solución 1 > Solución 2 > Solución 3

Tabla 44. Nivel de decibeles, módulo 2.

Nivel de decibeles	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	1	3	0,5
Solución 2	0		1	2	0,33
Solución 3	0	0		1	0,17
			SUMA	6	1

Solución 1 > Solución 2 > Solución 3

En la *tabla 45* se muestra las conclusiones del sistema de perchado.

Conclusiones	Precio	Porcentaje de producción	Nivel de automatización	Tiempo de operación	Tiempo de producción	Velocidad de la máquina	Número de funciones en el tablero	Voltaje	Repuestos en el mercado nacional	Suavidad	Nivel de decibeles	Σ	Prioridad
Solución 1	0,5x0,17	0,25x0,15	0,17x0,14	0,17x0,12	0,5x0,11	0,5x0,09	0,5x0,07	0,5x0,06	0,5x0,04	0,5x0,03	0,5x0,01	0,38	1
Solución 2	0,33x0,17	0,25x0,15	0,33x0,14	0,33x0,12	0,17x0,11	0,17x0,09	0,33x0,07	0,33x0,06	0,33x0,04	0,33x0,03	0,33x0,01	0,29	3
Solución 3	0,25x0,17	0,5x0,15	0,5x0,14	0,5x0,12	0,33x0,11	0,33x0,09	0,17x0,07	0,17x0,06	0,17x0,04	0,17x0,03	0,17x0,01	0,37	2

Tabla 45. Tabla de conclusiones respecto a la fase de perchado

La solución ideal es la N° 1; consta de un tablero con botoneras, el cual accionará a un motor trifásico que permitirá la transmisión de movimiento por medio de poleas. En cuanto al hilo, pasará por los dos cilindros perchadores en modo “pelo” tensionados con rodillos estáticos montados en una estructura guía, terminando en un control de ruptura de hilo con interruptores individuales.

La solución de diseño para el módulo 2 correspondiente al perchado de hilo se puede observar en la *figura 40*.

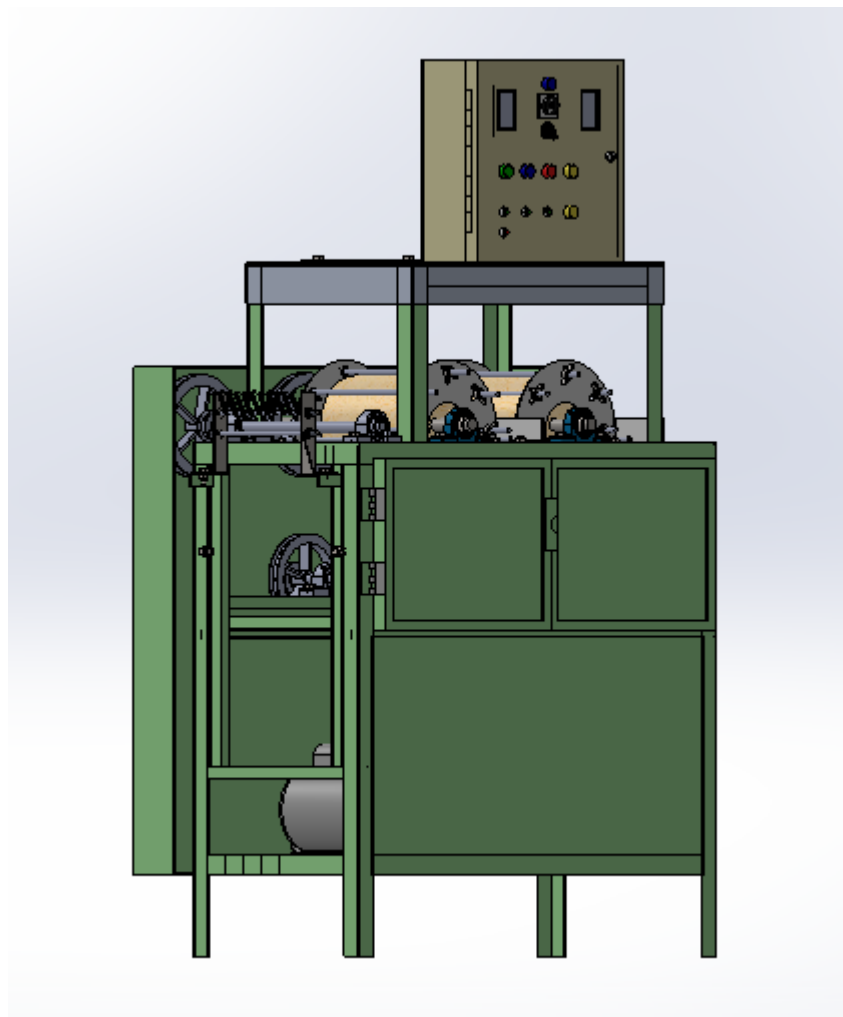


Figura 40. Diseño de la perchadora de hilo.

En la *figura 41*, se puede observar la solución del sistema de transmisión de movimiento de la máquina perchadora.

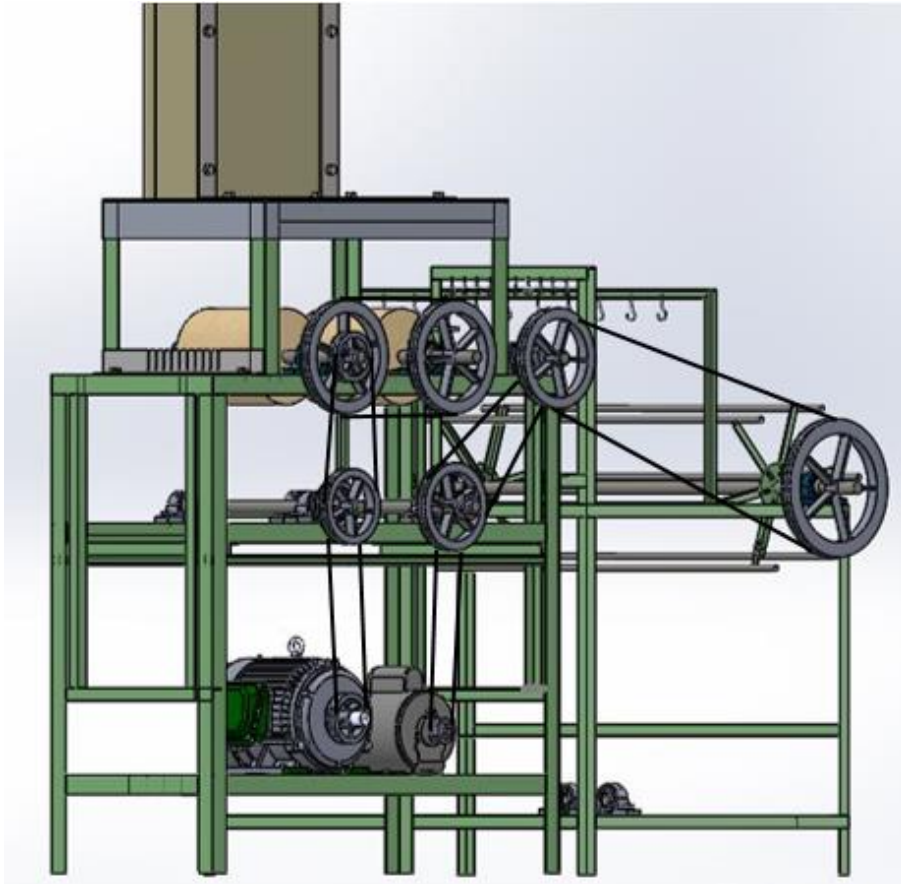


Figura 41. Solución del sistema de transmisión de movimiento.

3.2.4.3. Módulo 3

1. Evaluación del peso específico para cada criterio.

Precio > Porcentaje de producción > Nivel de automatización > Tiempo de extracción > Unidad de repuestos en el mercado nacional.

En la *tabla 46* se muestra la evaluación del peso específico de los criterios del módulo 3.

Tabla 46. Evaluación del peso específico para cada criterio, módulo 3.

Criterio	Precio	Porcentaje de producción	Nivel de automatización	Tiempo de extracción	Repuestos en el mercado nacional	Peso controlado en RPM	$\Sigma+1$	Pondera
Precio		1	1	1	1	1	6	0,286
Porcentaje de producción	0		1	1	1	1	5	0,238
Nivel de automatización	0	0		1	1	1	4	0,190
Tiempo de extracción	0	0	0		1	1	3	0,143
Repuestos en el mercado nacional	0	0	0	0		1	2	0,095
Peso controlado en RPM	0	0	0	0	0		1	0,048
							SUMA	21
								1

En las tablas 47, 48, 49, 50, 51 y 52 se ponderan las soluciones a los tres criterios del módulo 3.

Tabla 47. Precio, módulo 3.

Precio	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	1	2	0,33
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	0	0		1	0,17
			SUMA	6	1

Solución 2 > Solución 1 > Solución 3

Tabla 48. Porcentaje de producción, módulo 3.

Porcentaje de producción	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	1	2	0,33
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	0	0		1	0,17
			SUMA	6	1

Solución 2 > Solución 1 > Solución 3

Tabla 49. Nivel de automatización, módulo 3

Nivel de automatización	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		1	0,5	2,5	0,375
Solución 2	0		0	1	0,25
Solución 3	0,5	1		2,5	0,375
			SUMA	6	1

Solución 1 = Solución 3 > Solución 2

Tabla 50. Tiempo de operación, módulo 3.

Tiempo de extracción	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	1	2	0,33
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	0	0		1	0,17
			SUMA	6	1

Solución 2 > Solución 1 > Solución 3

Tabla 51. Repuestos en el mercado nacional, módulo 3.

Repuestos en el mercado nacional	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	1	2	0,33
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	0	0		1	0,17
			SUMA	6	1

Solución 2 > Solución 1 > Solución 3

Tabla 52. Peso controlado en RPM, módulo 3.

Peso controlado en RPM	Solución 1	Solución 2	Solución 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución 1		0	0	1	0,17
Solución 2	1		1	3	0,5
Solución 3	1	0		2	0,33
			SUMA	6	1

Solución 2 > Solución 3 > Solución 1

En la *tabla 53* se muestra las conclusiones del sistema de perchado.

Tabla 53. Tabla de conclusiones respecto a la fase de recolección.

Conclusiones	Precio	Porcentaje de producción	Nivel de automatización	Tiempo de extracción	Repuestos en el mercado nacional	Peso controlado en RPM	Σ	Prioridad
Solución 1	0,33x0,29	0,33x0,24	0,375x0,19	0,33x0,14	0,33x0,09	0,17x0,05	0,32	2
Solución 2	0,5x0,29	0,5x0,24	0,25x0,19	0,5x0,14	0,5x0,09	0,5x0,05	0,43	1
Solución 3	0,17x0,29	0,17x0,24	0,375x0,19	0,17x0,14	0,17x0,09	0,33x0,05	0,2	3

La solución ideal según los requerimientos del cliente es el número 2, conformada por una madejadora de 2 bocines laterales, accionada por una palanca manual, con un movimiento de ascenso y descenso de la barra del aspa con tornillo para la extracción de la madeja, como se observa en la *figura 42*.

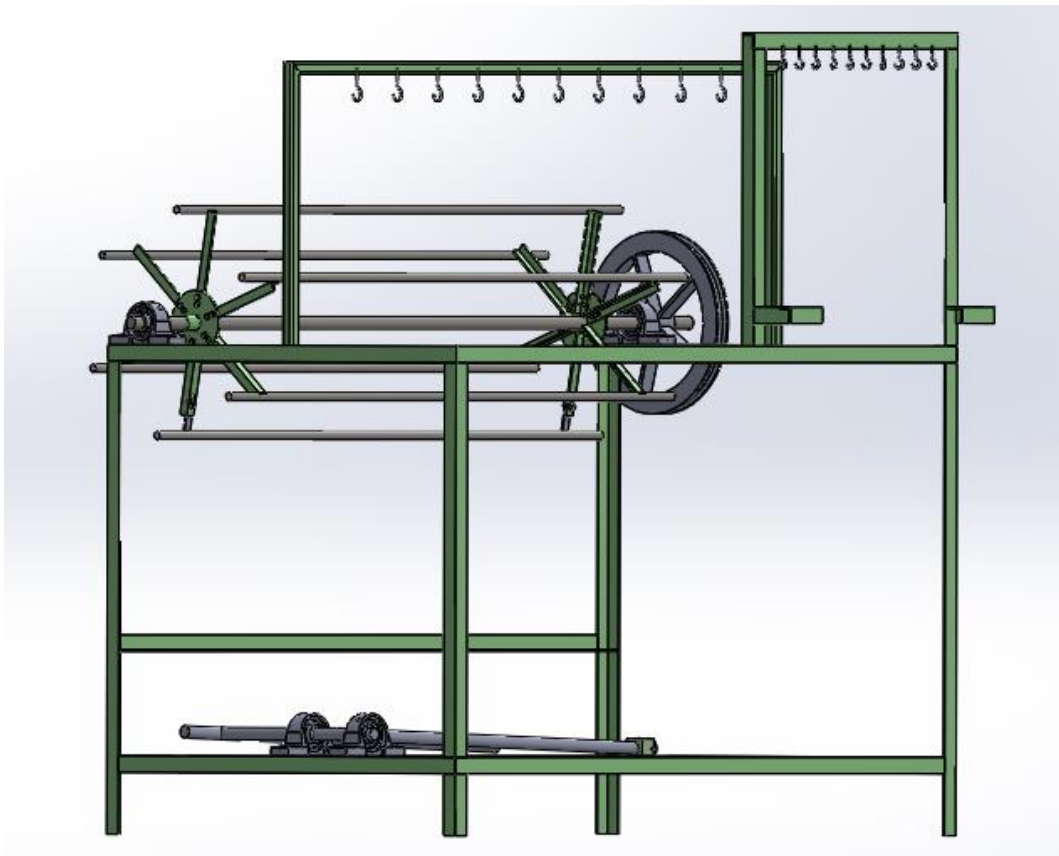


Figura 42. Diseño de la madejadora.

3.3. DISEÑO MECÁNICO DE LA PROPUESTA

3.3.1. CAD de la solución

En la *figura 43*, se observa la solución de CAD obtenida luego de la selección de alternativas, en la que se considera el DFMA (diseño para la manufactura y ensamble); para lo antes mencionado, se toma en cuenta varios componentes y materiales existentes dentro de la empresa, para economizar costos de construcción e implementación, principalmente componentes eléctricos. Se diseñó la mayoría de las piezas de la máquina con el propósito que sean reubicables, de acuerdo a la necesidad y calibración que el operario desee. Todos los componentes de la máquina pueden encontrarse con mucha facilidad en el mercado local, para que, en caso de existir alguna falla, sea rápida de remplazar evitando paros largos de producción.

La máquina perchadora se diseñó en tres etapas, como se observa en la *figura 43*. En la primera se diseñaron las estructuras principales de cada módulo (alimentación, perchado y madejado) y posteriormente las partes correspondientes. Finalmente, con todos los componentes de la máquina, se ensamblaron y se corrigieron errores, principalmente en las dimensiones para una distribución ideal.

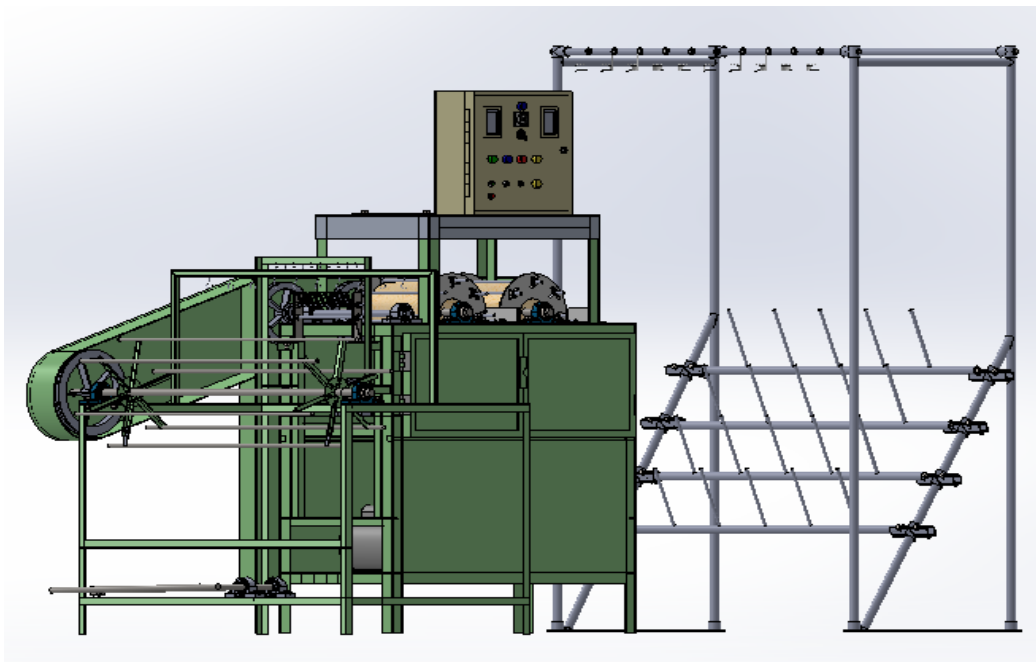


Figura 43. CAD de la solución.

3.3.2. Selección del motor

Una vez definido la forma de las piezas, se calcula en el software la inercia de los cuerpos involucrados en movimientos rotacionales dentro de la máquina, con lo cual, se encontró la potencia necesaria para mover los componentes y determinar las características ideales del motor.

3.3.2.1. Selección del motor de los rodillos perchadores

El motor número uno proporcionará el movimiento de los dos ejes de los cilindros perchadores de hilo.

Datos:

Inercia de ejes y tambores perchadores (I_{xc}):

$$I_{xc} = 2 \cdot I_{xc'}$$

$$I_{xc} = 2 \cdot 0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_{xc} = 0,02 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Velocidad angular (ω_c):

$$\omega_c = 1720 \text{ rpm}$$

$$\omega_c = 180,12 \text{ rad/s}$$

Tiempo de arranque de motor (t)

$$t = 1 \text{ s}$$

Cálculos:

Aceleración angular (α_c)

$$\alpha_c = \frac{(V_{fc} - V_{oc})}{t}$$

$$\alpha_c = 180,12 \text{ rad/s}^2$$

Torque de arranque (T_c)

$$T_c = I_{xc} \cdot \alpha c$$

$$T_c = 3,60 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Torque de trabajo (T_{tc})

$$T_{tc} = \frac{T_c}{1,6}$$

$$T_{tc} = 2,25 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Potencia de arranque (P_c)

$$P_c = T_c \cdot \alpha c$$

$$P_c = 648,43 \text{ W}$$

Se estima que el rendimiento del motor ronda el 70%, por lo cual, por seguridad se añade un 30% a la fuerza. [34]

$$P_c = 842,96 \text{ W}$$

$$P_c = 1,13 \text{ Hp}$$

Potencia de trabajo (P_{tc})

$$P_{tc} = T_{tc} \cdot \alpha c$$

$$P_{tc} = 405,27 \text{ W}$$

Asumiendo un porcentaje de 30%

$$P_{tc} = 526,85 \text{ W}$$

$$P_c = 0,71 \text{ Hp}$$

El motor para realizar el movimiento de rotación de los tambores perchadores, necesita un motor de 1 Hp.

3.3.2.2. Selección del motor de la madejadora

Para el cálculo del motor número 1, se tiene:

Datos:

Inercia de la madejadora (I_{xm}):

$$I_{xm} = 0,06 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Velocidad angular (ω_m):

$$\omega_m = 1720 \text{ rpm}$$

$$\omega_m = 180,12 \text{ rad/s}$$

Tiempo de arranque de motor (t)

$$t = 1 \text{ s}$$

Cálculos:

Aceleración angular (α_m)

$$\alpha_m = \frac{(V_{fm} - V_{om})}{t}$$

$$\alpha_m = 180,12 \text{ rad/s}^2$$

Torque de arranque (T_m)

$$T_m = I_x \cdot \alpha_m$$

$$T_m = 10,80 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Torque de trabajo (T_{tm})

$$T_{tm} = \frac{T}{1,6}$$

$$T_{tm} = 6,75 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Potencia de arranque (P_m)

$$P_m = T_m \cdot \alpha_m$$

$$P_m = 1945,29 \text{ W}$$

Se estima que el rendimiento del motor ronda el 70%, por lo cual, por seguridad se añade un 30% a la fuerza. [34]

$$P_m = 2528,87 \text{ W}$$

$$P_m = 3,39 \text{ Hp}$$

Potencia de trabajo

$$P_{tm} = T_{tm} \cdot \omega_m$$

$$P_{tm} = 1215,81 \text{ W}$$

Asumiendo un porcentaje de 30%

$$P_{tm} = 1580,55 \text{ W}$$

$$P_{tm} = 2,12 \text{ Hp}$$

El motor requerido es un motor de 3 Hp, que cumple tanto para la potencia de arranque como para la potencia de trabajo.

3.3.3. Análisis de los ejes

3.3.3.1. Análisis estático del eje del rodillo perchador

Este eje es el encargado de proporcionar el giro del rodillo perchador. En este análisis, se realiza el diagrama de cuerpo libre, en el que actúa el peso del rodillo, que este caso por ser hueco, su carga se concentra en sus extremos, como se observa en la *figura 44*.

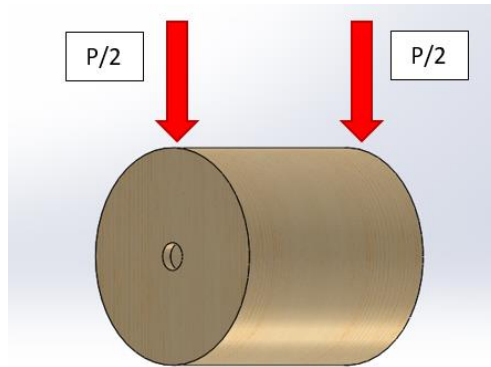


Figura 44. Peso distribuido en el rodillo perchador.

Además, dos chumaceras son las encargadas de permitir la rotación del eje, identificadas en el diagrama de cuerpo libre como reacciones, R_{Ay} , R_{Az} , R_{By} y R_{Bz} , las cuales se aprecian en la figura 45.

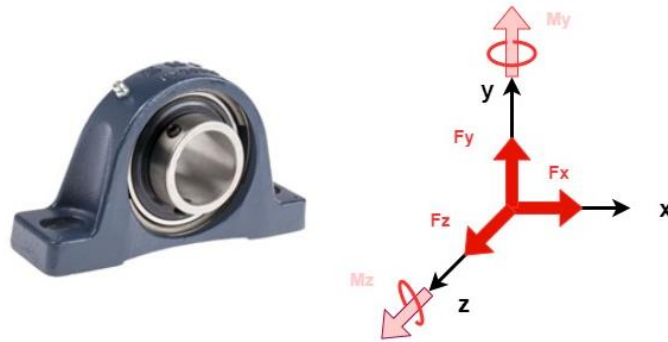


Figura 45. Reacciones generadas por la chumacera. [35]

Las tensiones T_y y T_z generadas por la banda de transmisión acoplada a la polea como se observa en la figura 46:

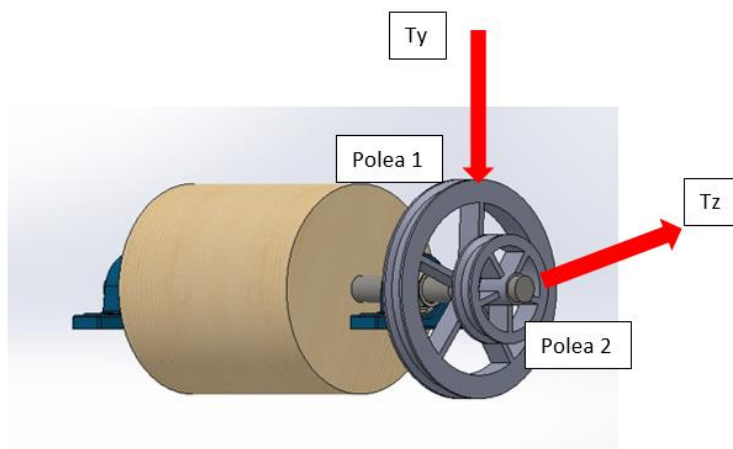


Figura 46. Tensiones generadas por la transmisión por poleas.

El cálculo de las tensiones se realizó de la siguiente manera:

Se calculó la transmisión de velocidades con la ecuación:

$$N_1 \cdot D_1 = N_2 \cdot D_2$$

Donde:

N_1 es el número de revoluciones que proporciona el motor 1720 rpm.

N_2 el número de revoluciones a encontrar.

D_1 el diámetro de la polea motora.

D_2 el diámetro de la polea conducida.

Llegando por transmisión de poleas expuesto en el *anexo A18* a obtener una velocidad de giro de 1935 rpm o 202,63 rad/s.

El torque existente en ese punto se calculó con la ecuación:

$$T = I_{xc'} \cdot \alpha$$

$$T = 0,01 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot 202,63 \text{ rad/s}^2$$

En la que se obtuvo un torque T de 2,02 N·m.

Con este valor, se procedió a calcular las fuerzas generadas considerando el valor del torque T y los radios de las poleas 0,10 m y 0,05 m.

$$F_y = \frac{T}{0,10 \text{ m}}$$

Obteniendo una fuerza F_y de 20,20 N.

$$F_z = \frac{T}{0,05 \text{ m}}$$

Obteniendo una fuerza F_z de 40,40 N.

Dicha fuerza va acompañada de la tensión generada por la banda de transmisión que según [34] el valor resultando se obtiene multiplicando por un factor de 1,5.

$$T_y = F_y \cdot 1,50$$

Obteniendo una tensión T_y de 30,30 N.

$$T_z = F_z \cdot 1,50$$

Obteniendo una tensión T_z de 60,60 N.

Finalmente, el momento torsor generado por el giro del eje representado por la letra T, compensado por un torque distribuido generado por los hilos que están siendo perchados T_1 y T_2 , como se observa en la *figura 47*.

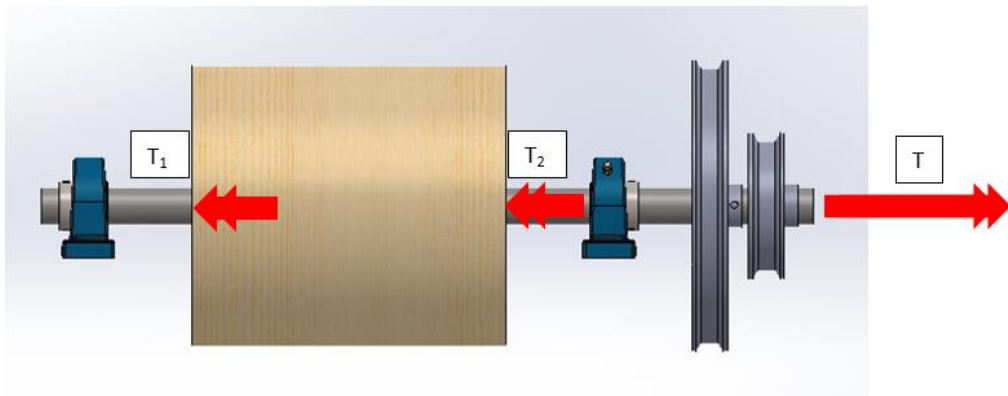


Figura 47. Momento torsor eje del rodillo perchador.

3.3.3.1.1. Diagrama de cuerpo libre 3d (eje de rodillo perchador)

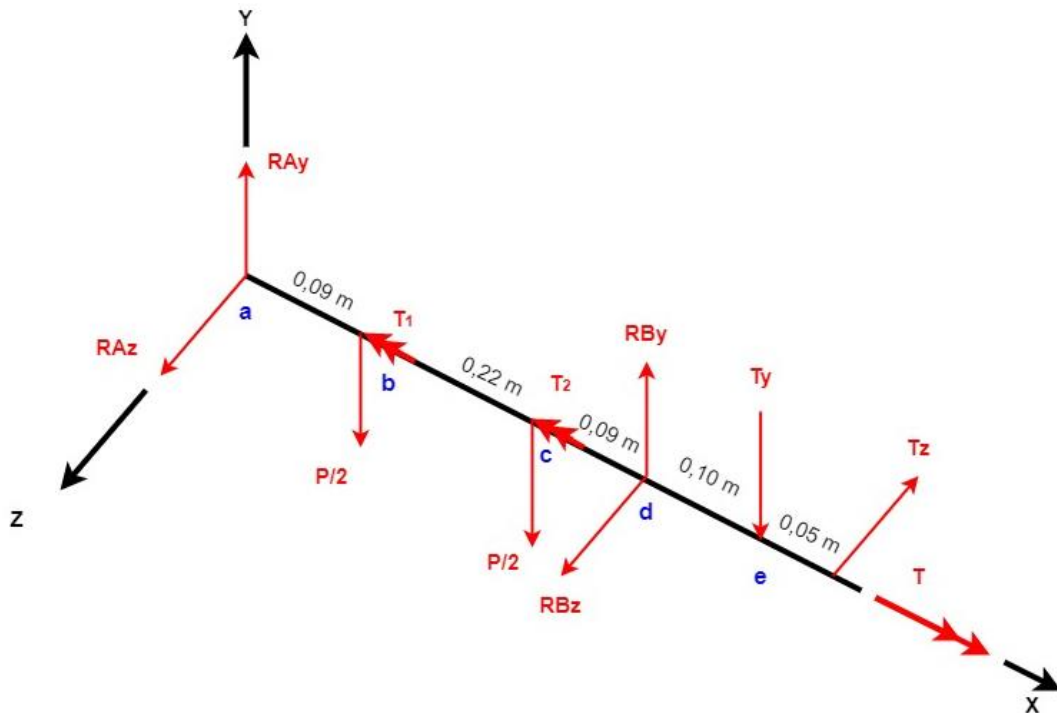


Figura 48. Diagrama de cuerpo libre, eje del rodillo perchador.

3.3.3.1.2. Diagrama de cuerpo libre eje del rodillo perchador plano XY

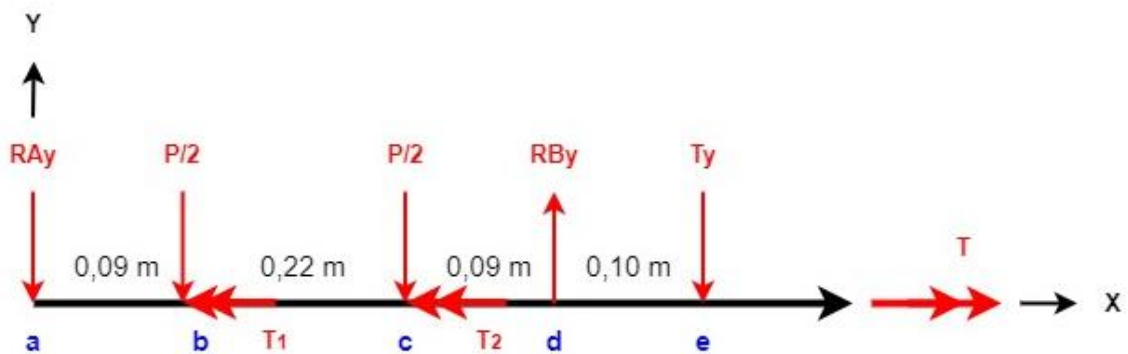


Figura 49. Diagrama de cuerpo libre cilindro perchador plano XY.

Igualación de momentos:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\left(\frac{P}{2}\right) \cdot (0,09 \text{ m}) + \left(\frac{P}{2}\right) \cdot (0,31 \text{ m}) - RBy \cdot (0,40 \text{ m}) + Ty \cdot (0,50 \text{ m}) = 0$$

Donde Ty es 30,30 N y P es 11,76 N.

$$RBy = 43,75 \text{ N}$$

Igualación de fuerzas:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-RAy - \frac{P}{2} - \frac{P}{2} + RBy - Ty = 0$$

$$RAy = 1,69 \text{ N}$$

3.3.3.1.3. Diagrama de cargas, eje del cilindro perchador, plano XY

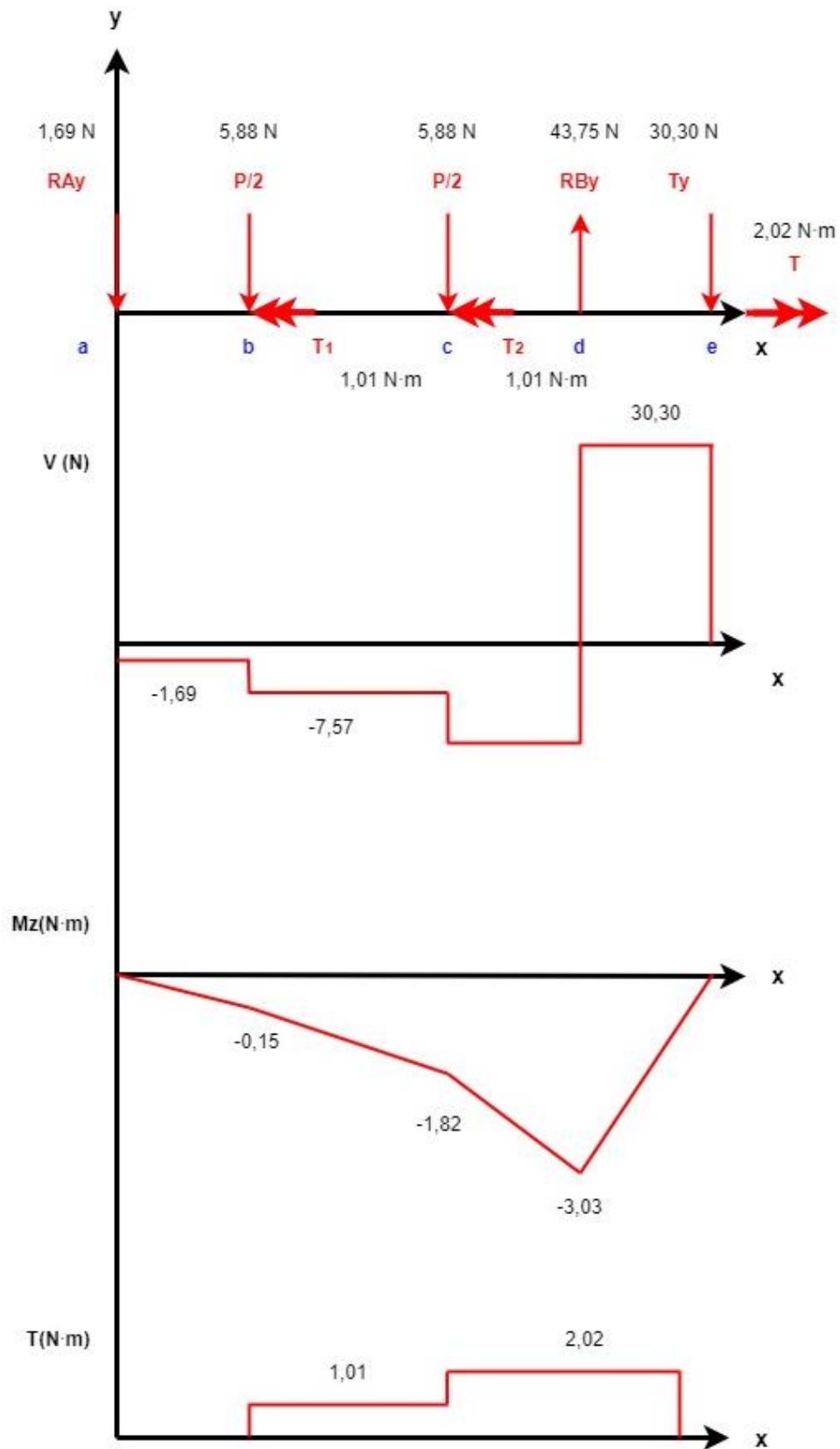


Figura 50. Diagrama de cargas, eje rodillo perchador, plano XY.

3.3.3.1.4. Diagrama de cuerpo libre eje del rodillo perchador plano XZ

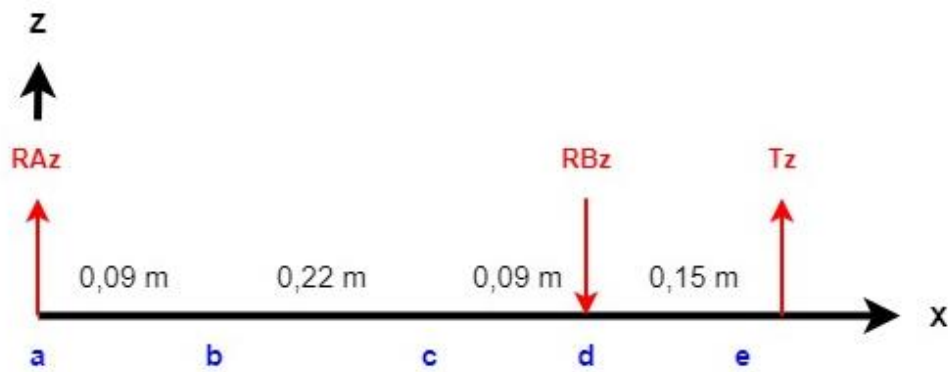


Figura 51. Diagrama de cuerpo libre del rodillo perchador plano XZ.

Igualación de momentos:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$RBz \cdot (0,40 \text{ m}) - Tz \cdot (0,55 \text{ m}) = 0$$

Donde Tz es 60,60 N.

$$RBz = 83,32 \text{ N}$$

Igualación de fuerzas:

$$\Sigma F_z = 0$$

$$RAz - RBz + Tz = 0$$

$$RAz = 83,32 \text{ N}$$

3.3.3.1.5. Diagrama de cargas, eje del rodillo perchador, plano XZ

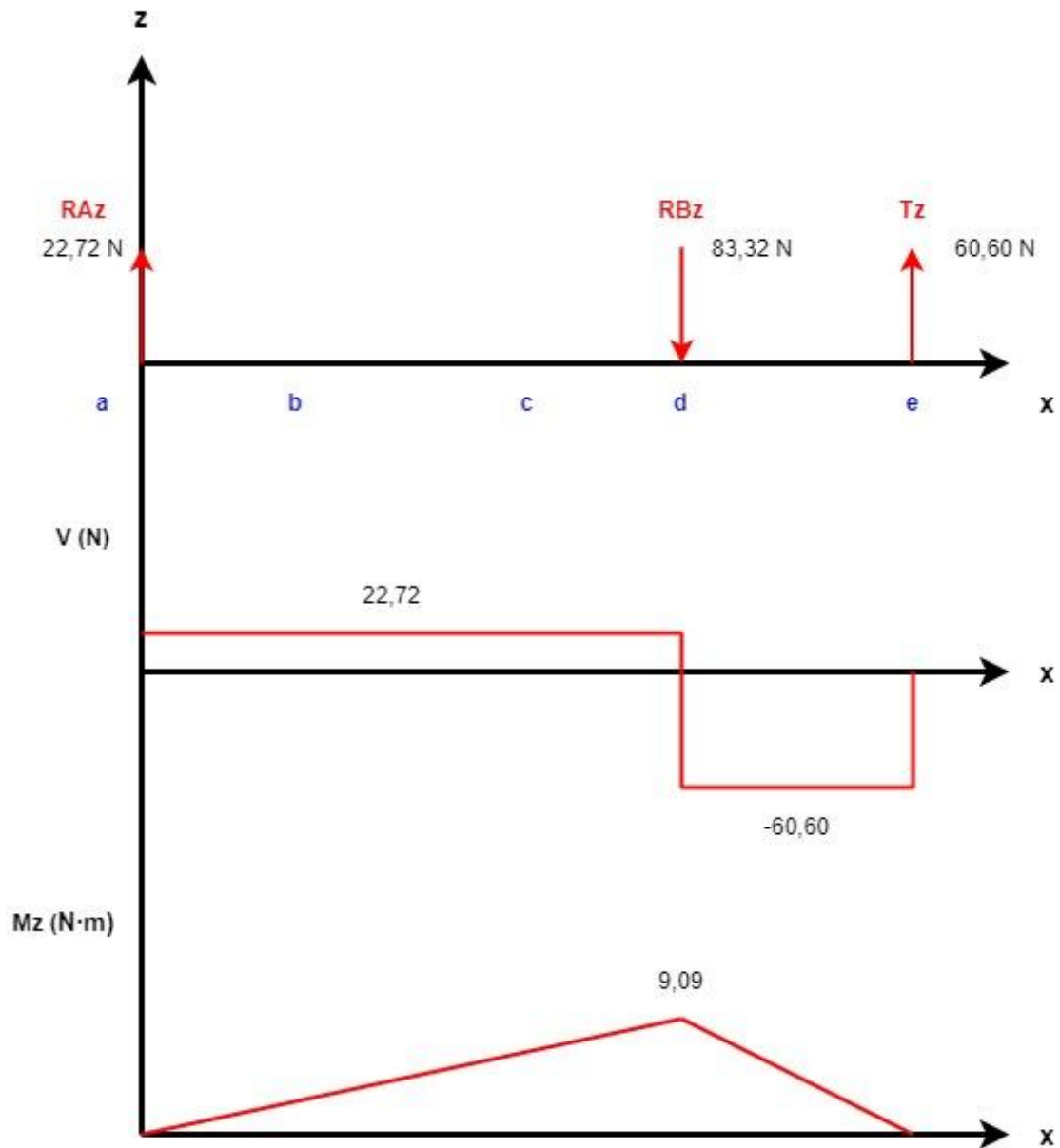


Figura 52. Diagrama de cargas, eje rodillo perchador, plano XZ.

Sección crítica "D":

$$V_{max} = -60,60 \text{ N}$$

$$T_{max} = 2,02 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{max} = 9,09 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3.3.3.1.6. Análisis estático, teoría de esfuerzos combinados de von Mises

Usando la ecuación de la teoría de esfuerzos combinados de von Mises, considerando que el material a usar es el Acero AISI 1018 del catálogo de DIPAC con un S_y de 350 MPa, S_{ut} de 440 MPa y usando un eje de $19,05 \times 10^{-3} \text{ m}$ se tiene:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma x^2 + 3\tau xy^2}$$

Se encuentra el M_R (momento resultante) por tener dos valores significativos tanto en el plano xy como en el plano xz:

$$M_R = \sqrt{(M_{xy})^2 + (M_{xz})^2}$$

$$M_R = \sqrt{(-3,03 \text{ N} \cdot \text{m})^2 + (9,09 \text{ N} \cdot \text{m})^2}$$

$$M_R = 9,58 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Se calcula tanto el esfuerzo resultante por el momento flector como el momento torsor.

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_x = \frac{9,85 \text{ N} \cdot \text{m}}{\frac{\pi \cdot (19,05 \times 10^{-3} \text{ m})^3}{32}}$$

$$\sigma_x = 14,11 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{Tc}{J}$$

$$\tau_{xy} = \frac{2,02 \text{ N} \cdot \text{m}}{\frac{\pi \cdot (19,05 \times 10^{-3} \text{ m})^3}{16}}$$

$$\tau_{xy} = 1,49 \text{ MPa}$$

Remplazando los valores en la ecuación de von Mises para determinar el factor de seguridad estático:

$$\frac{S_y}{N} = \sqrt{(14,11 \text{ MPa})^2 + 3(1,49 \text{ MPa})^2}$$

$$N = 24,40$$

Siendo este un factor de seguridad estático confiable.

3.3.3.2. Análisis de fatiga del eje del rodillo perchador

3.3.3.2.1. Método esfuerzo vida

Para desarrollar este método se usa los llamados factores de Marín, quien identificó factores que cuantifican los efectos de la condición superficial, el tamaño, la carga, la temperatura y varios otros puntos. “Los factores de Marín se usan cuando no se tiene donde realizar ensayos de fatiga, y es necesario recurrir a varios factores para determinar la resistencia de la pieza frente a dicho ensayo.” [35].

$$S_n = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S_e'$$

$$S_e' = 0,5 \cdot S_{ut}$$

$$S_e' = 0,5 \cdot 440 \text{ MPa}$$

$$S_e' = 220 \text{ MPa}$$

- Factor de superficie

$$K_a = a \cdot S_{ut}^b$$

Laminado en frío, factores:

$$a = 4,51$$

$$b = 0,26$$

$$K_a = 4,51 \cdot 440^{-0,26}$$

$$K_a = 0,93$$

- Factor de tamaño

K_b entra al grupo de $2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm}$

$$K_b = 1,24 \cdot d^{-0,10}$$

$$K_b = 0,94$$

- Factor de carga

$$K_c = 1$$

- Factor de temperatura

$$Kd = 1$$

- Factor de confiabilidad (99,99%)

$$Ke = 0,70$$

- Otros factores

$$Kf = 1$$

$$Sn = 0,93 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,70 \cdot 1 \cdot 220$$

$$Sn = 134,63 \text{ MPa}$$

3.3.3.2.2. Concentradores de esfuerzo

Se procede a calcular los esfuerzos generados por el momento flector y el momento torsor teniendo en cuenta que se tiene una perforación de 3×10^{-3} m para ajustar mediante un tornillo prisionero a la polea y evitar el deslizamiento.

En primera instancia se calcula la relación entre el diámetro de la perforación y el diámetro del eje:

$$\frac{d}{D} = \frac{3 \times 10^{-3} \text{ m}}{19,05 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$\frac{d}{D} = 0,16$$

Para el momento flector, entra en el caso de eje redondo en flexión con un agujero transversal, se ubica el valor obtenido por la relación en la tabla del *anexo 19A* para encontrar el factor teórico o geométrico de la concentración de esfuerzos K_t . [37]

$$K_t = 2,05$$

Para el momento torsor, entra en el caso de eje redondo en torsión con un agujero transversal, ya con la relación previamente calculada entre diámetros se ubica el valor de la constante K_{ts} en la tabla del *anexo 20A*

$$K_{ts} = 2,75$$

Donde σ_0 es el esfuerzo flector nominal, ecuación dada por el *anexo 19A*.

$$\sigma_0 = \frac{M_R}{\left[\left(\frac{\pi \cdot D^3}{32} \right) - \left(\frac{d \cdot D^2}{6} \right) \right]}$$

$$\sigma_0 = \frac{9,58 \text{ N} \cdot \text{m}}{\left[\left(\frac{\pi \cdot (19,05 \times 10^{-3} \text{ m})^3}{32} \right) - \left(\frac{3 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot (19,05 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{6} \right) \right]}$$

$$\sigma_0 = 19,27 \text{ MPa}$$

Donde τ_0 es el esfuerzo torsor nominal, ecuación dada por el *anexo 20A*.

$$\tau_0 = \frac{\tau}{\left[\left(\frac{\pi \cdot D^3}{16} \right) - \left(\frac{d \cdot D^2}{6} \right) \right]}$$

$$\tau_0 = \frac{2,02 \text{ N} \cdot \text{m}}{\left[\left(\frac{\pi \cdot (19,05 \times 10^{-3} \text{ m})^3}{16} \right) - \left(\frac{3 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot (19,05 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{6} \right) \right]}$$

$$\tau_0 = 1,72 \text{ MPa}$$

La ecuación del factor de concentración de esfuerzos a fatiga en flexión (K_f) es:

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

El factor q de sensibilidad a la muesca, viene determinado por la gráfica que se la puede apreciar en el *anexo 21A*, relaciona el radio de la muesca en mm o pulg y el Sut en Kpsi.

$$q = 0,7$$

Remplazando los valores en la ecuación de concentración de esfuerzos a fatiga en flexión se tiene:

$$K_f = 1 + 0,7 \cdot (2,05 - 1)$$

$$K_f = 1,73$$

La ecuación del factor de concentración de esfuerzos a fatiga en torsión (K_{fS}) es:

$$K_{fS} = 1 + q_{cortante}(K_{ts} - 1)$$

El factor q de sensibilidad a la muesca, viene determinado por la gráfica que se la puede apreciar en el *anexo 22A*, la cual relaciona el radio de la muesca en mm o pulg y la dureza Brinell.

$$q = 0,9$$

Remplazando los valores en la ecuación de concentración de esfuerzos a fatiga se tiene:

$$K_{fS} = 1 + 0,9 \cdot (2,75 - 1)$$

$$K_{fS} = 2,58$$

Para determinar el esfuerzo máximo se tiene las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = K_f \cdot \sigma_0$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 1,73 \cdot 19,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 33,34 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = K_{fs} \cdot \tau_0$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 2,58 \cdot 1,72 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 4,44 \text{ MPa}$$

Usando la ecuación de Soderberg, sabiendo que σ_m y τ_m son igual a 0, se tiene:

$$\frac{1}{Nf} = \frac{\sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}}{S_y} + \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}}{S_n}$$

$$\frac{1}{Nf} = \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}}{S_n}$$

Se reemplaza los valores de esfuerzos máximos calculados con los factores de concentración de esfuerzos a fatiga:

$$\frac{1}{Nf} = \frac{\sqrt{(33,34 \text{ MPa})^2 + 3(4,44 \text{ MPa})^2}}{134,63 \text{ MPa}}$$

$$Nf = 3,93$$

El factor de seguridad a fatiga del eje de la madejadora es 3,93 demostrando de esta manera que el diámetro seleccionado es óptimo para trabajar.

3.3.3.3. Simulación del eje del rodillo perchador

Para validar los cálculos, se procedió a realizar la simulación con la ayuda de “SolidWorks”. Se utilizó una malla tetraédrica adaptativa donde el nodo más grande es de tamaño $4,65 \times 10^{-3}$ m y el más pequeños de $9,3 \times 10^{-4}$ m, teniendo un total de 31932 nodos.

En la *figura 53* se puede observar la convergencia, que relaciona el esfuerzo y el número de nodos.

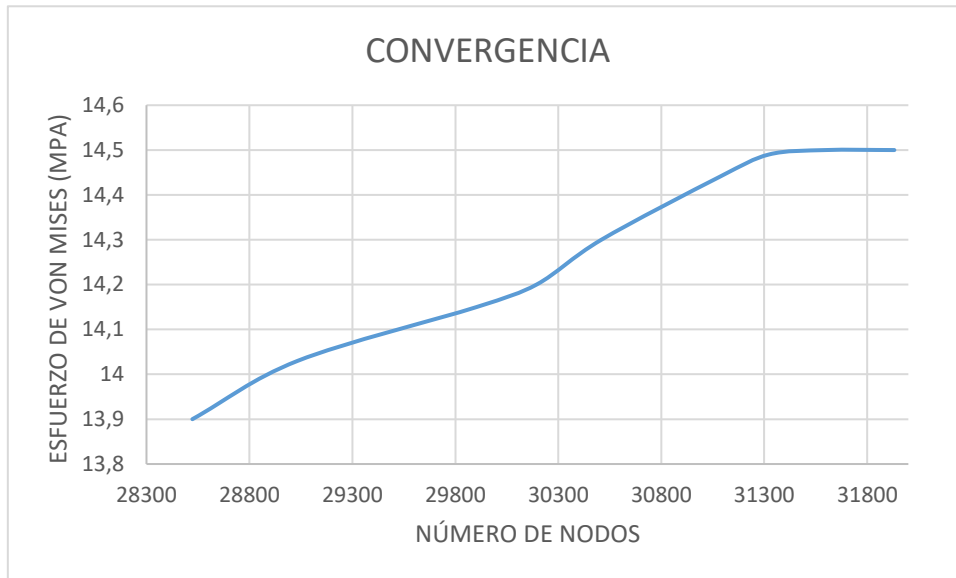


Figura 53: Convergencia de simulaciones del eje.

Se obtuvo un factor de seguridad estático de 24,2 como se observa en la figura 54, validando de esta manera a los cálculos realizados previamente ya que se obtiene un error del 1%

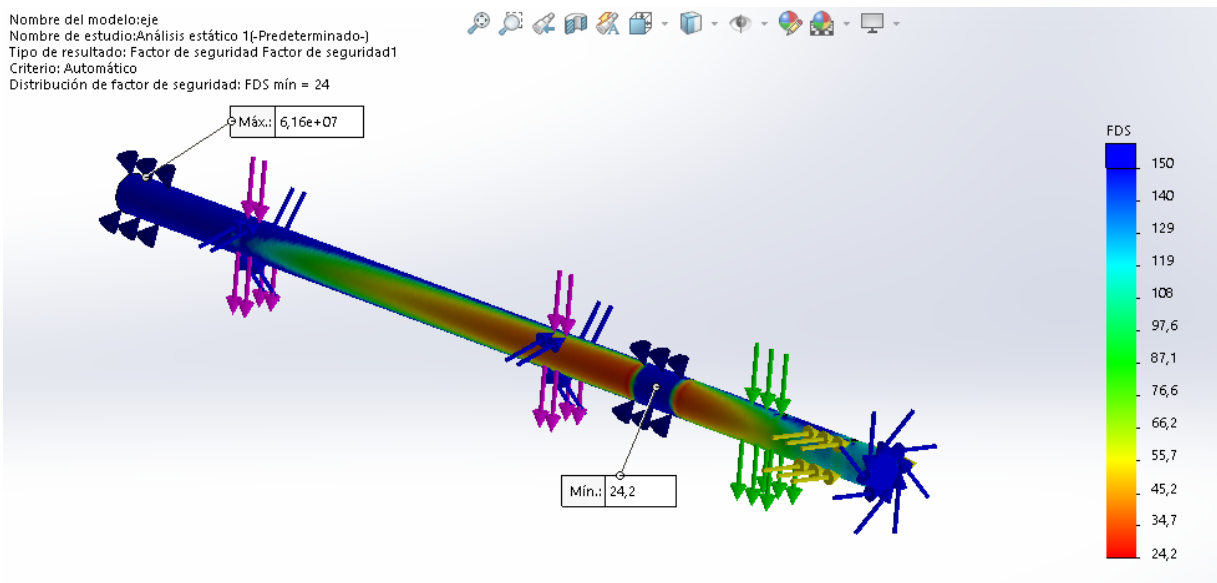


Figura 54. Simulación del eje del cilindro perchador.

3.3.3.4. Análisis estático eje de la madejadora

Este eje permite el giro de la madejadora para la recolección del hilo. Para su análisis, se realiza el diagrama de cuerpo libre, en el que actúa el peso del tambor madejador, chumaceras y la tensión

generada por la banda de la polea.

El tambor madejador concentra el peso en sus extremos, ya que cuenta con dos anillos de soporte, encargados de la distribución en forma hexagonal de los tubos guías como se puede observar en la *figura 55*.

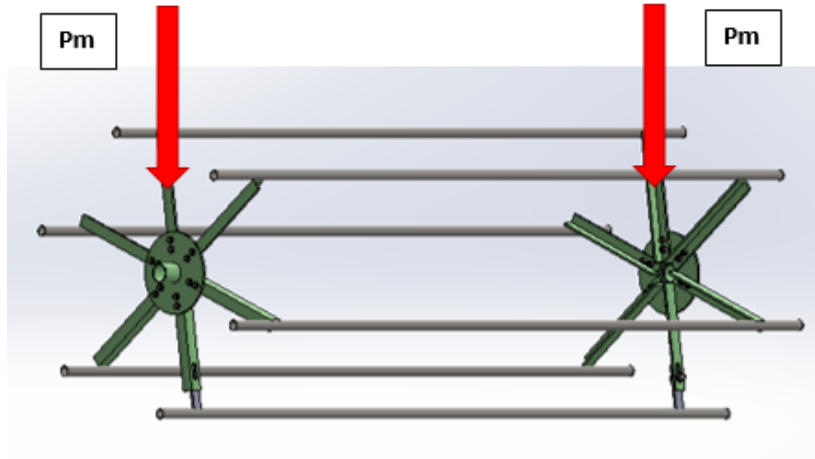


Figura 55. Distribución del peso del tambor madejador.

Además, dos chumaceras son las encargadas de permitir la rotación del eje, identificadas en el diagrama de cuerpo libre como reacciones, R_{Am_y} , R_{Am_z} , R_{Bm_y} y R_{Bm_z} . Estas chumaceras son las mismas que se usaron para el eje de los rodillos perchadores identificadas en la *figura 45*.

La tensión T_m generadas por la banda transmisión acoplada a la polea, como se observa en la *figura 56*.

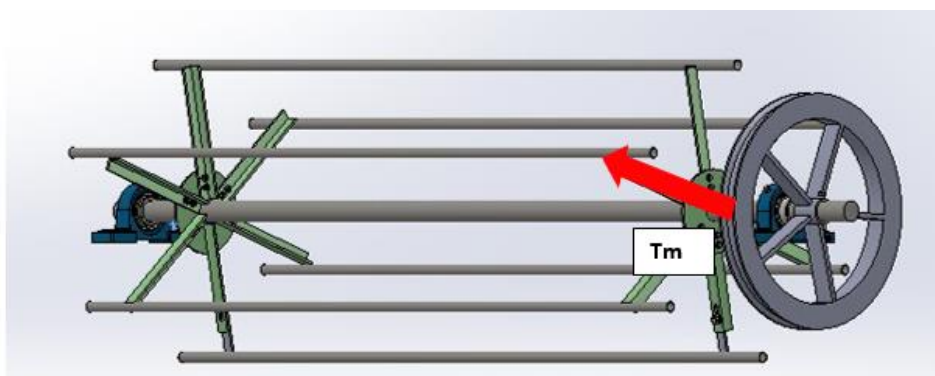


Figura 56. Tensión generada en la polea de la madejadora.

El cálculo de las tensiones se realizó de la siguiente manera:

Se calculó la transmisión de velocidades con la ecuación:

$$N_1 \cdot D_1 = N_2 \cdot D_2$$

En la cual la velocidad de giro inicial es el 1720 rpm, llegando por transmisión de poleas expuesto en el *anexo A18* a obtener una velocidad de giro de 43,63 rpm o 4,57 rad/s.

El torque existente en ese punto se calculó con la ecuación:

$$T = Ixm \cdot \alpha$$

$$T = 0,06 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot 4,57 \text{ rad/s}^2$$

En la que se obtuvo un torque T de 0,28 N·m.

Con este valor, se procedió a calcular la fuerza generada considerando el valor del torque T y el radio de la polea de 0,14 m.

$$Fm = \frac{T}{0,14 \text{ m}}$$

Obteniendo una fuerza de 1,93 N.

Dicha fuerza va acompañada de la tensión generada por la banda de transmisión que según [34] el valor resultando se obtiene multiplicando por un factor de 1,5.

$$Tm = Fm \cdot 1,50$$

Obteniendo el resultado de tensión Tm de 2,90 N.

Dicha tensión por estar a un ángulo de 45° respecto al plano de referencia, originará tensiones en el eje z y y.

Por lo tanto:

$$Tmy = Tm \cdot \sin 45^\circ$$

$$Tmy = 2,05 \text{ N}$$

$$Tmz = Tm \cdot \cos 45^\circ$$

$$T_{mz} = 2,05 \text{ N}$$

Finalmente, el momento torsor generado por el giro del eje representado por la letra T, compensado por un torque distribuido generado por los hilos madejados T_1 y T_2 , como se observa en la *figura 57*.



Figura 57. Momento torsor generado por el eje de la madejadora.

3.3.3.4.1. Diagrama de cuerpo libre 3d (eje de la madejadora)

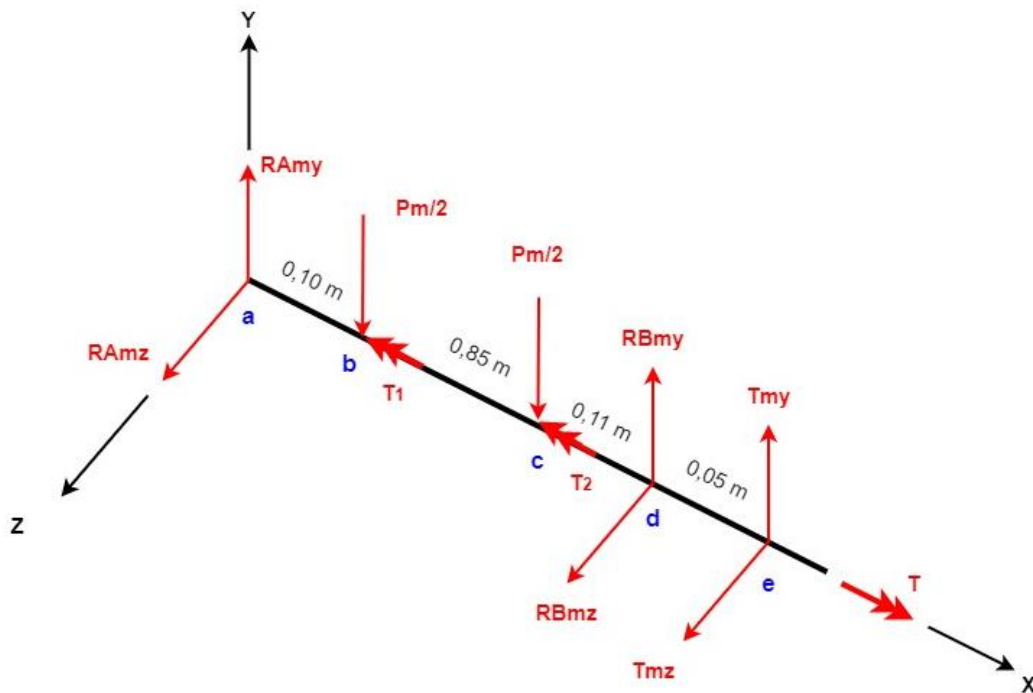


Figura 58. Diagrama de cuerpo libre de la madejadora.

3.3.3.4.2. Diagrama de cuerpo libre, eje de la madejadora plano XY

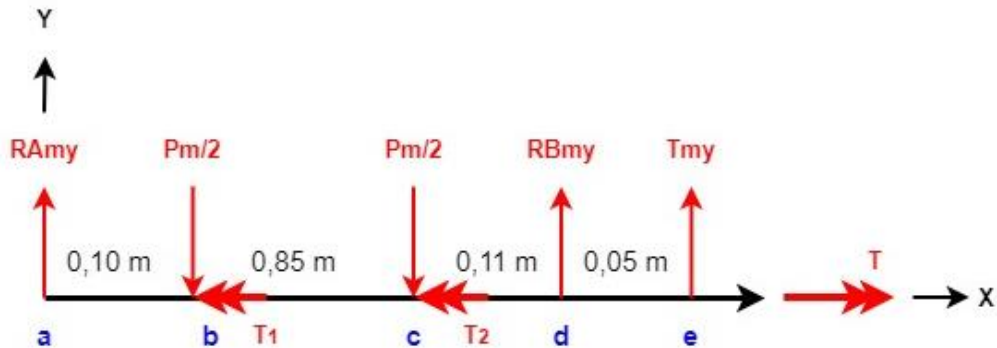


Figura 59. Diagrama de cuerpo libre madejadora plano XY.

Donde:

$$Pm = 48,50 \text{ N}$$

Igualación de momentos:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$\frac{Pm}{2} \cdot (0,10 \text{ m}) + \frac{Pm}{2} \cdot (0,95 \text{ m}) - RBmy \cdot (1,06 \text{ m}) - Tmy \cdot (1,11 \text{ m}) = 0$$

$$RBmy = 21,87 \text{ N}$$

Igualación de fuerzas:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$RAmy - \frac{Pm}{2} - \frac{Pm}{2} + RBmy + Tmy = 0$$

$$RAmy = 24,58 \text{ N}$$

3.3.3.4.3. Diagrama de cargas, eje de la madejadora, plano XY

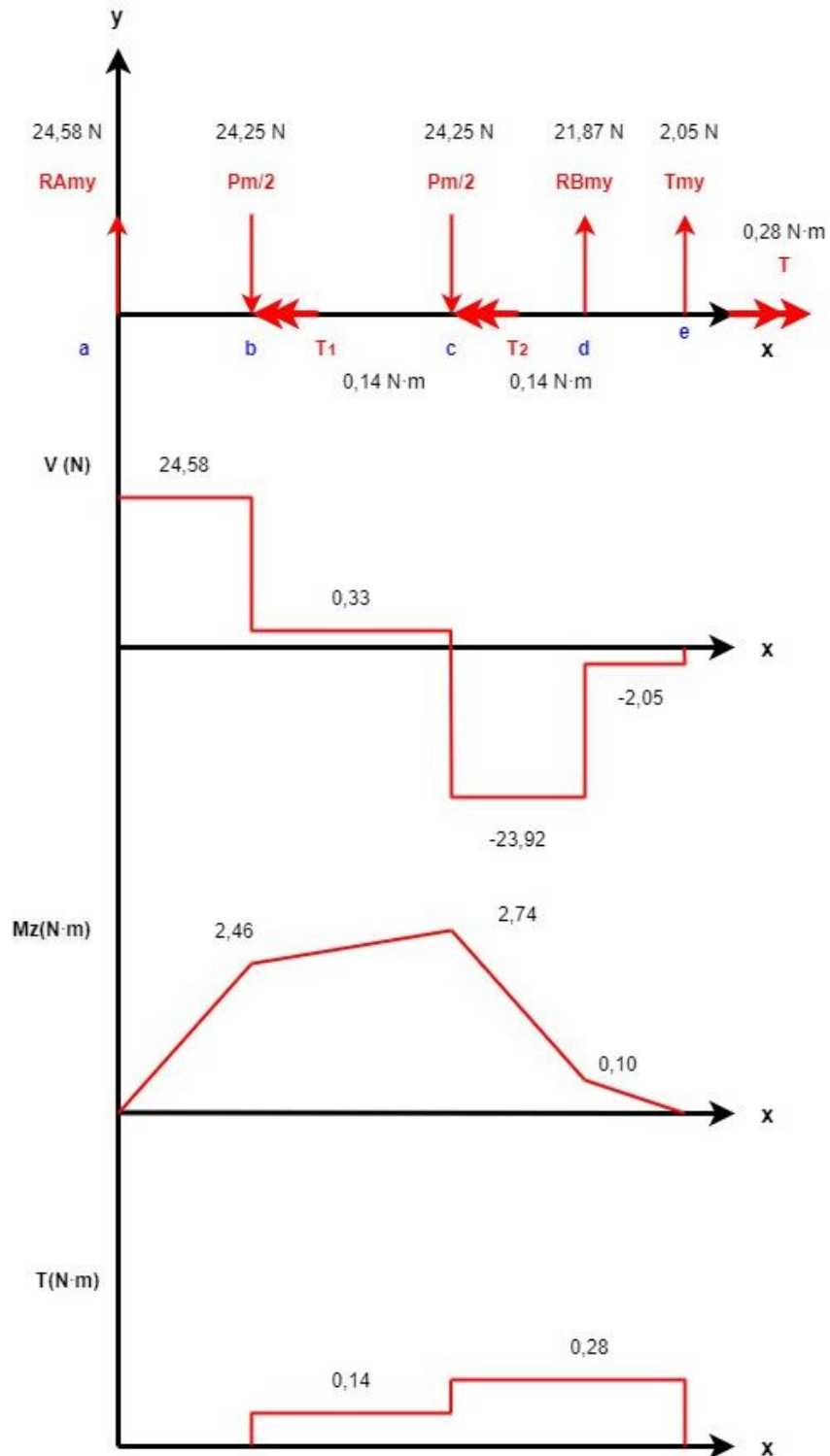


Figura 60. Diagrama de cargas, eje madejadora, plano XY.

3.3.3.4.4. Diagrama de cuerpo libre, eje de la madejadora plano XZ

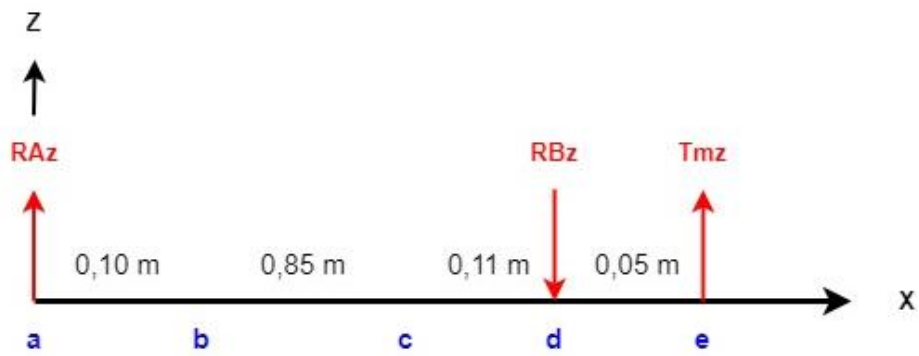


Figura 61. Diagrama de cuerpo libre madejadora plano XZ.

Igualación de momentos:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$RBmz(1,06 \text{ m}) - Tmz(1,11 \text{ m}) = 0$$

$$RBmz = 2,15 \text{ N}$$

Igualación de fuerzas:

$$\Sigma F_z = 0$$

$$RAmz - RBmz + Tmz = 0$$

$$RAmz = 0,10 \text{ N}$$

3.3.3.4.5. Diagrama de cargas, eje de la madejadora, plano XZ

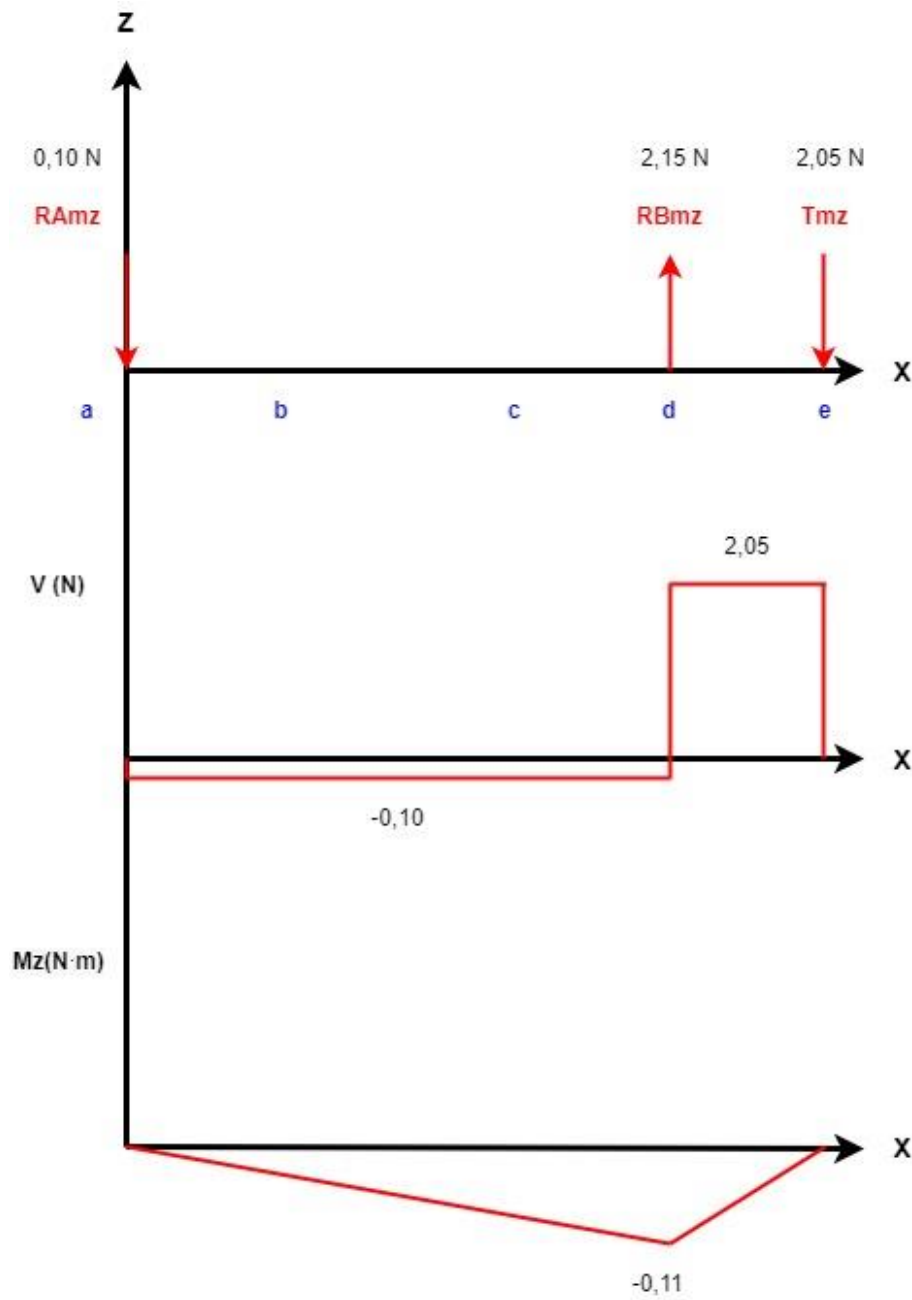


Figura 62. Diagrama de cargas madejadora plano XZ.

Sección crítica "C":

$$V_{max} = -23,92 \text{ N}$$

$$T_{max} = 0,28 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{max} = 2,74 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3.3.3.4.6. Teoría de esfuerzos combinados von Mises

Usando la ecuación de la teoría de esfuerzos combinados de von Mises, considerando que el material a usar es el Acero AISI 1018 del catálogo de DIPAC con un S_y de 350 MPa, S_{ut} de 440 MPa y usando un eje de 12,70 mm se tiene:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

Se calcula tanto el esfuerzo resultante por el momento flector como el momento torsor.

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma_x = \frac{2,74 \text{ N} \cdot \text{m}}{\frac{\pi \cdot (12,70 \times 10^{-3} \text{ m})^3}{32}}$$

$$\sigma_x = 13,63 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{Tc}{J}$$

$$\tau_{xy} = \frac{0,28 \text{ N} \cdot \text{m}}{\frac{\pi \cdot (12,70 \times 10^{-3} \text{ m})^3}{16}}$$

$$\tau_{xy} = 0,70 \text{ MPa}$$

Remplazando los valores en la ecuación de von Mises para determinar el factor de seguridad estático:

$$\frac{S_y}{N} = \sqrt{(13,63 \text{ MPa})^2 + 3(0,70 \text{ MPa})^2}$$

$$N = 25,58$$

Siendo este un factor de seguridad estático confiable.

3.3.3.5. Análisis de fatiga del eje de la madejadora

Los factores de Marín son iguales a los calculados para el eje del rodillo perchador.

3.3.3.5.1. Concentrador de esfuerzos a fatiga

El eje cuenta con un concentrador de esfuerzos a causa de una perforación de 3×10^{-3} m que

sirve para ajustar la polea por medio de un tornillo prisionero para evitar su deslizamiento.

Se calcula la relación entre el diámetro de la perforación y el diámetro del eje:

$$\text{relación} = \frac{d}{D}$$

$$\text{relación} = \frac{3 \text{ mm}}{12,70 \text{ mm}}$$

$$\text{relación} = 0,24$$

Se ubica el valor obtenido por la relación en la tabla del *anexo 19A* para encontrar el factor teórico o geométrico de la concentración de esfuerzos estático K_t , que relaciona el esfuerzo máximo con el esfuerzo nominal. [37]

$$K_t = 1,95$$

Donde σ_0 es el esfuerzo nominal.

$$\sigma_0 = \frac{M}{\left[\left(\frac{\pi \cdot D^3}{32} \right) - \left(\frac{d \cdot D^2}{6} \right) \right]}$$

$$\sigma_0 = \frac{2,74 \text{ N} \cdot \text{m}}{\left[\left(\frac{\pi \cdot (12,70 \times 10^{-3} \text{ m})^3}{32} \right) - \left(\frac{3 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot (12,70 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{6} \right) \right]}$$

$$\sigma_0 = 28,06 \text{ MPa}$$

Para el momento torsor, entra en el caso de eje redondo en torsión con un agujero transversal, ya con la relación previamente calculada se ubica el valor de la constante K_{ts} en la tabla del *anexo 20A*

$$K_{ts} = 2,70$$

$$\tau_0 = \frac{\tau}{\left[\left(\frac{\pi \cdot D^3}{16} \right) - \left(\frac{d \cdot D^2}{6} \right) \right]}$$

$$\tau_0 = \frac{0,28 \text{ N} \cdot \text{m}}{\left[\left(\frac{\pi \cdot (12,70 \times 10^{-3} \text{ m})^3}{16} \right) - \left(\frac{3 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot (12,70 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{6} \right) \right]}$$

$$\tau_0 = 1,04 \text{ MPa}$$

La ecuación del factor de concentración de esfuerzos a fatiga en flexión (K_f) es:

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

El factor q de sensibilidad a la muesca, viene determinado por la gráfica que se la puede apreciar en el *anexo 21A*, la cual relaciona el radio de la muesca en mm o pulg y el S_{ut} en Kpsi.

$$q = 0,7$$

Remplazando los valores en la ecuación de concentración de esfuerzos a fatiga se tiene:

$$K_f = 1 + 0,7 \cdot (1,95 - 1)$$

$$K_f = 1,67$$

La ecuación del factor de concentración de esfuerzos a fatiga en torsión (K_{fS}) es:

$$K_{fS} = 1 + q_{cortante}(K_{ts} - 1)$$

El factor q de sensibilidad a la muesca, viene determinado por la gráfica que se la puede apreciar en el *anexo 22A*, la cual relaciona el radio de la muesca en mm o pulg y la dureza Brinell.

$$q = 0,9$$

Remplazando los valores en la ecuación de concentración de esfuerzos a fatiga se tiene:

$$K_{fS} = 1 + 0,9 \cdot (2,70 - 1)$$

$$K_{fS} = 2,53$$

Para determinar el esfuerzo máximo se tiene las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = K_f \cdot \sigma_0$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 1,67 \cdot 28,06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 46,86 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = K_{fS} \cdot \tau_0$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 2,53 \cdot 1,04 \text{ MPa}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 2,63 \text{ MPa}$$

Usando la ecuación de Soderberg:

$$\frac{1}{Nf} = \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}}{S_n}$$

$$\frac{1}{Nf} = \frac{\sqrt{(48,86 \text{ MPa})^2 + 3(2,63 \text{ MPa})^2}}{134,63 \text{ MPa}}$$

$$Nf = 2,74$$

El factor de seguridad a fatiga del eje de la madejadora es 2,74 demostrando que el diámetro seleccionado es óptimo para trabajar.

3.3.3.6. Simulación del eje de la madejadora

Se realizó la simulación usando una malla tetraédrica adaptativa con el tamaño de nodos que convergió para el eje del cilindro perchador, obteniendo un factor de seguridad de 24 como se observa en la *figura 63*, con cual se comprobó que los cálculos obtenidos fueron correctos.

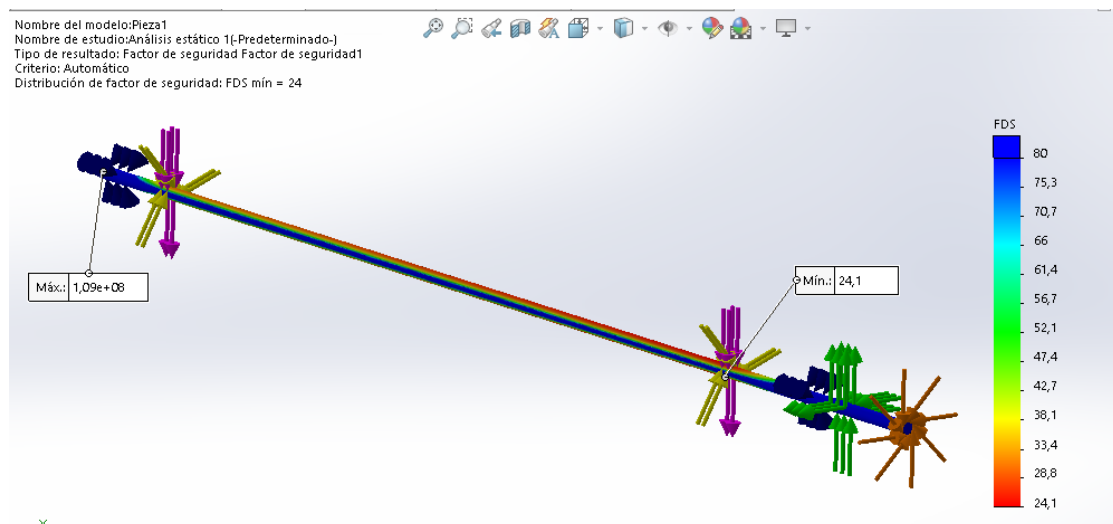


Figura 63. Simulación del eje de la madejadora.

3.3.4. Análisis estático de la estructura de la máquina perchadora

El análisis estático de la estructura de la perchadora se realizó mediante una simulación como se puede observar en la *figura 64*, el material usado es un ángulo de acero ATM A36 de dimensiones 40x40x3 mm, su límite de fluencia es 250 MPa, tiene 60 vínculos y una malla mixta.

El valor de las cargas distribuidas de los motores y tablero de control son:

$$\text{Tablero} = 274,4 \text{ N}$$

$$\text{Motor1} = 245 \text{ N}$$

$$\text{Motor2} = 343 \text{ N}$$

También se considera las cargas puntuales en los ejes producidas en las chumaceras

$$RAy = 1,69 N$$

$$RBy = 43,75 N$$

Obteniendo un factor de seguridad de 6,5. Que es satisfactorio y confiable para la construcción.

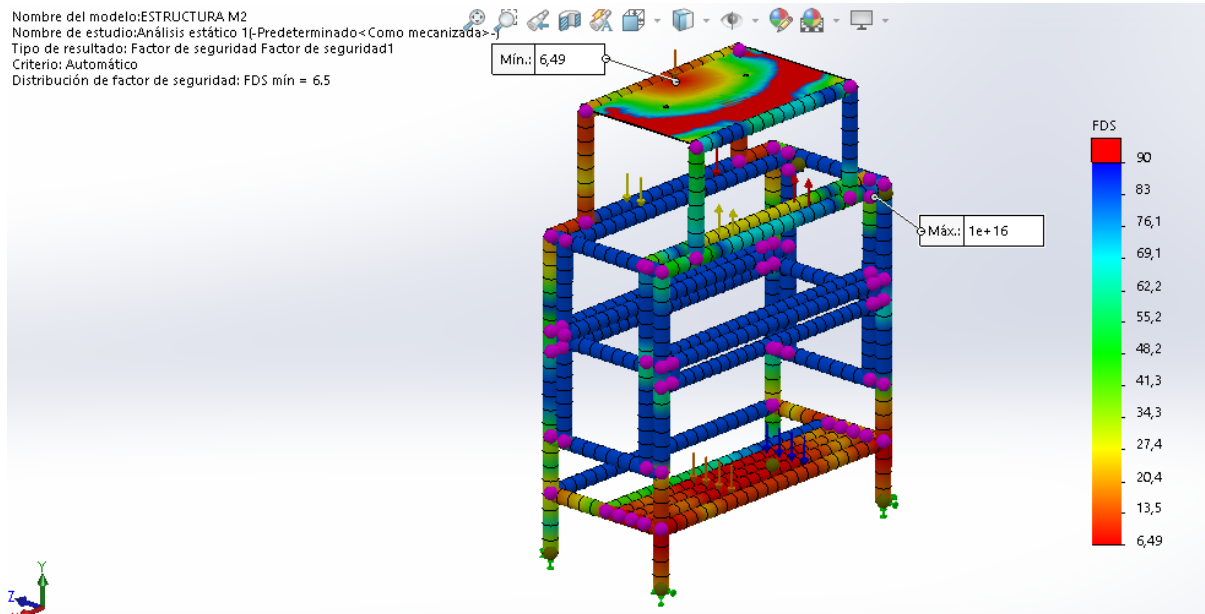


Figura 64. Análisis estático de la estructura de la máquina perchadora.

En la figura 65 se observa el desplazamiento máximo de la estructura de la perchadora que es 0,6 mm en la parte que se ubicará en el tablero de control, este resultado indica que no se tendrá ningún problema durante su uso.

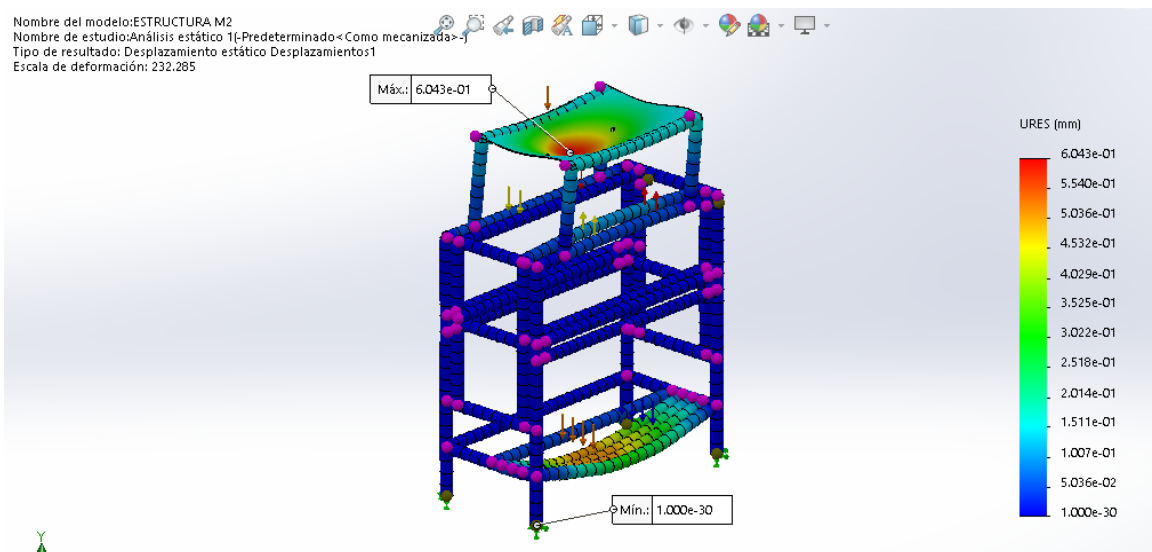


Figura 65. Simulación del desplazamiento, estructura de la perchadora.

El análisis estático de la estructura de la madejadora se lo puede apreciar en la *figura 66*, el material utilizado es un ángulo de acero ATM A36 de dimensiones 30x30x3 mm, su límite de fluencia es 250 MPa, tiene 24 vínculos y una malla mixta obteniendo un factor de seguridad de 52. En esta estructura únicamente se ubican el valor de las reacciones ubicadas en las chumaceras originadas por el eje del tambor madejador siendo R_{Amy} de 24,58 N y R_{Bmy} de 21,87 N.

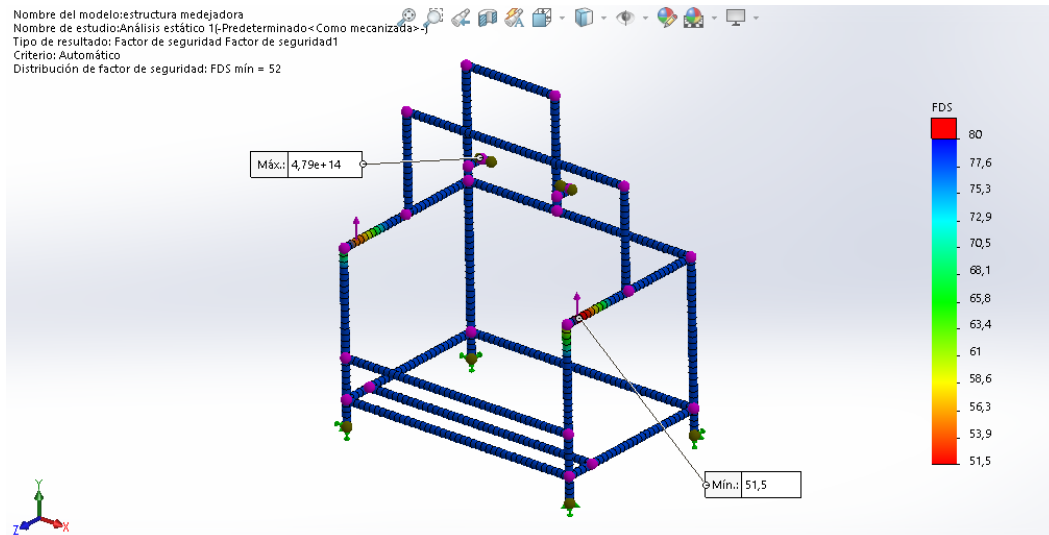


Figura 66. Análisis estático de la estructura de la madejadora.

En la *figura 67* se observa el desplazamiento máximo de la estructura de la madejadora que es 0,03mm, siendo esta muy baja, lo cual indica que no se tendrá ningún problema en su uso.

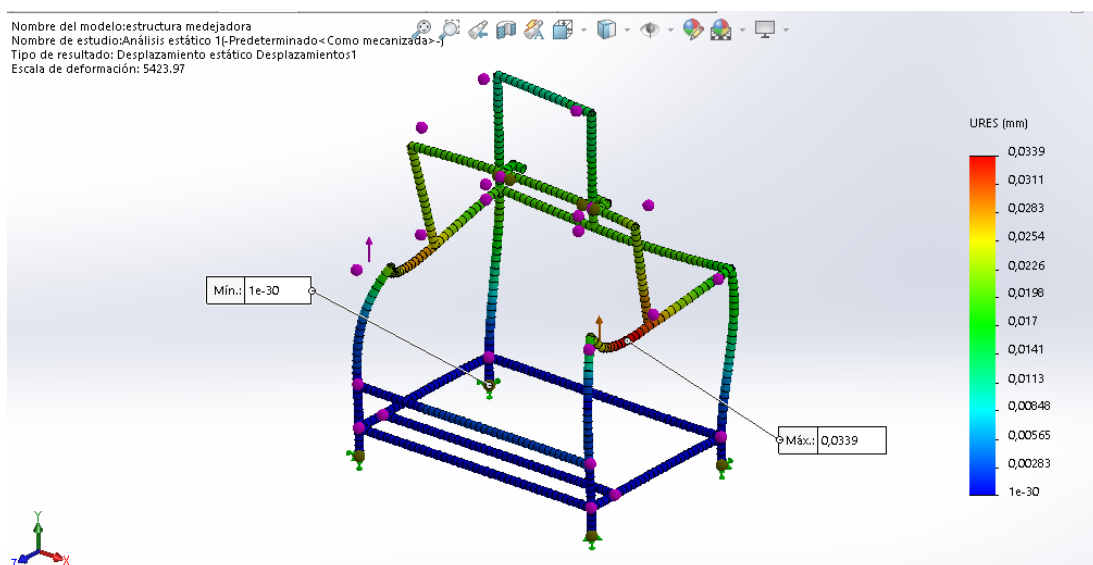


Figura 67. Simulación del desplazamiento, estructura madejadora.

3.4. DISEÑO DEL CONTROL ELÉCTRICO

3.4.1. Diseño eléctrico

Para la parte eléctrica, se utilizó como método de diseño el Grafcet, que es un diagrama funcional normalizado para la resolución de sistemas secuenciales, es decir, representa una sucesión de pasos y condiciones a cumplir de un sistema lógico, el que consta de entradas (condiciones) y salidas (acciones), las cuales representan un modelo de proceso que se procederá a automatizar, para en segunda instancia diseñar un plano eléctrico con todos sus componentes.

3.4.2. Grafcet

A continuación, en la *figura 68*, se presenta el grafcet del diseño eléctrico:

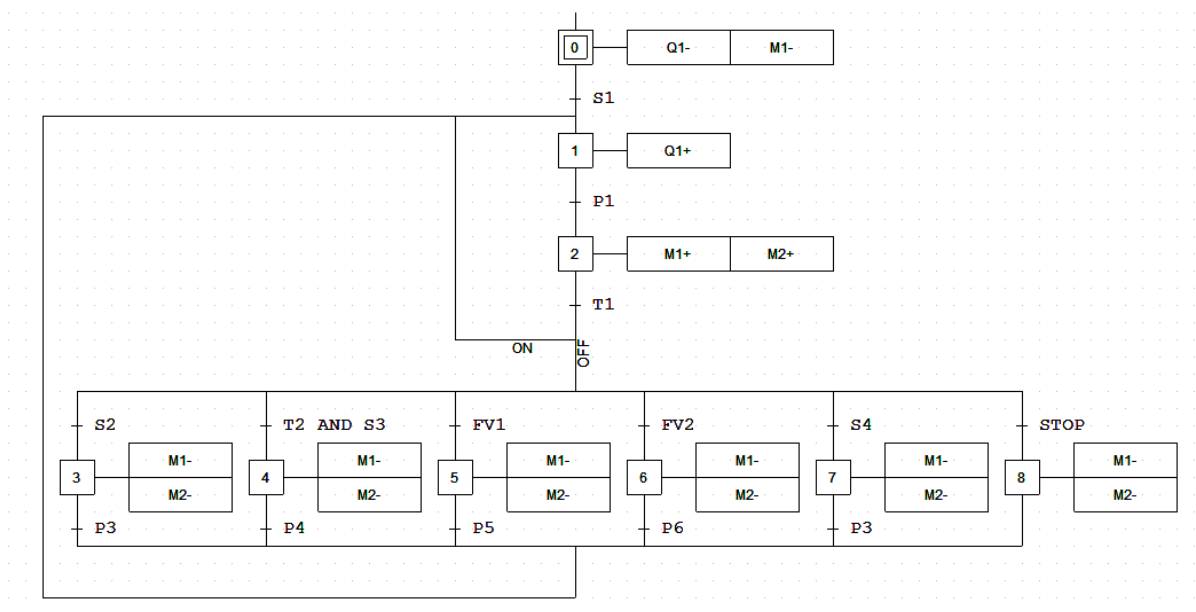


Figura 68. Grafcet del diseño eléctrico de la máquina perchadora.

Nomenclatura:

En la *tabla 54* se puede observar la lista de elementos de transición del sistema de control.

Tabla 54. Nomenclatura de los elementos de transición.

Elementos de transición	
Nombre	Nomenclatura
Selector	S1
Sensor ruptura de hilo	S2
Sensor madejadora	S3
Switch palanca	S4
Timer motores	T1
Timer fin de ciclo	T2
Protecciones Variador 1	FV1
Protecciones Variador 2	FV2
Pulsador RUN	P1
Reset ruptura de hilo	P3
Reset final de ciclo	P4
Reset variador 1	P5
Reset variador 2	P6
Paro de emergencia	STOP

En la *tabla 55* se puede observar las etapas a cumplirse en el sistema de control.

Tabla 55. Nomenclatura de las etapas de diseño eléctrico.

Etapas	
Nombre	Nomenclatura
Energización tablero	Q1
Motor 1	M1
Motor 2	M2

El siguiente paso del diseño eléctrico es realizar el plano eléctrico tanto de control como de fuerza, expuesto en anexo D1 ya con todos sus componentes, realizando una simulación para comprobación del funcionamiento.

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS

En el presente capítulo se realiza la construcción de la máquina, luego de haber seguido una serie de pasos para seleccionar las componentes y dimensiones ideales. Además, se realizó un protocolo de pruebas, para calibrar las tensiones y velocidades tanto de cilindros como paso del hilo en base al título más comercializado en la empresa.

4.2. PROTOCOLO PARA PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.2.1. Objetivo general

Establecer los parámetros de funcionamiento de la perchadora, para obtener resultados satisfactorios en la fabricación de los hilos perchados.

4.2.2. Objetivos específicos

- Verificar que todas las partes de la máquina cumplan la función para la que fueron diseñadas en vacío y con material.
- Determinar las tensiones ideales de las barras guías, para que se produzca un correcto roce con los cilindros perchadores.
- Encontrar las velocidades de los cilindros perchadores para sacar la mayor cantidad de fibra del hilo sin producir ruptura del mismo.
- Calcular la velocidad de paso del hilo para realizar un perchado satisfactorio y sincronizado con las demás velocidades de funcionamiento.

4.2.3. Materiales

Para las pruebas de funcionamiento se utilizaron hilos acrílicos, para disminuir costos, y una

vez que se determinaron las posibles velocidades y tensiones ideales, se procedió hacer pruebas con hilos de alpaca.

4.2.4. Método

El método a utilizar para las pruebas de funcionamiento es el experimental, para encontrar las relaciones ideales y lograr un resultado que satisfaga los requerimientos del cliente.

Se usó hilos de título 1,5 Nm; para dar un grado de valor al resultado de las pruebas de perchado se utiliza la escala mostrada en la *tabla 56*, en la que el gerente de la empresa IMBATEX participa de forma directa en la evaluación, dando su criterio de resultado en base a la experiencia al tacto en varios tipos de hilos.

Tabla 56. Escala de valoración de las pruebas.

Escala de valoración	
Grado	Clasificación
1	Muy poco perchado
2	Poco perchado
3	Medianamente perchado
4	Suficiente perchado
5	Mucho perchado

4.2.5. Resultados de las pruebas de funcionamiento

4.2.5.1. Pruebas en la fileta

La fileta es parte de la máquina encargada de alimentar y guiar los hilos correctamente hacia la perchadora, al ser estructura estática, la prueba se realizará únicamente con material.

En la *tabla 57* se puede apreciar que los resultados obtenidos de las pruebas son óptimos. Además, en las pruebas se pudo verificar que los porta conos de reserva, que son diez, cumplieron su función, es decir cuando se termina el hilo en la fileta principal de conos, el proceso no se detiene ya que en forma continua se alimenta hilo desde los conos de reserva.

Tabla 57. Valoración de la fileta de hilos.

Hilo	Nro. Conos	Desenrollado del cono	Trabajo guía hilos	Rotura de hilos	Funcionamiento de la fileta
Acrílico	1	Correcto	Correcto	Ninguna	Correcto
Acrílico	5	Correcto	Correcto	Ninguna	Correcto
Acrílico	10	Correcto	Correcto	Ninguna	Correcto
Alpaca	1	Correcto	Correcto	Ninguna	Correcto
Alpaca	5	Correcto	Correcto	Ninguna	Correcto
Alpaca	10	Correcto	Correcto	Ninguna	Correcto

4.2.5.2. Pruebas en la perchadora

En las pruebas sin material, se verificó el funcionamiento del sistema de movimiento, motor, poleas, bandas, ejes; partes de trabajo de la máquina como son los dos cilindros perchadores, y el sistema de control. Los resultados obtenidos se indican en la *tabla 58*.

Tabla 58. Tabla de funcionamiento de la perchadora de hilo, partes componentes.

Parte componente	Problemas	Causas	Acciones correctivas	Resultado funcionamiento
Sistema de movimiento	Si	Poleas desalineadas / Falta de tensión en las bandas	Alinear poleas / Colocar un tensor de banda	Correcto
Cilindros perchadores	No	Ninguna	Ninguna	Correcto
Sistema de control	No	Ninguna	Ninguna	Correcto

Al realizar dichas correcciones y dejarlas a punto, se puede indicar que la perchadora funcionó en vacío, sin material, correctamente.

El siguiente paso fue hacer trabajar a la perchadora con hilos retorcidos de acrílico. Para este paso entra en funcionamiento la madejadora, debido a que es la encargada de transportar el hilo.

Los resultados alcanzados se pueden apreciar en la *tabla 59*.

Tabla 59. Tabla de funcionamiento de la máquina procesando un hilo.

Parte de la máquina	Problemas	Causas	Acciones correctivas	Resultado funcionamiento final
Sistema de movimiento	Si	No transmite la velocidad adecuada a los cilindros perchadores	Cambio de poleas motoras y movidas hasta lograr la velocidad adecuada / Cambios en valores del variador de frecuencia	Correcto
Cilindros perchadores	Si	Falta de presión de los hilos sobre el cilindro perchador	Aumentar la presión para sacar las fibras	Correcto
Sistema control	No	Ninguno	Ninguna	Correcto

En esta fase de prueba se consiguió sacar pocas fibras a la superficie del hilo, pero se logró verificar que la máquina si realiza perchado de hilo. El sistema de control no tuvo ningún inconveniente en su funcionamiento, por lo tanto, en las siguientes pruebas de perchado, este sistema ya no es analizado.

Para la velocidad de los cilindros perchadores se toma como referencia únicamente la del cilindro perchador 1, ya que va a ser igual la del cilindro 2.

En la prueba inicial se percha hilo retorcido de acrílico, en la que se va a variar únicamente la velocidad de los cilindros, los cálculos de velocidades se realizaron con el sistema de movimiento expuesto en el *anexo A18*. La fórmula empleada fue:

$$Velocidad\ final\ C = Rpm\ motor \cdot \frac{Poleas\ motoras}{Poleas\ movidas} \cdot 2\pi \cdot rc$$

Donde rc es el radio del cilindro perchador.

$$Velocidad\ final\ C = 1720\ rpm \cdot \frac{3 \cdot 6}{4 \cdot 4} \cdot 2\pi \cdot 0,10\ m$$

$$Velocidad\ final\ C = 1185,40\ m/min$$

Cabe recalcar que la primera obtenida es a 60 Hz, y se procede con el variador de frecuencia

Nº 1 a encontrar la velocidad ideal.

En la *tabla 60* se aprecia que no se consigue el grado de perchado esperado, por más que se aumente la velocidad del cilindro, el grado de perchado se mantiene en grado 2, que representa a poco levantamiento del pelo de la superficie del hilo; los mejores resultados se obtienen desde los 296,35 m/min.

Tabla 60. Grado de perchado variando la velocidad del cilindro perchador.

Prueba Nro.	Velocidad del Cilindro (m/min)	Presión (hilo/cilindro)	Velocidad de paso del hilo (m/min)	Grado de perchado	Clasificación del perchado	Observaciones
1	98,78	Poco	17,64	1	Muy poco	Ninguna
2	197,57	Poco	17,64	1	Muy poco	Ninguna
3	296,35	Poco	17,64	2	Poco	Ninguna
4	395,13	Poco	17,64	2	Poco	Ninguna
5	493,92	Poco	17,64	2	Poco	Ninguna
6	592,70	Poco	17,64	2	Poco	Ninguna
7	691,48	Poco	17,64	2	Poco	Ninguna
8	790,27	Poco	17,64	2	Poco	Ninguna
9	889,05	Poco	17,64	2	Poco	Ninguna
10	987,83	Poco	17,64	2	Poco	Ninguna
11	1086,62	Poco	17,64	2	Poco	Ninguna
12	1185,40	Poco	17,64	2	Poco	Ninguna

En la *tabla 61* puede observar que el grado de perchado aumenta mientras se va aumentando la presión del hilo. Sin embargo, cuando hay demasiada presión se producen roturas, interrumpiendo el proceso. El mejor grado de perchado sin paros en la máquina se obtiene a una presión suficiente.

Tabla 61. Grado de perchado variando la presión.

Prueba Nro.	Presión hilo/cilindro	Velocidad C1 (m/min)	Velocidad de paso del hilo (m/min)	Grado de perchado	Clasificación del perchado	Observaciones
1	Muy poco	296,35	17,64	1	Muy poco	Ninguna
2	Poco	296,35	17,64	2	Poco	Ninguna
3	Med. suficiente	296,35	17,64	2	Poco	Ninguna
4	Suficiente	296,35	17,64	3	Medianamente	Ninguna
5	Mucho	296,35	17,64	4	Suficiente	Roturas

Seguidamente se procede a hacer pruebas con el mismo hilo utilizado, pero esta vez variando la velocidad de paso del hilo por la máquina, los resultados obtenidos son los siguientes:

$$\text{Velocidad Madejadora} = \text{Rpm motor} \cdot \frac{\text{Poleas motoras}}{\text{Poleas movidas}} \cdot 2\pi \cdot rm$$

$$\text{Velocidad Madejadora} = 1725 \text{ rpm} \cdot \frac{2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5}{7 \cdot 8 \cdot 11} \cdot 2\pi \cdot 0,27 \text{ m}$$

Donde rm es el radio del tambor madejador.

$$\text{Velocidad Madejadora} = 75,6 \text{ m/min}$$

La velocidad obtenida es a 60 Hz, y se procede con el variador de frecuencia N° 2 a encontrar la velocidad ideal. En la *tabla 62* se identifica que a 10,08 m/min y 7,56 m/min, que son velocidades bajas del hilo, se producen roturas, por lo que se establece que, a velocidades muy bajas, se obtiene mucho perchado, pero en cambio se tienen roturas. La velocidad mínima a la que se puede trabajar eficientemente y con un perchado catalogado medianamente suficiente es 12,60 m/min.

Tabla 62. Grado de perchado variando la velocidad del paso del hilo.

Prueba Nro.	Velocidad de paso del hilo (m/min)	Velocidad C1 (m/min)	Presión hilo/cilindro	Grado de perchado	Clasificación del perchado	Observaciones
1	7,56	296,35	Suficiente	4	Suficiente	Roturas del hilo
2	10,08	296,35	Suficiente	4	Suficiente	Roturas del hilo
3	12,60	296,35	Suficiente	3	Medianamente	Ninguna
4	15,12	296,35	Suficiente	3	Medianamente	Ninguna
5	17,64	296,35	Suficiente	2	Poco	Ninguna
6	20,16	296,35	Suficiente	2	Poco	Ninguna
7	22,68	296,35	Suficiente	2	Poco	Ninguna
8	25,20	296,35	Suficiente	1	Muy poco	Ninguna
9	27,72	296,35	Suficiente	1	Muy poco	Ninguna
10	30,24	296,35	Suficiente	1	Muy poco	Ninguna

En la curva representada en la *figura 69*, se observa que el grado de perchado tiene una relación inversa con la velocidad de paso del hilo, a mayor velocidad de paso del hilo el grado de perchado es menor.

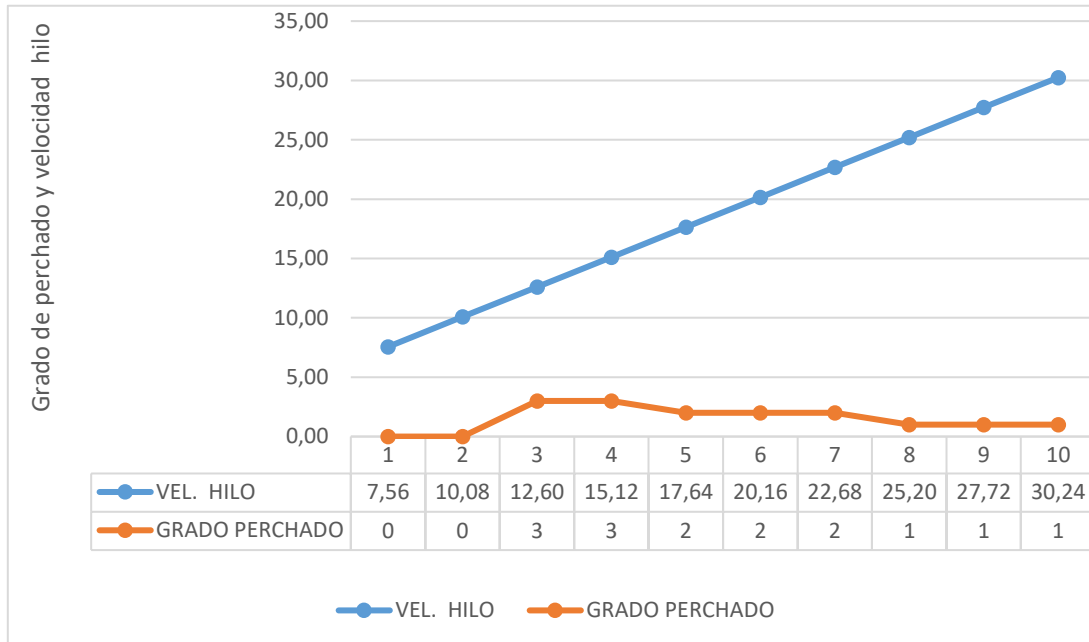


Figura 69. Grado de perchado en relación a la velocidad del hilo.

Una vez realizadas las pruebas con hilo de acrílico se hacen las pruebas con hilos de alpaca, en las que se utilizan los mejores parámetros obtenidos en las pruebas anteriores, estos son: velocidad del cilindro perchador 296,35 m/min, velocidad de paso del hilo 12,6 m/min y con una presión clasificada en grado suficiente. El hilo de alpaca utilizado en las pruebas es el 1,5 Nm retorcido y otro retorcido con filamento continuo. Como se observa en la *tabla 63*, en el hilo sin alma de filamento, el perchado tiene roturas, mientras que en el hilo de alpaca con alma de filamento se procesa correctamente.

Tabla 63. Grado de perchado de hilos de alpaca con parámetros de proceso óptimos.

Prueba Nro.	Hilo alpaca	Velocidad del hilo (m/min)	Velocidad C1 (m/min)	Presión hilo/cilindro	Grado de perchado	Clasificación de perchado	Observaciones
1	Retorcido sin filamento	12,6	296,35	Suficiente	4	Suficiente	Roturas del hilo
2	Retorcido con filamento	12,6	296,35	Suficiente	4	Suficiente	Ninguna

4.2.6. Corrección de errores

4.2.6.1. Corrección en la máquina

Las únicas correcciones que tuvo que hacerse eran cambios no significativos:

- En el sistema de movimiento se definió las poleas motoras y movidas hasta lograr una velocidad ideal, además se colocó un tensor de banda.
- En los guías hilos, ubicados entre los cilindros perchadores, los orificios por donde pasa el hilo, se ampliaron de 3 mm a 5 mm de diámetro debido a que los nudos existentes en el hilo se atascaban.
- Se aumentó el sensor para el paro final de la máquina, este se colocó en la parte lateral de la madejadora, cerca de la polea de transmisión. Su implementación se realizó con la finalidad de que la madejadora termine bien posicionada para la extracción del hilo, es decir, que la aleta que contiene el tornillo para quitar la tensión de las madejas, quede frente al operario y así este realice rápidamente la extracción de las mismas.

4.2.6.2. Corrección en el proceso de perchado

Con la finalidad de alcanzar el grado de perchado 5, se continúan haciendo pruebas variando los parámetros de presión del hilo y de velocidad de paso del hilo, manteniendo siempre constante la velocidad del cilindro perchador en 296,35 m/min. Se realizan más pruebas ya que el hilo trabajado es más resistente que el acrílico por el alma de filamentos que posee. Esta prueba es hecha en las mismas condiciones en las que se hizo con hilos de acrílico retorcido, los resultados de la *tabla 64* son similares, no se logra alcanzar el grado de perchado 5; sin embargo, en estos hilos con alma de filamento cuando se da la presión máxima, correspondiente al nivel 5 y clasificada como mucho, no se tiene roturas en el hilo procesado.

Tabla 64. Grado de perchado de hilo de alpaca con filamento.

Prueba Nro.	Presión hilo/cilindro	Velocidad C1 (m/min)	Velocidad d hilo (m/min)	Grado perchado	Clasificación. perchado	Observaciones
1	Muy poco	296,35	17,64	1	Muy poco	Ninguna
2	Poco	296,35	17,64	2	Poco	Ninguna
3	Med. suficiente	296,35	17,64	2	Poco	Ninguna
4	Suficiente	296,35	17,64	3	Medianamente	Ninguna
5	Mucho	296,35	17,64	4	Suficiente	Ninguna

Para lograr alcanzar el grado 5, se procede hacer la última prueba, en la que se mantienen las mejores condiciones, variando únicamente la velocidad de paso del hilo y tomando en cuenta las velocidades más bajas, que fueron las que dieron los mejores resultados. En la *tabla 65*, se aprecian los grados de perchado que van desde el grado 4 al 5. El mejor grado de perchado se obtiene en las pruebas 2 y 3, con velocidades del hilo de 10,08 m/min y 12,6 m/min.

Tabla 65. Grado de perchado con hilo de alpaca con filamento variado la velocidad del hilo.

Prueba Nro.	Velocidad hilo (m/min)	Velocidad C1 (m/min)	Presión hilo/cilindro	Grado perchado	Clasificación del perchado	Observaciones
1	7,56	296,35	Mucho	5	Mucho	Roturas
2	10,08	296,35	Mucho	5	Mucho	Ninguna
3	12,6	296,35	Mucho	5	Mucho	Ninguna
4	15,12	296,35	Mucho	4	Suficiente	Ninguna
5	17,64	296,35	Mucho	4	Suficiente	Ninguna

En la *figura 70* se aprecia que mientras baja la velocidad de paso del hilo el grado aumenta; sin embargo, cuando la velocidad ya es muy baja, se interrumpe el proceso por rotura del hilo. La velocidad mínima de paso del hilo para poder hacer el perchado es de 10,08 m/min; sin embargo, con la velocidad de 12,6 m/min se obtiene el mismo grado de perchado por lo que esta sería la velocidad óptima.

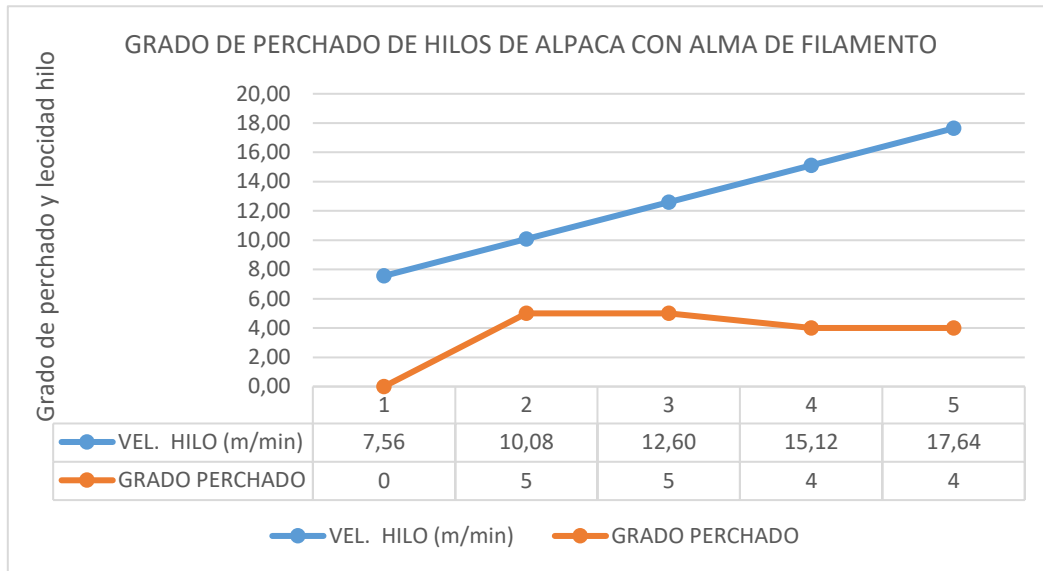


Figura 70. Grado de perchado de hilos de alpaca con alma de filamento continuo, con velocidad del hilo variable.

4.2.7. Resultados finales

Luego de realizar diversas pruebas, se encontraron los mejores parámetros de funcionamiento de la máquina para lograr un perchado óptimo; satisfactorio a la vista, bajo en peso y suavidad al tacto requerido por el cliente.

En la *figura 71* se puede observar el perchado de hilo en acrílico que fue en el hilo que se realizaron las primeras pruebas, a mano izquierda de la *figura 71*, se observa el hilo antes de ser procesado, mientras que al lado derecho el hilo perchado.



Figura 71. Resultado de pruebas de perchado de hilo en acrílico.

En la *figura 72* se observa el resultado final, esta vez trabajando en hilo de alpaca retorcido con alma de filamento, que es el ideal para el perchado. El perchado de hilo resultó exitoso visualmente ya que se puede apreciar claramente el desprendimiento de fibra en gran cantidad, además físicamente es mucho más liviano y suave, óptimo para trabajar en prendas de vestir que requieran estas características. Cumpliendo con los requerimientos previamente mencionados por el cliente.



Figura 72. Perchado en hilo de alpaca retorcido con alma de filamento.

4.2.8. Conclusiones de las pruebas de funcionamiento

El grado de perchado es directamente proporcional a la presión que se ejerce en el hilo sobre las púas del cilindro perchador; el grado de perchado es inversamente proporcional a la velocidad de paso del hilo y el grado de perchado es directamente proporcional a la velocidad de los cilindros perchadores. Para obtener mucho perchado en el hilo, grado 5, es necesario que los tres parámetros estén con las velocidades y presión óptimas, de acuerdo a lo que se indicó anteriormente.

Los hilos de alpaca retorcidos con alma de filamento continuo son los más aptos para poder ser perchados logrando la mayor cantidad de pelo levantado a su superficie y sin interrupción del proceso por rotura de hilos.

Los parámetros de trabajo óptimos para la máquina perchadora son: velocidad de los cilindros perchadores de 296,35 m/min; velocidad de paso de hilo de 12,6 m/min y tensión de hilo catalogado “mucho” por la tabla de valoración.

4.2.9. Producción

Para determinar la producción de la máquina se consideran dos parámetros importantes, el número métrico del hilo que se está procesando (Nm) y la velocidad del hilo con la que está trabajando la máquina.

La relación para encontrar los gr/m de con el título del hilo en Nm es:

$$Nm = K \cdot \left(\frac{L}{P}\right)$$

En donde:

K es la constante y es 1 (g/m)

L es la longitud (m)

P es la masa del hilo (g)

La producción de la máquina es:

Datos:

Velocidad de la máquina: 12,60 m/min

Título del hilo procesado: 1,5 Nm

Gramos por metro del hilo (g/m): 0,67

Cálculos:

$$\text{Prod. (kg/h)} = \frac{(\text{Vel. hilo} \cdot \text{Peso hilo} \cdot 60 \text{ min/h} \cdot \text{Nro. Hilos Maquinados} \cdot \text{Eficiencia})}{1000}$$

$$\text{Prod. (kg/h)} = \frac{(12,60 \text{ m/min} \cdot 0,67 \text{ g/m} \cdot 60 \text{ min/h} \cdot 10 \cdot 0,85)}{1000}$$

$$\text{Producción} = 4,28 \text{ kg/h}$$

La producción de la máquina trabajando 10 hilos a una velocidad de 12,60 m/min y con el 85 % de eficiencia es de 4,28 kg/h, producción que si se le transforma a un turno laboral de 8 horas es de 33,92 kg/h.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1. Conclusiones

- Se logró determinar los requerimientos para la producción del hilo perchado mediante el despliegue de la función de calidad, que ayudó a interpretar técnicamente las especificaciones solicitadas por la empresa, entre las principales está el costo de la máquina, suavidad del producto final, nivel de automatización, porcentaje de producción y piezas o elementos adquiridos en el mercado nacional; las cuales se vieron plasmadas en el producto final.
- Por medio de sustentos matemáticos y simulaciones se logró seleccionar los elementos y materiales adecuados de construcción; entre ellos las dimensiones de los ejes tanto de los cilindros perchadores $19,05 \times 10^{-3}$ m, como de la madejadora $12,70 \times 10^{-3}$ m con acero AISI 1018 obteniendo un factor de seguridad a fatiga de 3,93 en el eje del cilindro perchador y 2,74 en el de la madejadora. Para la estructura de la perchadora se usó un ángulo de 40x40x3 mm obteniendo un factor de seguridad de 6,50 y para la madejadora un ángulo de 25x25x3 mm con un factor de seguridad de 52, usando acero ASTM A36 en los dos casos.
- Se logró construir los elementos que compondrán la máquina perchadora en un 80% con piezas fabricadas o de adquisición nacional, mientras que el 20% fueron de importación, satisfaciendo así al cliente, al cumplir este importante parámetro.
- Se logró calibrar la máquina perchadora mediante un protocolo de pruebas, que ayudó a encontrar los parámetros de trabajo ideales, los cuales son; velocidad de los cilindros perchadores 296,35 m/min, velocidad del hilo de 12,60 m/min, obteniendo una producción de 4,28 kg/h, con el título de hilo de 1,50 Nm que es para el cual quedó calibrada la máquina, siendo estos resultados satisfactorios para el gerente de la empresa IMBATEX.

- Se logró construir la máquina perchadora a un costo de 3334,78 USD; la recuperación de la inversión es de 1,48 meses, perchando hilos a un precio de 0,28 USD/kg. Se puede concluir que la perchadora tiene la recuperación de la inversión en un tiempo muy corto, lo que hace de ella una máquina rentable.

5.1.2. Recomendaciones

- Al ser esta máquina un prototipo, seguramente se tendrá que hacer algunas mejoras, por lo que se recomienda hacer un seguimiento al trabajo que realizara la misma, durante un par de meses de trabajo de perchado.
- Para futuros prototipos se sugiere implementar un sistema de control que regule automáticamente la tensión del hilo, ya que esta depende de los distintos grosores. La tensión del hilo es un factor importante en el proceso de perchado y en este trabajo es el único parámetro que no tiene un sistema de control automatizado.
- Se sugiere implementar a la máquina perchadora un control por HMI, para tener la totalidad de la información del proceso en tiempo real, para lo cual se deberían implementar los sensores correspondientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. De los Ríos, «LA HISTORIA DE LA LAPCA: EL TESORO DE LOS ANDES,» *MODA ALPACA PERFILES DE EMPRESAS PERUANAS*, pp. 9-12, 2012.
- [2] D. Esparza, W. Esparza y E. Y. R. P. Rosero, *Procesos de Hilatura Lanera*, Editorial Academia Española, 2017.
- [3] F. Lockuan, *La Industria textil y su Control de Calidad. Hilandería*, Primera ed., 2012, p. 39.
- [4] D. Esparza, Interviewee, *Producción y ventas de hilos de alpaca*. [Entrevista]. 28 Noviembre 2018.
- [5] R. Gestión, «Prendas de alpaca para media estación: Un nicho de mercado para aprovechar en EEUU.,» 0930 2016.
- [6] Carrasco, «Tapicería Carrasco,» 28 mayo 2019. [En línea]. Available: <http://www.tapiceriacarrasco.com/2015/07/pruebas-de-calidad-de-los-tejidos-i.html>.
- [7] S. Torrents.España Patente P0262071, 23 Noviembre 1960.
- [8] S. Torrents, «Patentados.com,» 16 Julio 1969. [En línea]. Available: <https://patentados.com/empresa/torrents-montraveta-salvador/>.
- [9] gruppovp.it, «UNITECH INDUSTRIES,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.unitech.it/es/gama-de-productos/perchadora-de-hilo-mb124/#toggle-id-1>.
- [10] C. Riba, *Diseño Concurrente*, Cataluña, 2002.
- [11] Rius-Comatex, «Interempresas,» 16 Julio 2019. [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Textil/FeriaVirtual/Producto-Maquinas-recubridoras-para-hilos-de-fantasia-y-aplicaciones-en-pasamaneria-Rius-Re-rg-149507.html>.
- [12] S. Warper, «Comsat,» 16 Julio 2019. [En línea]. Available: https://crealet.com/wp-content/uploads/2019/02/CATALEG_COMSAT_GENERAL_esp_eng-2019.pdf.
- [13] Rius-Comatex UC, «Interempresas,» 16 Julio 2019. [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Textil/FeriaVirtual/Producto-Urdidor-directo-para-plegadores-de-pequenas-dimensiones-y-orillos-Rius-UC-300-148251.html>.
- [14] MICRO-LOG, «Microlog, tecnología y sistemas,» 10 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.micro-log.com/ferreteria/1033-100-cancamos-abiertos-16mm-cincado-hembrilla.html>.
- [15] Ingmecafenix, «Ingeniería Mecafenix,» 8 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tableros-electricos/>.
- [16] Wonderware, «Interfaz Hombre-Máquina (HMI),» 12 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/>.
- [17] Next Instrument Inc, «NEXT Instrument,» 8 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.nexinstrument.com/GP-4301TM>.
- [18] Automatas industriales, «Automatas.org,» 9 Octubre 2019. [En línea]. Available: <http://automatas.org/redes/scadas.htm>.
- [19] Segu Info, «Honeypot para simular redes Scada,» 9 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://blog.segu-info.com.ar/2016/08/honeypot-para-simular-redes-scada.html>.
- [20] CLR, «Compañía Levantina de Reductores,» 12 03 2020. [En línea]. Available:

<https://clr.es/blog/es/motores-monofasicos-bifasicos-trifasicos/>.

- [21] AADECA, «Servomotores: control, precisión y velocidad,» *AADECA*, p. 23, 2017.
- [22] EcuRED, «EcuRED,» 4 Octubre 2019. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Motor_el%C3%A9ctrico_trif%C3%A1sico.
- [23] E. Abalar, «Mecanismos,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/4_2_sistemas_de_polea_y_correa.html.
- [24] Universidad Carlos III Madrid, «Teoría de Mecanismos,» *Departamento de Ingeniería Mecánica*, p. 12, 4 Octubre 2019.
- [25] E. Abalar, «Mecanismos,» 4 Octubre 2019. [En línea]. Available: https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947673/contido/4_3_engranajes.html.
- [26] ATI, «Avellaneda Transmisiones industriales,» 4 Octubre 2019. [En línea]. Available: <http://www.atitransmisiones.com.ar/producto/cadenas-a-rodillo/>.
- [27] NANOPDF.COM, «NANOPDF.COM,» 12 Octubre 2019. [En línea]. Available: https://nanopdf.com/download/perchado_pdf.
- [28] P. Kunza, «Wiring Diagram User,» 16 Julio 2019. [En línea]. Available: https://www.google.com/search?q=sensor+switch&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewj9loiqrjAhWlo1kKHQ0dDL4Q_AUIECgB&biw=1506&bih=804&dpr=0.85#imgrc=cIviVoUF2YDPWM:
- [29] HAEHNE, «Force sensor KAT,» *HAEHNE*, p. 2, 2016.
- [30] DOC PLAYER, «Madejado,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/54624014-Capitulo-x-10-madejado.html>.
- [31] D. T. J. Sebastián, *Diseño y construcción de una máquina para la tintura de tops de lana*, Ibarra, Imbabura: UTN, 2013.
- [32] WR CONTROLS, «Nautic EXPO,» 10 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.nauticexpo.es/prod/flexball-italiana/product-35588-452730.html>.
- [33] RS, «RS-Components,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://es.rs-online.com/web/p/valvulas-de-control-manual-neumaticas/0410505/>.
- [34] A. L. Farina, «Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento,» *Rendimiento de motores eléctricos*, vol. I, nº 71, p. 72, 2018.
- [35] Beer and Johnston, *Mecánica vectorial para ingenieros Estática*, México DF: Mc Graw Hill, 2010.
- [36] G. Bavaresco, «Procedimiento para el diseño de ejes,» 12 02 2020. [En línea]. Available: https://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/diseo_de_ejes.pdf.
- [37] Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, México: Mc Graw Hill, 2012.
- [38] Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, México DF: McGraw-Hill, 2008.
- [39] F. Segobia, «PAQOCHA,» 2013. [En línea]. Available: <http://paqochaecuador.com/alpacas/>.
- [40] K. Schuster, *Naterias primas textiles*, Calasco, Ed., 1955.

- [41] Silkeborg, «Silkeborg-perú,» 22 05 2019. [En línea]. Available: <http://www.silkeborg-peru.com/es/novedades-detalle/5-datos-sobre-la-esquila-de-alpaca/>.
- [42] E. Carrera, *Fibra Textil. Propiedades para caracterizar las fibras textiles*, 188 ed., U. P. d. Cataluña, Ed., Terrasa, 2017.
- [43] X. Bosch, «Procesos Textiles,» *Gremide Tintors*, n° 485, p. 13.
- [44] Fegemu, «Fegemu solutions,» 15 07 2019. [En línea]. Available: <https://www.fegaut.com/es/productos/sistemas-de-medicion-de-fuerzas-sensores-de-tension-de-hilo-zak/20-77-261/>.
- [45] j. Chichizola, *Acabados Textiles para la Industria lanera*, 2018.
- [46] EFE, «Sector textil es el segundo de Ecuador que genera más empleo,» *El Comercio*, 15 Marzo 2017.
- [47] T. Salvador.España Patente P0262071, 1961.
- [48] X. Bosch, *El perchado*, T. Limp, Ed., s.f., p. 13.
- [49] El tiempo, «Fibra de alpaca, un lujo andino,» *El Tiempo, Diario de Cuenca*, 2017.
- [50] A. T. Textil, «ASESOR TEXTIL,» 23 05 2019. [En línea]. Available: http://asesortextil.com/es/asesoria_textil/63.
- [51] D. L. G. S. Davis, «icicm,» 09 Julio 2019. [En línea]. Available: <http://icicm.com/files/QFD.pdf>.
- [52] Fegeme, [En línea].
- [53] Fegemu, «Fegemu Solutions,» 15 07 2019. [En línea]. Available: <https://www.fegaut.com/es/productos/sistemas-de-medicion-de-fuerzas-sensores-de-tension-de-hilo-zak/20-77-261/>.
- [54] Textiles Acatexa, «ACATEXA,» 16 Julio 2019. [En línea]. Available: https://www.google.es/search?q=control+de+un+operario+en+maquinas+textiles&tbm=isch&tbs=ring:CWqe_1fhp3IDrIjqHFowiUeIws4ls7Mn4ZEMkmlNsu8OXin_1-QwxSDGSAaf9f2KF9xV0duJhTZnm9B4TbyIWbxFdyoSCaocWjCJR4jCEWwfQk11Bqv_1KhIJziWzsyfhkQwR26pfr9ibiQkqEgmSaU2y7w5eKRH.
- [55] ABB, «ABB Asea Brown Boveri Ltd,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>.
- [56] ZUENDO, «Copyright Zuendo,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: https://www.zuendo.com/smartblog/21_usos-del-variador-inversor-frecuencia.html.
- [57] ZUENDO, «ABB-trifásico,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: https://www.zuendo.com/abb-trifasico-380v/2671-variador-trifasico-abb-075-kw-1-cv.html?search_query=VARIADOR+DE+FRECUENCIA+ABB&results=23.
- [58] Importronic, «WEG,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: https://www.importronic.net/motores_weg_ecuador_1.html.
- [59] CLR, «Compañía Levantina de Reductores,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://clr.es/blog/es/motores-monofasicos-bifasicos-trifasicos/>.
- [60] Catedu, «E-ducativa,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1101/html/3_transmisin_por_po leas_y_correas_o_cadenas.html.

- [61] Iesvillalbahervas, «Wordpress,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/mecanismos-transmision.pdf>.
- [62] Definición.de, «Definición.de,» 17 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://definicion.de/madeja/>.
- [63] Itessa, «Materias Primas,» 16 Julio 2019. [En línea]. Available: <http://itessa.com.pe/materias-primas.php>.
- [64] Drops design, 17 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.garnstudio.com/yarn.php?show=drops-alpaca&cid=23>.
- [65] Wonderware, «Aveva Group PLC and it subsidiaries,» 7 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.wonderware.com/es-es/hmi-scada/what-is-hmi/>.
- [66] KOYO, «KOYO Latin America,» 8 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://koyola.com.pa/productos/chumaceras/>.
- [67] Indiamart, «IndianMART InterMESH Ltd,» 10 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.indiamart.com/proddetail/ac-servo-motor-17092280212.html>.
- [68] MatWeb, «Material Property Data,» 12 02 2020. [En línea]. Available: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=10b74ebc27344380ab16b1b69f1cffbb>.
- [69] J. M. Gea, «Autómatas Industriales,» 20 03 2020. [En línea]. Available: <https://www.automatas.org/redes/grafcet.htm>.
- [70] J. R. Viloría, Motores Eléctricos, Madrid: Paraninfo, 2002.
- [71] DIPAC, «DIPAC,» 1 05 2020. [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/ejes/aisi-1018-transmision>.

6.1. ANEXOS

6.1.1. ANEXO A (IMÁGENES)



Anexo 1. A. Ensamble de la fileta de hilo.



Anexo 2. A. Estructura de perchadora de hilo con anticorrosivo.



Anexo 3. A. Estructura de perchadora pintada.



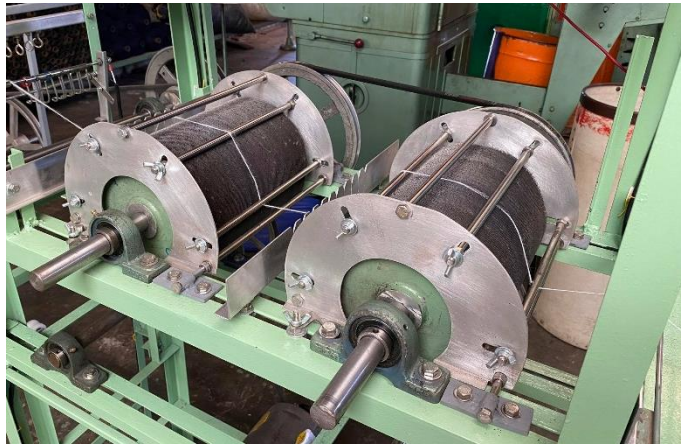
Anexo 4. A. Montaje de cilindros perchadores.



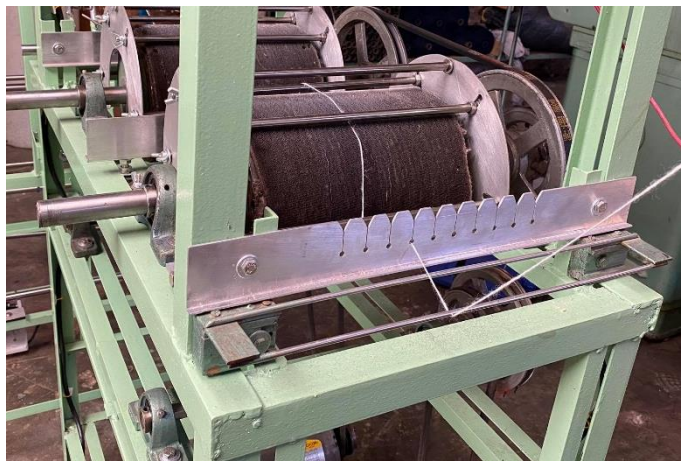
Anexo 5. A. Montaje de sistema de movimiento.



Anexo 6. A. Montaje de sensores de ruptura de hilo.



Anexo 7. A. Montaje de barras guías.



Anexo 8. A. Ensamble de guía hilos.



Anexo 9. A. Estructura de la madejadora colocada anti corrosivo.



Anexo 10. A. Estructura de la madejadora pintada.



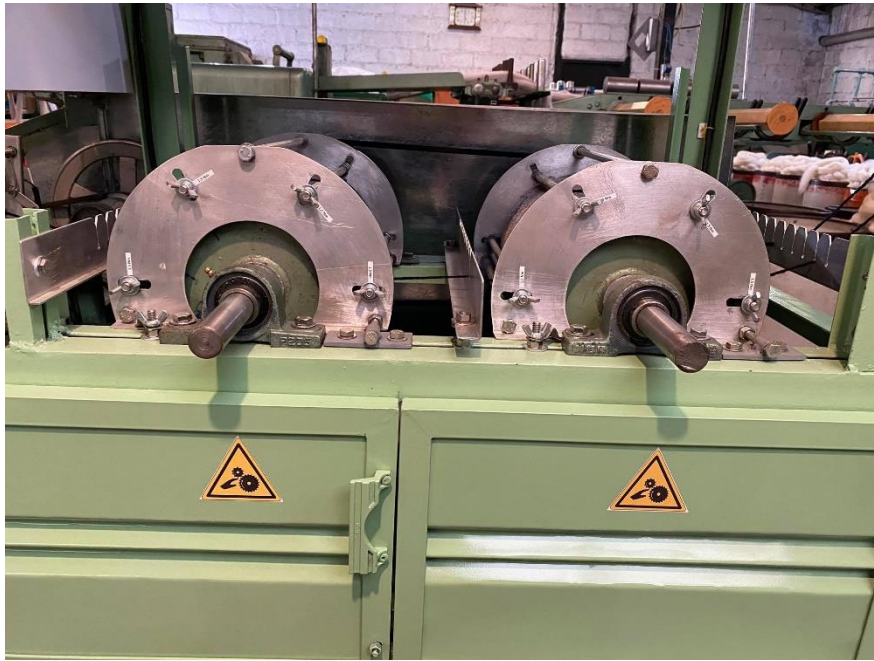
Anexo 11. A. Montaje de componentes de la madejadora.



Anexo 12. A. Ensamblaje máquina perchadora de hilo.



Anexo 13. A. Tablero de control.



Anexo 14. A. Colocación de señaléticas de seguridad.



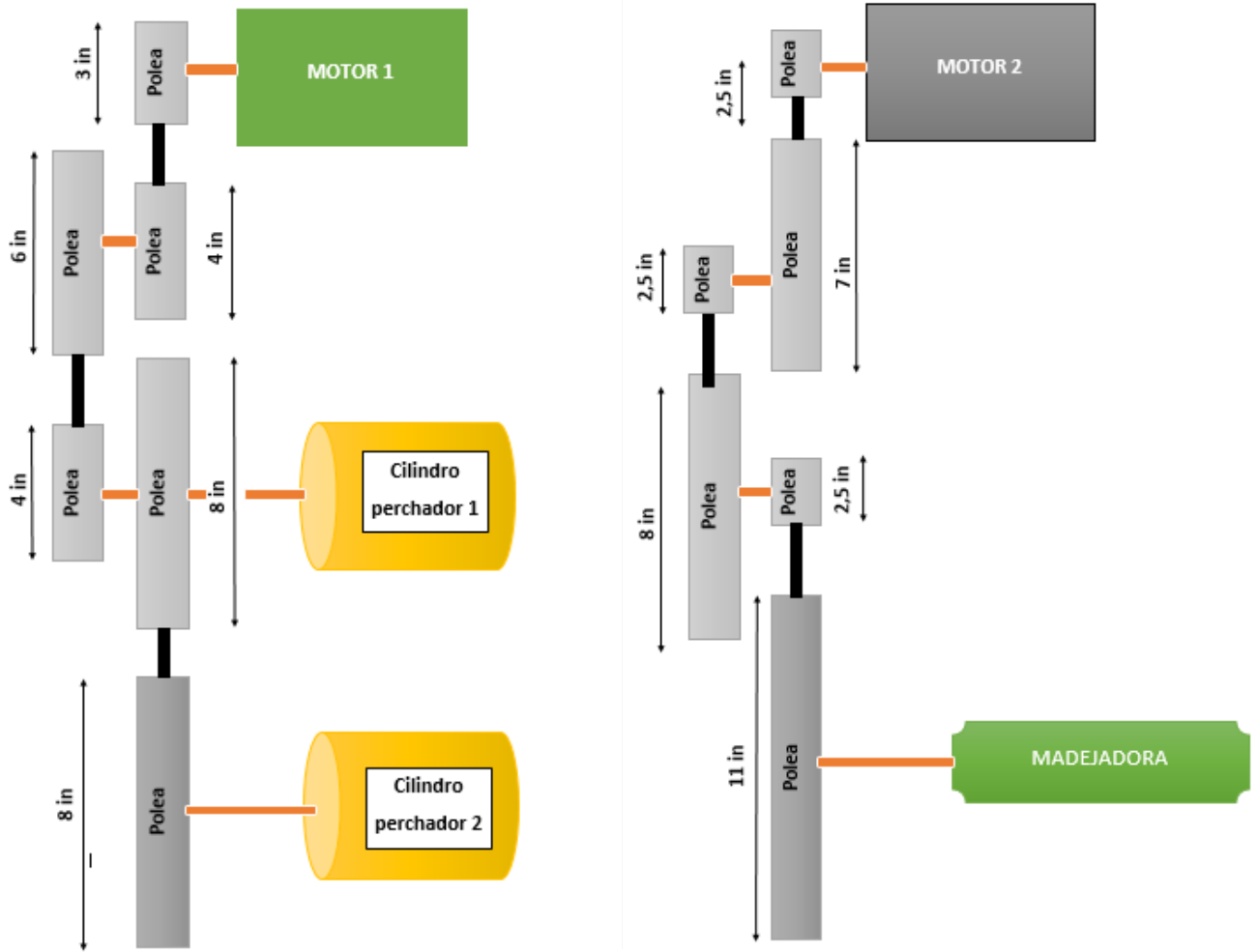
Anexo 15. A. Colocación de tapas en el sistema de transmisión de movimiento.



Anexo 16. A. Fileta de alimentación cargada.



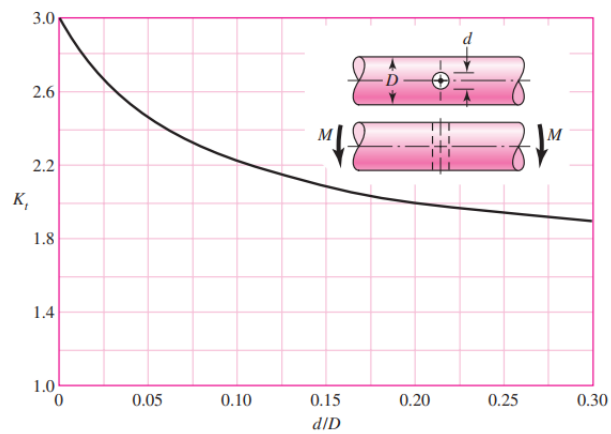
Anexo 17. A. Ensamble final máquina perchadora de hilo.



Anexo 18. A. Sistema de transmisión de velocidades.

Figura A-15-11

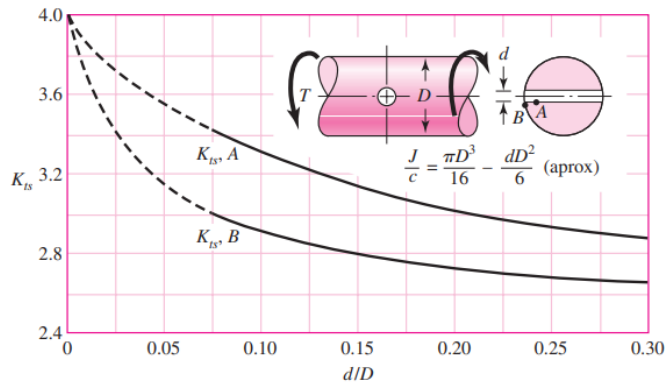
Eje redondo en flexión con un agujero transversal.
 $\sigma_0 = M/[\pi D^3/32]\{dD^2/6\}$,
 aproximadamente.



Anexo 19. A. Tabla de factores teóricos de concentración de esfuerzos. Eje redondo en flexión con agujero transversal. [37]

Figura A-15-10

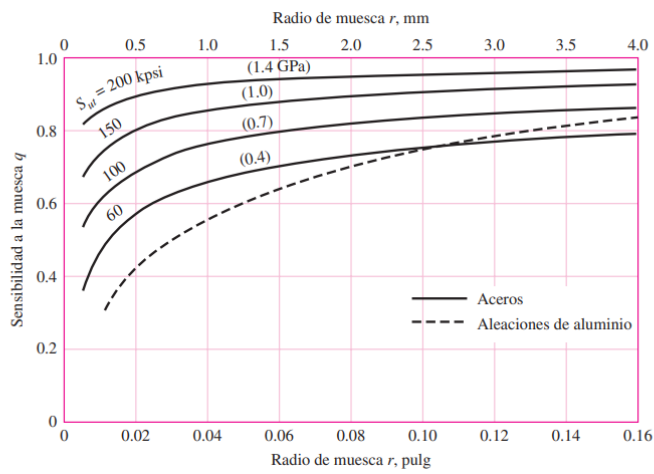
Eje redondo en torsión con agujero transversal.



Anexo 20. A. Tabla de factores teóricos de concentración de esfuerzos. Eje redondo en torsión con agujero transversal. [37]

Figura 6-20

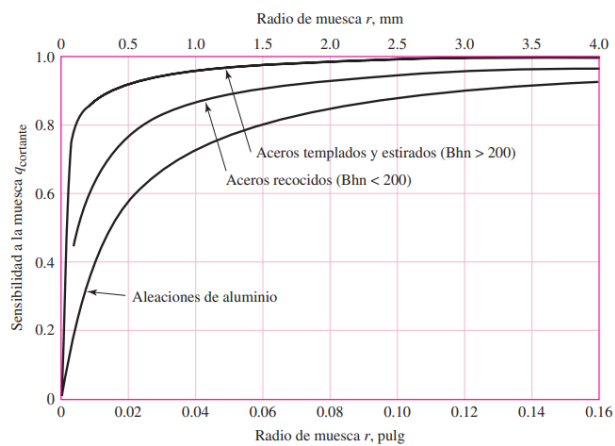
Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T, sometidos a flexión inversa de cargas axiales inversas. Para radios de muesca más grandes, use los valores de q correspondientes a la ordenada $r = .16$ pulg (4 mm). [De George Sines y J. L. Waisman (eds.), Metal Fatigue, McGraw-Hill. Nueva York, Copyright © 1969 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.]



Anexo 21. A. Tabla de sensibilidad a la muesca q sometidas flexión o cargas axiales. [37]

Figura 6-21

Sensibilidad a la muesca de materiales sometidos a torsión inversa. En el caso de radios de muesca más grandes, use los valores de $q_{\text{constante}}$ correspondientes a la ordenada $r = 0.16$ pulg (4 mm).



Anexo 22. A. Tabla de sensibilidad a la muesca q sometidas a torsión. [37]

		Parámetros de Técnicos																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Eval de clientes en %	Peso Ponderado	Eval ponderada	Brecha absoluta ponderada	Brecha absoluta relativa	IMBATEX	INCATOUS	MICHAEL	NELTEX	
		7.6%	8.7%	14.5%	3.8%	13.6%	5.2%	7.8%	11.8%	4.9%	12.2%	6.7%	3.3%	0.3%	6.1%	14.6%										
Nº	Requisitos del Calidad Nivel 2	Peso Ponderado	Velocidad de la máquina en m/min	Tiempo de producción	Porcentaje de producción	Suavidad	Nivel de automatización	Voltaje	Tiempo de extracción de madejas	Tiempo de operación	Repuestos en el mercado nacional	Tipo de sensor	Número de botones en el tablero de control	Peso controlado en RPM	Nivel de decibeles	Tensión de hilo	Precio									
1	Producción de 4kg/hora	7.50	9	3	9			1	3			9					9	100%	7.50	7.50	0.00	0.0%	5.00	4.00	3.50	3.75
2	8 horas de trabajo	6.79	1	9	3			1										80%	6.79	5.43	1.36	11.8%	4.00	3.00	4.00	4.00
3	Eficiencia de trabajo del 60%	6.79	3	9	9		3	1	3	1		3	1					80%	6.79	5.43	1.36	11.8%	4.00	4.00	4.00	1.65
4	Suavidad al tacto	7.86	1			9										9		80%	7.86	6.29	1.57	13.7%	4.00	5.00	4.00	3.00
5	Proceso semiautomático	7.14			3		9	1	3	3	1		3	1			9	100%	7.14	7.14	0.00	0.0%	5.00	4.00	4.00	4.00
6	Energía eléctrica 220V	5.18	3	1	3		1	9				1		1	1			80%	5.18	4.14	1.04	9.0%	4.00	4.00	5.00	3.00
7	Fácil extracción de las madejas	4.82							9	9							3	80%	4.82	3.86	0.96	8.4%	4.00	3.00	3.00	3.10
8	Supervisión por un obrero en tiempos cortos	5.89		1			3		9	9								100%	5.89	5.89	0.00	0.0%	5.00	4.00	4.00	4.00
9	Fácil mantenimiento	6.96			3		1	3	3	3	9	3				3	3	100%	6.96	6.96	0.00	0.0%	5.00	5.00	5.00	3.20
10	Sistema de ruptura de hilo	7.14	1		3		9				3	9	3			3	9	80%	7.14	5.71	1.43	12.4%	4.00	2.00	4.00	2.00
11	Fácil operación	8.21			3		3			9			9				3	80%	8.21	6.57	1.64	14.3%	4.00	3.00	3.00	3.00
12	Madejas con peso determinado	5.36	3	1	3		9		3			9		9				60%	5.36	3.21	2.14	18.6%	3.00	3.00	3.00	2.00
13	Bandas y poleas que no realice mucho ruido	5.89	9	1							9				9		3	60%	5.89	3.54	2.36	20.5%	3.00	2.00	4.00	3.00
14	Calibración para el título de hilo más común 1.5Nm	7.68	9		1	3	3									9	9	80%	7.68	6.14	1.54	13.4%	4.00	4.00	3.00	3.00
15	Valor de la máquina alrededor de \$4000	6.79	3				9				9	9	3	1	1	1	9	100%	6.79	6.79	0.00	0.0%	5.00	2.00	2.00	1.00
			Velocidad de la máquina en m/min	Tiempo de producción	Porcentaje de producción	Suavidad	Nivel de automatización	Voltaje	Tiempo de extracción de madejas	Tiempo de operación	Repuestos en el mercado nacional	Tipo de sensor	Número de botones en el tablero de control	Peso controlado en RPM	Nivel de decibeles	Tensión de hilo	Precio									
	Importancia técnica absoluta y relativa		141.3	161.1	268.9	70.7	251.6	95.7	144.6	219.5	91.3	226.4	123.6	60.5	5.2	113.0	271.6	85.0%	79.643	68.143	11.500	100.0%	340.71	293.93	308.57	244.59
			7.6%	8.7%	14.5%	3.8%	13.6%	5.2%	7.8%	11.8%	4.9%	12.2%	6.7%	3.3%	0.3%	6.1%	14.6%									

Anexo 23. A. Matriz QFD o casa de la calidad.

6.1.2. ANEXO B (ANÁLISIS ECONÓMICO)

6.1.2.1. Costos

Los costos que se indican a continuación se dividen en dos rubros, el costo de la máquina y el costo de producción de perchado de la máquina.

6.1.2.2. Costo de elaboración de la perchadora

Para determinar el valor total de la máquina se consideran los costos de materiales, equipos y dispositivos utilizados; los directos como mano de obra y los indirectos. Es importante indicar que algunos materiales utilizados en la máquina existían en la empresa auspiciante. Estos costos se detallan a continuación.

Costos de equipos, dispositivos y materiales. - En la *tabla 66* se detallan todos los elementos utilizados en la construcción de la máquina.

Tabla 66. Costos de construcción equipos, dispositivos y materiales de la máquina perchadora.

CANTIDAD	EQUIPO/DISPOSITIVO/MATERIAL/OTROS	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Fileta de hilo			
4	Tubo estructural de 3/4 de pulgada	14,15	56,6
2	Bases de estructura	10	20
20	Porta conos	0,5	10
4	Acoples de estructura	0,75	3
10	Guía hilos	1	10
8	Acoples de filetas de hilo	2	16
16	Pernos	0,1	1,6
16	Tuercas	0,5	8
Perchadora de hilo			
4	Estructura de la perchadora (ángulo de 40mmx40mmx3mm) 6m de largo	12,55	50,2
3	Guía hilos	15	45
6	Pernos para guía hilos	0,1	0,6
6	Arandelas para guía hilos	0,05	0,3
6	Tuercas para guía hilos	0,05	0,3
2	Tambores perchadores	20	40

1	Guarniciones	50	50
1	Ejes de transmisión 3/4 pulgada	19	19
4	Estructura barras guías	25	100
10	Barras guías	5	50
20	Tuercas mariposa	0,2	4
10	Chumacera 3/4 pulgada	8	80
20	Pernos para chumaceras	0,1	2
20	Arandelas para chumaceras	0,05	1
20	Tuercas para chumaceras	0,05	1
11	Poleas de transmisión	8	88
6	Bandas de transmisión	5	30
	Tablero eléctrico		
1	Caja eléctrica (40x40x15) cm	20	20
1	Motor de 3hp ABB	200	200
1	Motor de 1 hp Baldor	150	150
2	Variadores de frecuencia DELTA trifásico 2.2 Kw	200	400
2	Breaker bifásico	15	30
1	Breaker Trifásico Merlin Gerin C60N	20	20
5	Relés OMRON	10	50
2	Relé térmico Telemecanique lc1d09	20	40
2	Timer FUSI Electric MS4SA	20	40
2	Contactores Schneider LADN20	30	60
1	Contactador de potencia	35	35
2	Luz piloto LED 2MM Azul 110V/220V CAMSC	1,95	3,9
2	Luz piloto LED 2MM Amarilla 110V/220V CAMSC	1,95	3,9
1	Luz piloto LED 2MM Rojo 110V/220V CAMSC	1,95	1,95
1	Luz piloto LED 2MM Verde 110V/220V CAMSC	1,95	1,95
1	Selector 2 posiciones CAMSCO/SASSI	3,75	3,75
1	Pulsador color rojo	2,8	2,8
3	Pulsador color verde	2,8	8,4
10	Cable 12 por metro	0,35	3,5
1	Sensor de ruptura de hilo	50	50
2	Pernos para estructura de sensor de ruptura de hilo	0,1	0,2
2	Arandelas para estructura de sensor de ruptura de hilo	0,05	0,1
2	Tuercas para estructura de sensor de ruptura de hilo	0,05	0,1
2	Soportes de tablero eléctrico	5	10
8	Pernos sujeción de tablero eléctrico	0,1	0,8
8	Arandelas de sujeción de tablero eléctrico	0,5	4
8	Tuercas de sujeción de tablero eléctrico	0,5	4
	Madejadora		
3	Estructura madejadora (ángulo de 25mmx25mmx3mm) 6m de largo	7,71	23,13
1	Tubo cuadrado de (20x20x3) mm 6m de largo	16	16
2	Tubo redondo de 1/2 pulgada 6m de largo	6,5	13
10	Cáncamos pequeños	0,2	2
10	Cáncamos grandes	0,25	2,5
2	Aspas	15	30
24	Tuercas de sujeción de las aspas	0,1	2,4

24	Pernos de sujeción de las aspas	0,5	12
4	Chumacera 3/4 pulgada	8	32
8	Pernos para chumaceras	0,1	0,8
8	Tuercas para chumaceras	0,5	4
8	Arandelas para chumaceras	0,5	4
1	Ejes de transmisión 1/2 pulgada	19	19
1	Sensor de madejadora Precision Limit Switch (Freeport ill USA)	75	75
1	Sensor de la palanca manual Precision Limit Switch (Freeport ill USA)	75	75
4	Litros de Pintura (Esmalte y anticorrosivo)	4,50	18
TOTAL			2159,78

Mano de obra directa. – La estructura de la máquina, corte de ejes, tambor madejador, aletas de la madejadora, palanca de la madejadora, barras guías hilo, soportes para tensión de los hilos, fileta y otras partes de la máquina fueron construidas en un taller mecánico, de acuerdo al diseño realizado y bajo la supervisión del tesista. El costo incurrido en este rubro, mano de obra directa, fue de 850,00 USD.

Mano de obra indirecta. – En este rubro se considera al asesoramiento dado por el dueño de la empresa IMBATEX, quien empleo parte de su tiempo en dar indicaciones en el diseño, construcción, pruebas de funcionamiento y corrección de errores.

Para el cálculo de este rubro se toma en cuenta un tiempo de 26 horas de asesoramiento, cuyo valor es calculado respecto a las 176 horas mensuales con el sueldo de 2200 USD que percibe en la empresa y que empleo en el desarrollo de la máquina. El costo a este rubro da como resultado **325,00 USD.**

En resumen, el costo de construcción de la máquina se indica en la *tabla 67*.

Tabla 67. Resumen de costos de construcción.

Rubro	Costo (Usd)
Costos de materiales	2159,78
Mano de obra directa	850,00
Mano de obra indirecta	325,00
TOTAL	3334,78

El costo de construcción de la máquina es de 3334,78 USD costo que es relativamente bajo en comparación al costo que resultaría comprar la máquina perchadora en el exterior, según el propietario de la empresa IMBATEX.

6.1.2.3. Costo de fabricación del hilo perchado

El costo que representa hacer el perchado en la máquina diseñada es calculado en base a los siguientes rubros:

- Depreciación de la máquina.
- Mano de obra directa.
- Energía Eléctrica.
- Producción.
- Otros rubros (Mantenimiento, lubricantes, entre otros).

Para encontrar el valor de la depreciación se considera 10 años de vida útil de la máquina, a un porcentaje del 20% anual, calculado a partir del costo de la máquina que es de 3334,78 USD y un valor residual o de desecho de la máquina 100 USD.

Depreciación. - Se calcula con la siguiente relación:

Depreciación: D

Valor de la máquina: C

Valor de desecho: R

Vida útil: V

$$D = \frac{C - R}{V}$$
$$D = \frac{3334,78 - 100}{10}$$

$$D = 327,48 \text{ USD}$$

El valor de la depreciación anual es de 327,48 USD/año.

Si la producción es 4,28 kg/h, calculada anteriormente, y se trabaja un solo turno de 8 horas diarias, 22 días al mes dando un total de 176 horas al mes, se calcula el costo de depreciación por kg de hilo procesado.

El valor de la depreciación mensual es de 27,29 USD/mes.

El valor de la depreciación por hora es de 0,16 USD/h.

El valor de la depreciación por kg de hilo producido es:

$$\text{Costo depreciación máquina (USD/kg)} = \frac{\text{Depreciación (USD/h)}}{\text{Producción (kg/h)}}$$

$$\text{Costo depreciación máquina (USD/kg)} = \frac{0,16 \text{ USD/h}}{4,28 \text{ kg/h}}$$

$$\text{Costo depreciación máquina (USD/kg)} = \mathbf{0,04 \text{ USD/kg}}$$

Mano de obra directa. - Esta se calcula en base a un sueldo básico que es de 500 USD/mes. El tiempo que dedica a la máquina perchadora el obrero es de un 20% de su tiempo total de trabajo, solamente se dedicará a encender la máquina, alimentar los hilos en la fileta y a retirar las madejas cuando termine las paradas; la mayor parte del tiempo la máquina trabajará con su sistema de control.

El cálculo del costo de mano de obra directa en USD/kg, es:

Datos:

Sueldo: 500 USD

Hilo: 1,5 Nm (0,67 g/m)

Producción: 4,28 kg/h

$$\text{Costo de producción (USD/kg)} = \frac{(\text{Sueldo (USD/mes)} \cdot \% \text{ de tiempo trabajo})}{(\text{Horas trabajo mes} \left(\frac{\text{h}}{\text{mes}}\right) \cdot \text{Producción (kg/h)})}$$

$$\text{Costo de producción (USD/kg)} = \frac{(500 \text{ USD/mes} \cdot 0,2)}{(176 \text{ h/mes} \cdot 4 \text{ kg/h})}$$

$$\text{Costo de producción (USD/kg)} = \mathbf{0,13 \text{ USD/kg}}$$

Energía eléctrica. - Este costo se calcula en base a los dos motores de 1 HP y 3 HP equivalente 0,75 kw y 2,23 kw respectivamente; y con el costo de la energía eléctrica de 0,10 USD / kw·h.

El cálculo del costo de la energía eléctrica es:

Datos:

Potencia motores: 2,98 kw

Costo energía eléctrica: 0,10 USD/kw·h

Producción: 4,28 kg/h

$$\text{Consumo Energía Perchadora} = \text{Potencia motores (kw)} \cdot \text{costo energía (kw·h)}$$

$$\text{Consumo Energía Perchadora} = 2,98 \text{ kw} \cdot 0,10 \text{ USD/kw·h}$$

$$\text{Consumo Energía Perchadora} = \mathbf{0,29 \text{ USD/h}}$$

$$\text{Costo energía perchadora (USD/kg)} = \text{Consumo energía (USD/h)} / \text{Producción (kg/h)}$$

$$\text{Costo energía perchadora (USD/kg)} = 0,29 \text{ USD/h} / 4,28 \text{ kg/h}$$

$$\text{Costo energía perchadora (USD/kg)} = \mathbf{0,07 \text{ USD / kg}}$$

Otros rubros (Mantenimiento, lubricantes, entre otros). - Para este rubro se asignan un costo total mensual de 30 USD, cantidad que es aceptable para esta máquina, el valor en USD/kg es:

$$\text{Costo mantenimiento (USD/Kg)} = \frac{\text{Costo mensual (USD)}}{\text{Producción mensual (Kg)}}$$

$$\text{Costo mantenimiento (USD/Kg)} = \frac{30 \text{ USD}}{753,28 \text{ kg}}$$

$$\text{Costo mantenimiento (USD/Kg)} = \mathbf{0,04 \text{ Usd/kg}}$$

El costo total calculado para hacer el perchado en la máquina se indica en la tabla 68.

Tabla 68. Costo total del perchado.

Rubro	Costo (Usd/kg)
Depreciación	0,04
Mano de Obra Directa	0,13
Energía eléctrica	0,07
Otros rubros	0,04
TOTAL	0,28

El costo total de hacer el perchado, de acuerdo a lo que se observa en la tabla anterior, es de **0,28 USD/kg**.

6.1.2.4. Recuperación de la inversión

Esto se calcula con la finalidad de establecer el tiempo en el cual se recupera la inversión realizada en la construcción de la máquina. Para el cálculo se considera la producción, el costo del proceso de perchado, la inversión realizada en la construcción de la máquina y la utilidad que se asigna al proceso de perchado. En este último aspecto, la utilidad asignada al proceso es la ganancia que la empresa que auspicia la construcción de la máquina espera conseguir, en este caso es de 3,00 USD/kg de hilo perchado, valor que es independiente del costo del proceso. El cálculo se realiza a continuación:

Datos:

Inversión realizada:	3334,78
Producción perchadora:	4,28 kg/h
Utilidad asignada (empresa):	3,00 USD/kg
Tiempo de trabajo (Un turno):	8 h

$$\text{Utilidad mensual} = \text{Prod (kg/h)} \cdot \text{Numero horas mes (h/mes)} \cdot \text{Utilidad asignada (Usd/kg)}$$

$$\text{Utilidad mensual} = 4,28 \text{ Kg/h} \cdot 176 \text{ h/mes} \cdot 3,00 \text{ Usd /kg}$$

$$\text{Utilidad mensual} = 2259,84 \text{ USD/mes}$$

$$\text{Recuperación de la inversión} = \frac{\text{Inversión realizada (USD)}}{\text{Utilidad mensual (USD/mes)}}$$

$$\text{Recuperación de la inversión} = \frac{3334,78 \text{ USD}}{2259,84 \text{ USD/mes}}$$

$$\text{Recuperación de la inversión} = \mathbf{1,48 \text{ meses}}$$

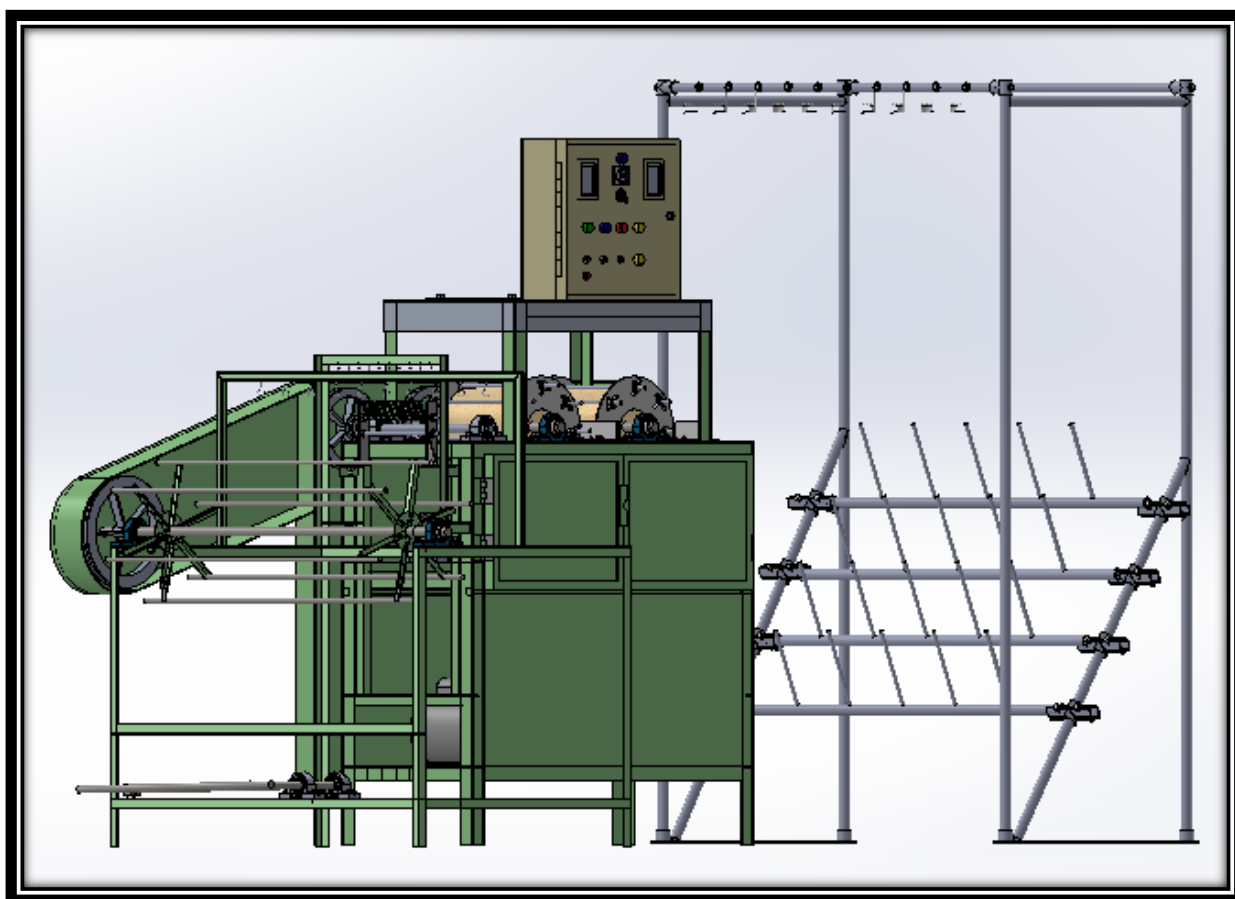
De acuerdo a los datos de producción de la máquina y a la utilidad asignada al proceso de perchado por la empresa, en Dólares por kilogramo de hilo procesado y considerando que la máquina trabajaría los 22 días al mes en un solo turno de trabajo, el tiempo en el cual se recupera los **3334,78 USD** invertidos es de **1,48 meses**, tiempo que es bastante corto.

6.1.3. ANEXO C (MANUAL DE OPERACIÓN)

MANUAL DE OPERACIÓN

MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL PERCHADO

MECÁNICO DE HILOS CON FIBRA DE ALPACA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



La no lectura del manual de operación puede ocasionar accidentes personales o daños a la Máquina Perchadora de Hilo, sea este el caso, se deslinda al fabricante de cualquier responsabilidad durante su uso.

Objetivo

El manual de operación tiene como objetivo dar a conocer a cualquier persona encargada usar la máquina, la información necesaria para realizar una correcta preparación y accionamiento de la misma.

Peligros



SEGURIDAD ELÉCTRICA. - La Máquina Perchadora funciona a 220V, está dentro de la directiva de baja tensión. El sistema eléctrico cuenta con un sistema de protección: cortocircuito, sobrecarga, sobretensión y sobre temperatura.



SEGURIDAD MECÁNICA. – La máquina, tiene su lugar de mayor peligro en el sistema de perchado, que lo conforman dos cilindros con púas que giran a gran velocidad, pudiendo causar atrapamiento o cortes en la piel.

Preparación del proceso

Consta de tres partes principales:

1. Alimentación de hilo

Se coloca conos de hilos en las respectivas filetas, existen 10 porta conos principales (fila 1-2) y 10 de reserva (fila 3-4), y luego pasa por los guías hilos, ubicados en la parte superior de la estructura.

2. Perchadora

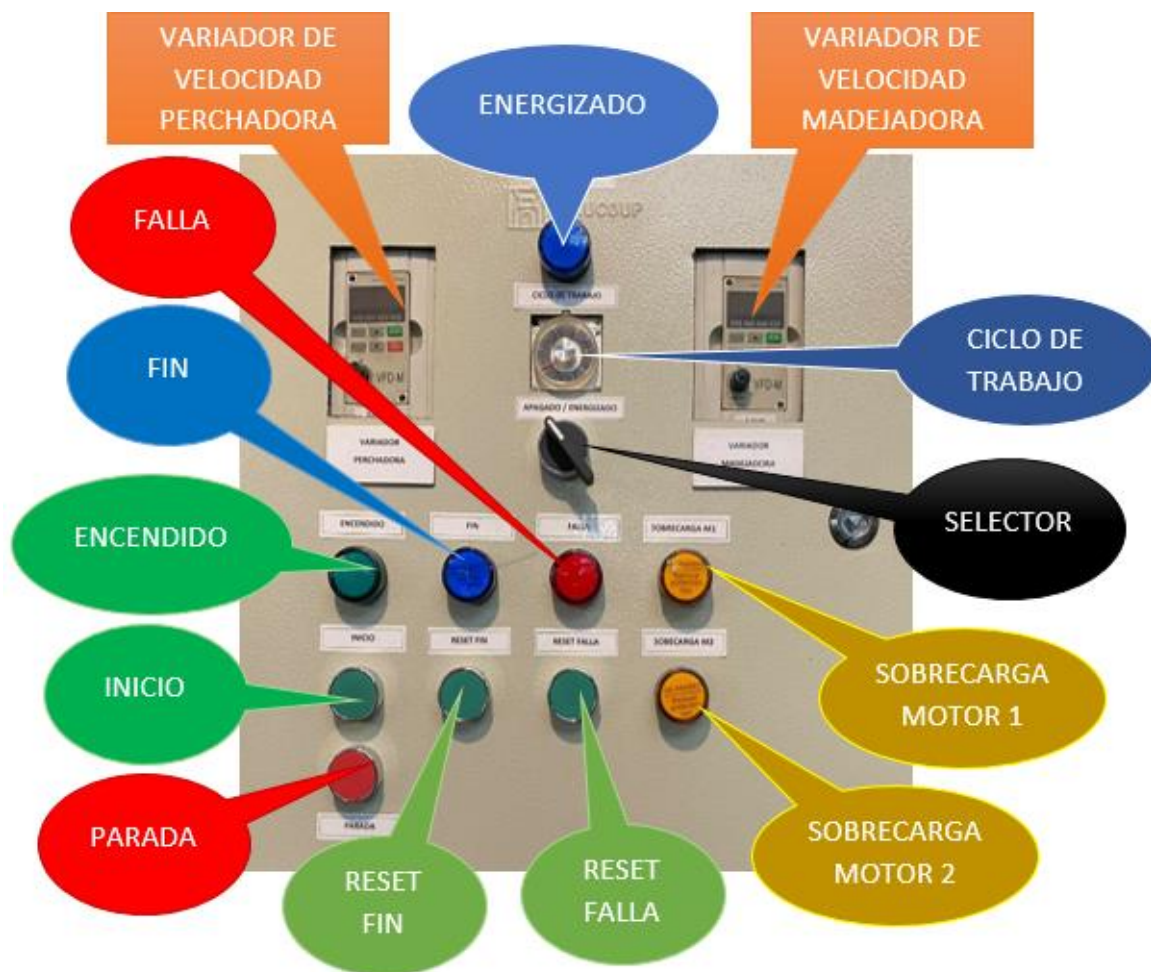
Se procede a pasar los diferentes hilos por las guías, a continuación, por las estructuras que regulan la tensión de roce entre el hilo y los cilindros perchadores, para finalmente pasar por los sensores de ruptura de hilo.

3. Madejadora

Paso del hilo por las guías (cáncamos), para ser empalmados en el aspa de la madejadora, y dar inicio al proceso.

Tablero de control

Operación del proceso



Una vez que el hilo está ubicado, se procede al uso del tablero de control, en primer lugar, se gira el “SELECTOR”, a la posición “ENERGIZADO” encendiéndose la luz azul ubicada en la parte superior del tablero, indicando que el sistema de control está listo para accionarse.

Al pulsar “INICIO” se accionan los tanto los rodillos como la madejadora, existiendo un tiempo de verificación para garantizar que los dos motores estén en funcionamiento, caso contrario, el proceso se detiene, y se energiza la lámpara de color rojo, indicándonos “FALLA”. En este caso el operador, deberá corregir la falla, para luego resetear la alarma y arrancar nuevamente el proceso. Caso contrario, se cumplirá normalmente.

Si en el transcurso, existe ruptura de alguno de los hilos, la máquina se detendrá encendiéndose la lámpara de “FALLA”. El operador deberá solucionar el problema y resetear la alarma para reiniciar el proceso.

Existe también paro por sobrecarga de cualquiera de los motores, encendiéndose la lámpara que indica esta anomalía, en el tablero están ubicadas con el nombre de “SOBRECARGA M1” y “SOBRECARGA M2”. El operador deberá corregir la falla y reiniciará el proceso.

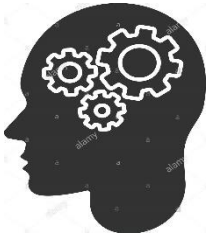
Si el proceso transcurre sin ningún inconveniente, existe un temporizador, que contabiliza el tiempo con el nombre de “CICLO DE TRABAJO”, el cual, al cumplir el tiempo establecido, se acciona, habilitando el interruptor ubicado en el tambor de la madejadora para parar el proceso en la “POSICIÓN DE ACCESO” del operador, encendiéndose al mismo tiempo la lámpara de “FIN”. En este caso el operador procede a sacar las madejas, levantando el tambor con la ayuda de una palanca manual, activándose un interruptor de seguridad que impide que se reinicie el nuevo proceso.

Luego que el operador saca las madejas y regresa el tambor a su posición inicial, hay que pulsar el botón “RESET” de fin de proceso para que la máquina esté lista para iniciar su nuevo ciclo.

Cabe indicar que la máquina puede detenerse por cualquier motivo, pulsando el botón

“PARADA” y reiniciar pulsando el botón “INICIO”.

En caso de requerir trabajar con otro tipo de título de hilo, se procederá a modificar los valores de frecuencia para variar las velocidades tanto de los cilindros como de la madejadora, y trabajar con los parámetros ideales. Del mismo modo si se desea cambiar el peso de cada madeja, es necesario regular el temporizador presente en el tablero de control, realizando un cálculo dependiendo de la velocidad de recolección que se esté trabajando.



El manual de operación de la máquina perchadora, es un instrumento muy útil previo a la manipulación de la misma, ya que describe de una manera básica y ordenada, la preparación de la máquina como los pasos para accionar y finalizar el proceso, dando el significado de cada pulsador o alarma visual, que presenta el tablero de control.

6.1.4. ANEXO D (PLANO DE CONTROL)

