

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

**DISEÑO CAD/CAE DE UNA MÁQUINA PARA
EXTRACCIÓN DE BIOFIBRA DE PSEUDOTALLO DE
PLÁTANO PARA LA COMUNIDAD NATIVA DE SANTA ROSA
DE PAGKINTSA, PERÚ**

**TESIS PARA OPTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor: Bach. José Fernando Zapata Díaz

Autor: Bach. Isac Aldair Vásquez Fernández

Asesor: Mg. Ing. Lenin Franchescoeth Núñez Pintado

Co-asesor: Ing. Carla Guianella Samaniego Lalangui

Línea de investigación: Diseño mecánico y eléctrico

JAÉN-PERÚ

2026

José Fernando Zapata Díaz Y Isac Aldair Vásquez F...

DISEÑO CAD/CAE DE UNA MÁQUINA PARA EXTRACCIÓN DE BIOFIBRA DE PSEUDOTALLO DE PLÁTANO PARA LA COMUNI...

 Quick Submit Quick Submit Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:old::1:3566688569

205 páginas

Fecha de entrega

11 may 2026, 9:13 a.m. GMT-5

31.325 palabras

Fecha de descarga

11 may 2026, 9:19 a.m. GMT-5

181.508 caracteres

Nombre del archivo

A_DE_SANTA_ROSA_DE_PAGKINTSA_PER_-_JOS_FERNANDO_ZAPATA_D_AZ.pdf

Tamaño del archivo

11.1 MB



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

2% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
23 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN
Ley de Creación N° 29304
Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 12 de junio del año 2026, siendo las 17:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente : ...Prof. Henry O. Pinedo Nava, MSc..Ing.....
Secretario : ...Prof. José Andrés Fernández Mera, MSc. Ing.....
Vocal :... Prof. Jannier Montenegro Juárez, MSc. Ing.,

para evaluar la sustentación del Informe Final:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

"Diseño CAD/CAE de una máquina para extracción de biofibra de pseudotallo de plátano para la comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa, Perú"

(Resolución No. 360-2026-UNJ/FI)

presentado por Bachilleres José Fernando Zapata Díaz e Isac Aldair Vásquez Fernández de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

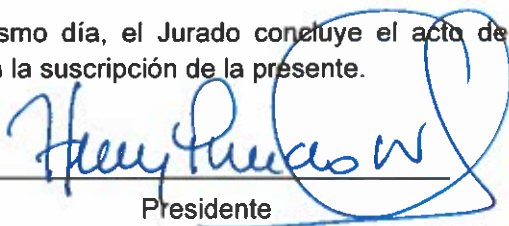
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

(Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (15) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 18:00 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Presidente


Secretario


Vocal

“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO

DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Nosotros, José Fernando Zapata Díaz identificado con DNI N° 7686158 y Isac Alair Vásquez Fernández identificado con DNI N°75948998, bachilleres de la carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

“DISEÑO CAD/CAE DE UNA MÁQUINA PARA EXTRACCIÓN DE BIOFIBRA DE PSEUDOTALLO DE PLÁTANO PARA LA COMUNIDAD NATIVA DE SANTA ROSA DE PAGKINTSA, PERÚ”.

Asesorado por el Mg. Lenin Franchescoleth Núñez Pintado.

El mismo que presento bajo la modalidad de tesis para optar; el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctrico.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén 04 de septiembre del 2026.



Bach. José Fernando Zapata Díaz



Bach. Isac Alair Vásquez Fernández

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS	11
INDICE DE ANEXOS.....	13
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Antecedentes	4
1.2 Realidad Problemática	13
1.2.1. Realidad Problemática	13
1.3 Justificación	16
1.3.1. Justificación Social	16
1.3.2. Justificación económica	16
1.3.3. Justificación Ambiental.....	16
1.3.4. Justificación Tecnológica.....	17
1.4 Objetivo de estudio	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos.....	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
2.1 Materiales.....	18
2.2 Metodología	19
2.2.1. Análisis de campo	19
2.2.1.1. Zona de estudio.....	19

2.2.1.2.	Disponibilidad del pseudotallo de plátano.....	19
2.2.1.3.	Condiciones ambientales.	20
2.2.1.4.	Condiciones de operación.....	20
2.2.2	Requerimiento y parámetros técnicos del diseño.....	21
2.2.2.1.	Propiedades físicas y mecánicas del pseudotallo de plátano y su biofibra.	21
2.2.2.1.1.	Medición de las propiedades físicas.	21
2.2.2.1.2.	Longitud.....	21
2.2.2.1.3.	Diámetro del pseudotallo del plátano.....	23
2.2.2.1.4.	Masa del pseudotallo del plátano.....	25
2.2.2.1.5.	Ancho de la vaina del pseudotallo del plátano.....	27
2.2.2.1.6.	Espesor de la vaina del pseudotallo del plátano.....	28
2.2.2.1.7.	Densidad de masa del pseudotallo del plátano	30
2.2.2.1.8.	Humedad del pseudotallo del plátano	30
2.2.2.2.	Propiedades mecánicas de la Biofibra de plátano.....	31
2.2.2.2.1.	Resistencia máxima a la tracción.....	31
2.2.2.2.2.	Módulo de Young.....	32
2.2.2.2.3.	Resistencia a la flexión	33
2.2.2.2.4.	Deformación	33
2.2.2.3.	Requerimientos del diseño.....	34
2.2.2.3.1.	Física y económica.....	34
2.2.2.3.2.	Necesidad Funcional	35
2.2.2.3.3.	Material	35
2.2.3.	Dimensionamiento de la máquina.....	36
2.2.3.1.	Diseño de la unidad extractora de biofibra	36
2.2.3.1.1.	Diseño del rodillo.....	36

2.2.3.1.2.	Diseño del tambor	39
2.2.3.1.3.	Potencia de accionamiento.....	42
2.2.3.2.	Diseño del sistema de transmisión.....	51
2.2.3.2.1.	Potencia de diseño.....	51
2.2.3.2.2.	Perfil de la correa	53
2.2.3.2.3.	Dimensiones de las poleas para la extracción de biofibra.	56
2.2.3.2.4.	Determinación de la longitud de la correa	57
2.2.3.2.5.	Ángulo de contacto de la transmisión por correa trapezoidal.....	58
2.2.3.2.6.	Tensiones en transmisiones por correa trapezoidal.....	59
2.2.3.3.	Diseño del eje del descortezador.....	60
2.2.3.3.1.	Carga en el eje del descortezador.....	60
2.2.3.4.	Diseño de la estructura.....	63
2.2.4.	Diseño del sistema eléctrico.....	64
2.2.4.1.	Circuito de potencia	64
2.2.4.2.	Circuito de mando.....	65
2.2.4.3.	Funcionamiento del sistema eléctrico en representación 2D	66
2.2.5.	Evaluación económica	68
2.2.5.1.	Costo fijo de la máquina.	68
2.2.5.1.1.	Depreciación.	68
2.2.5.1.2.	Interés de la inversión.	68
2.2.5.1.3.	Impuestos y seguros.....	69
2.2.5.2.	Costo de operación de la máquina.	69
2.2.5.2.1.	Costo de reparación y mantenimiento.....	69
2.2.5.2.2.	Salario del operador	69
2.2.5.3.	Costo total de operación de la máquina.	69

2.2.5.4.	Punto de equilibrio.....	69
2.2.5.5.	Periodo de recuperación.....	70
2.2.5.6.	Evaluación VAN/TIR.....	71
III.	RESULTADOS	73
3.1	Análisis de campo	73
3.1.1.	Zona de estudio.....	73
3.1.2.	Disponibilidad del pseudotallo de plátano.....	74
3.1.3.	Condiciones ambientales.	74
3.1.4.	Condiciones de operación.....	75
3.2	Requerimientos y parámetros técnicos del diseño	76
3.2.1.	Propiedades físicas y mecánicas del pseudotallo de plátano y su biofibra	76
3.2.1.1.	Medición de las propiedades físicas.	76
3.2.1.1.1.	Longitud.....	76
3.2.1.1.2.	Diámetro del pseudotallo del plátano	76
3.2.1.1.3.	Peso del pseudotallo del plátano.	77
3.2.1.1.4.	Ancho de la vaina del pseudotallo del plátano.....	77
3.2.1.1.5.	Espesor de la vaina del pseudotallo del plátano.....	77
3.2.1.1.6.	Densidad de masa del pseudotallo del plátano	77
3.2.1.1.7.	Humedad del pseudotallo del plátano	77
3.2.1.2	Propiedades mecánicas de la Biofibra de plátano	78
3.2.1.2.1	Resistencia máxima a la tracción.....	78
3.2.1.2.2	Módulo de Young.....	79
3.2.1.2.3	Resistencia a la flexión	79
3.2.1.2.4	Deformación	80
3.3	Dimensionamiento de la máquina.....	81

3.3.1. Diseño de la unidad extractora de biofibra.	81
3.3.1.1. Diseño del rodillo.....	81
3.3.1.1.1. Fuerza requerida para comprimir el pseudotallo de plátano.	81
3.3.1.1.2. Diámetro del rodillo.....	81
3.3.1.2. Diseño del tambor.....	83
3.3.1.2.1. Fuerza requerida para despulpar el pseudotallo de plátano.	83
3.3.1.2.2. Diámetro del tambor.....	85
3.3.1.2.3. Volumen del cilindro.....	87
3.3.1.2.4. Peso del cilindro.....	88
3.3.1.2.5. Discos redondos.....	88
3.3.1.3. Potencia de accionamiento.....	90
3.3.1.3.1. Energía para operar el rodillo.....	90
3.3.1.3.2. Potencia para el tambor.....	90
3.3.1.3.3. Banda transportadora.....	90
3.3.2. Diseño del sistema de transmisión.....	93
3.3.2.1. Potencia de diseño.....	93
3.3.2.2. Perfil de la correa.....	94
3.3.2.3. Dimensiones de las poleas para la extracción de biofibra.....	95
3.3.2.4. Determinación de la longitud de la correa.....	104
3.3.2.5. Ángulo de contacto de la transmisión por correa trapezoidal.....	108
3.3.2.6. Tensión de transmisión por correa trapezoidal.....	110
3.3.3. Diseño del eje del descortezador.....	114
3.3.3.1. Carga en el eje del descortezador.....	114
3.3.3.1.1. Fuerza ejercida por poleas.....	114
3.3.3.1.2. Fuerza ejercida por el tambor descortezador.....	117

3.3.3.1.3.	Determinación del diámetro del eje del descortezador	118
3.3.4.	Diseño de la estructura.....	126
3.4	Diseño eléctrico	133
3.4.1.	Funcionamiento del sistema en estado de encendido	133
3.4.2.	Funcionamiento del sistema en estado de paro y condición de protección	135
3.5	Evaluación económica	138
3.5.1.	Costo fijo.....	139
3.5.2.	Costo Variable	139
3.5.2.1.	Costo de reparación y mantenimiento.....	139
3.5.2.2.	Salario laboral	139
3.5.3.	Costo de operación.....	139
3.5.4.	Punto de equilibrio.....	140
3.5.5.	Periodo de recuperación.....	140
3.5.6.	Evaluación Van/TIR.....	141
3.5.6.1.	Flujo de egresos	141
3.5.6.2.	Flujo de ingresos	142
3.5.6.3.	Flujo de efectivo Neto.....	143
IV.	DISCUSIÓN	145
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
5.1	Conclusiones	148
5.2	Recomendaciones	149
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150
VII.	DEDICATORIA.....	157
VIII.	AGRADECIMIENTO	158

IX.	ANEXOS	159
-----	--------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Máquina extractora de biofibra de plátano implementada en la comunidad.</i>	5
Figura 2. <i>Urticaria.</i>	15
Figura 3. <i>Partes del plátano</i>	22
Figura 4. <i>Longitud de pseudotallos del plátano.</i>	22
Figura 5. <i>Vista transversal del pseudotallo del plátano.</i>	24
Figura 6. <i>Vista transversal del pseudotallo del plátano.</i>	24
Figura 7. <i>Masa del pseudotallo de plátano.</i>	26
Figura 8. <i>Medición del ancho de la vaina del pseudotallo del plátano</i>	27
Figura 9. <i>Espesor de la vaina del pseudotallo de plátano</i>	29
Figura 10. <i>Medición de la humedad de la vaina de pseudotallo de plátano.</i>	31
Figura 11. <i>Prueba de resistencia a la tracción máxima mediante UTM</i>	32
Figura 12. <i>Curva tensión y deformación.</i>	33
Figura 13. <i>Medición de la deformación de la fibra.</i>	34
Figura 14. <i>Diagrama de cuerpo libre para el par de rodillos</i>	38
Figura 15. <i>Diagrama de cuerpo libre del tambor (Decorticator).</i>	40
Figura 16. <i>Diagrama para seleccionar el tipo o perfil de la correa.</i>	53
Figura 17. <i>Sección de correas en “V” clásicas tamaño real.</i>	55
Figura 18. <i>Disposición de la transmisión.</i>	58
Figura 19. <i>Sección transversal de una correa trapezoidal</i>	59
Figura 20. <i>Potencia transmitida por una correa</i>	60
Figura 21. <i>Circuito de potencia del sistema eléctrico de la desfibradora desarrollado en CAdE_SIMU</i>	65
Figura 22. <i>Circuito de mando del sistema eléctrico de la desfibradora desarrollado en CAdESIMU.</i>	66
Figura 23. <i>Funcionamiento del sistema eléctrico de la desfibradora en representación 2D desarrollado en CAdE_SIMU</i>	67
Figura 24. <i>Gráfico de análisis del punto de equilibrio</i>	70
Figura 25. <i>Gráfica del periodo de recuperación con respecto al tiempo.</i>	71
Figura 26. <i>Mapa de micro localización de las comunidades de la provincia de Condorcanqui.</i> 73	
Figura 27. <i>Puerto de la comunidad Santa Rosa de Pagkintsa.</i>	73

Figura 28. <i>Pseudotallo de plátano en la comunidad.</i>	74
Figura 29. <i>Vegetación densa que evidencie la alta humedad relativa</i>	74
Figura 30. <i>Lugar donde estará ubicada la máquina extractora de biofibra.</i>	75
Figura 31. <i>Vista seccional del Rodillo.</i>	83
Figura 32. <i>Vista seccional del segundo tipo de Rodillo.</i>	83
Figura 33. <i>Ángulos Acero.</i>	85
Figura 34. <i>Vista seccional de la cuchilla.</i>	86
Figura 35. <i>Vista seccional del cilindro.</i>	87
Figura 36. <i>Vista seccional del cilindro.</i>	88
Figura 37. <i>Vista seccional del tambor.</i>	89
Figura 38. <i>Vista isométrica del sistema de transmisión de la máquina extractora de biofibra.</i> .	93
Figura 39. <i>Diagrama etiquetado del sistema de transmisión de la máquina extractora de biofibra.</i>	94
Figura 40. <i>Vista del primer sistema de poleas.</i>	97
Figura 41. <i>Vista del segundo sistema de poleas.</i>	99
Figura 42. <i>Vista del tercer sistema de poleas.</i>	101
Figura 43. <i>Vista del cuarto sistema de poleas.</i>	103
Figura 44. <i>Diagrama de cuerpo libre de la polea 2 conectada a la polea 1 (Polea del eje del tambor).</i>	115
Figura 45. <i>Diagrama de cuerpo libre de la polea 4 conectada a la polea 3 (Polea del eje auxiliar).</i>	116
Figura 46. <i>Diagrama de cuerpo libre de cargas verticales sobre el eje del tambor.</i>	117
Figura 47. <i>Diagrama de la fuerza cortante del eje verticalmente.</i>	119
Figura 48. <i>Diagrama del momento flector del eje verticalmente.</i>	119
Figura 49. <i>Diagrama de tensiones de von Mises sobre el eje.</i>	120
Figura 50. <i>Diagrama de desplazamiento total (URES) sobre el eje.</i>	121
Figura 51. <i>Diagrama de deformación unitaria (ESTRN) sobre el eje.</i>	121
Figura 52. <i>Diagrama de cuerpo libre de cargas horizontales sobre el eje del tambor.</i>	122
Figura 53. <i>Diagrama de la fuerza cortante del eje horizontal.</i>	123
Figura 54. <i>Diagrama del momento flector del eje horizontal.</i>	124
Figura 55. <i>Diagrama del momento flector resultante del eje del tambor.</i>	125

Figura 56. <i>Vista seccional e isométrica de la estructura.</i>	127
Figura 57. <i>Simulación estática de la parte donde ira el motor.</i>	128
Figura 58. <i>Simulación estática de la parte donde ira el eje del tambor.</i>	129
Figura 59. <i>Simulación estática de la primera estructura.</i>	130
Figura 60. <i>Simulación estática de la segunda estructura.</i>	131
Figura 61. <i>Diseño propuesto de la máquina extractora de biofibra para el mejoramiento del proceso de desfibrado.</i>	132
Figura 62. <i>Sistema eléctrico de la desfibradora en estado de funcionamiento (encendido) en CAdE_SIMU</i>	134
Figura 63. <i>Sistema eléctrico de la desfibradora en estado de paro y protección por sobrecarga en CAdE_SIMU</i>	136
Figura 64. <i>Distribución de la máquina y disposición de equipos en el área de operación</i>	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Longitudes de las diez muestras de pseudotallo de plátano.</i>	23
Tabla 2. <i>Diámetros de las diez muestras de pseudotallo de plátano.</i>	25
Tabla 3. <i>Pesos de las diez muestras de pseudotallo de plátano.</i>	26
Tabla 4. <i>Anchos de las diez muestras de pseudotallo de plátano.</i>	28
Tabla 5. <i>Espesores de las vainas de las diez muestras de pseudotallo de plátano.</i>	29
Tabla 6. <i>Dimensiones de la vaina del pseudotallo del plátano.</i>	37
Tabla 7. <i>Dimensiones para el diseño del tambor.</i>	39
Tabla 8. <i>Características de discos redondos.</i>	42
Tabla 9. <i>Parámetros del rodillo</i>	43
Tabla 10. <i>Parámetros del tambor.</i>	43
Tabla 11. <i>Parámetros de la banda transportadora</i>	44
Tabla 12. <i>Densidad de la fibra de plátano.</i>	46
Tabla 13. <i>Selección del factor de ancho de banda, C_b</i>	47
Tabla 14. <i>Selección del factor de longitud de la banda, C_l</i>	47
Tabla 15. <i>Selección del factor de servicio, k_f</i>	47
Tabla 16. <i>Potencias adicionales necesarias para otros dispositivos.</i>	48
Tabla 17. <i>Eficiencia de los diferentes mecanismos reductores.</i>	49

Tabla 18. <i>Coefficiente de fricción según superficie de tambor CR.</i>	50
Tabla 19. <i>Factor de pérdida de resistencia a tracción según empalme/n° de telas Cv.</i>	51
Tabla 20. <i>Factor de servicio.</i>	52
Tabla 21. <i>Sistema de poleas.</i>	54
Tabla 22. <i>Selección del diámetro exterior de la polea motriz (Más rápida).</i>	55
Tabla 23. <i>Valor de “j” según el tipo de correa.</i>	57
Tabla 24. <i>Relación del peso de los materiales en la estructura</i>	63
Tabla 25. <i>Propiedades físicas y mecánicas de las fibras naturales.</i>	76
Tabla 26. <i>Propiedades de tracción de diversas fibras naturales</i>	79
Tabla 27. <i>Material para rodillo.</i>	82
Tabla 28. <i>Material para los componentes del tambor.</i>	85
Tabla 29. <i>Características del cilindro.</i>	87
Tabla 30. <i>Material de la banda transportadora.</i>	90
Tabla 31. <i>Valores del primer sistema de poleas.</i>	96
Tabla 32. <i>Valores del segundo sistema de poleas.</i>	99
Tabla 33. <i>Valores del tercer sistema de poleas.</i>	101
Tabla 34. <i>Valores del cuarto sistema de poleas.</i>	103
Tabla 35. <i>Selección de las poleas</i>	104
Tabla 36. <i>Resumen de la selección de los sistemas de poleas</i>	108
Tabla 37. <i>Resumen de los valores de las tensiones en transmisión por correa de cada sistema.</i>	113
Tabla 38. <i>Material del eje del descortezador.</i>	114
Tabla 39. <i>Valores de fuerza cortante y momento flector obtenidos en cada punto del eje y.</i>	120
Tabla 40. <i>Valores de fuerza cortante y momento flector obtenidos en cada punto del eje x.</i>	124
Tabla 41. <i>Material de la estructura.</i>	126
Tabla 42. <i>Costo total de la máquina.</i>	138
Tabla 43. <i>Costo total de la máquina.</i>	139
Tabla 44. <i>Parámetros del punto de equilibrio.</i>	140
Tabla 45. <i>Economía de costos de la máquina extractora de biofibra de plátano.</i>	141
Tabla 46. <i>Flujo de egreso.</i>	142
Tabla 47. <i>Flujo de ingreso.</i>	142

Tabla 48. <i>Flujo de efectivo neto.</i>	143
Tabla 49. <i>Flujo de caja.</i>	143
Tabla 50. <i>Evaluación económica de la máquina existente.</i>	144
Tabla 51. <i>Comparación entre máquina existente y propuesta.</i>	145

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Longitud primitiva nominal de las correas</i>	159
Anexo 2. <i>Factor de corrección en función de la longitud de la correa.</i>	160
Anexo 3. <i>Factor de corrección para el ángulo de contacto.</i>	161
Anexo 4. <i>Valores para realizar el diagrama de fuerza cortante y momento flector en el eje y.</i>	162
Anexo 5. <i>Valores para realizar el diagrama de fuerza cortante y momento flector en el eje x.</i>	163
Anexo 6. <i>Plano del rodamiento de soporte de los ejes.</i>	164
Anexo 7. <i>Plano del tambor.</i>	165
Anexo 8. <i>Plano del motor de 2HP.</i>	166
Anexo 9. <i>Plano del sistema de rodillos.</i>	167
Anexo 10. <i>Plano de banda transportadora.</i>	168
Anexo 11. <i>Plano de desemboque.</i>	169
Anexo 12. <i>Sistema Fotovoltaico en la comunidad Santa Rosa de Pagkintsa.</i>	170
Anexo 13. <i>Rodamiento rígido de bolas 6202.</i>	171
Anexo 14. <i>Polea UCP 206</i>	171
Anexo 15. <i>Buje JA.</i>	172
Anexo 16. <i>Buje SH.</i>	172
Anexo 17. <i>Buje SDS.</i>	173
Anexo 18. <i>Costo unitario de bujes importados.</i>	174
Anexo 19. <i>Engranajes rectos 2M 30T 20PA 30FW.</i>	175
Anexo 20. <i>Engranajes rectos 4M 30T 20PA 30FW.</i>	175
Anexo 21. <i>Costo unitario de engranajes rectos importados.</i>	176
Anexo 22. <i>Correa trapezoidal.</i>	177
Anexo 23. <i>Tuerca.</i>	177
Anexo 24. <i>Tuerca.</i>	178
Anexo 25. <i>Perfil aluminio T-slot 500mm.</i>	178

Anexo 26. Perfil aluminio T-slot 2000mm.	179
Anexo 27. Banda transportadora de PVC de dos capas.....	179
Anexo 28. Cálculo de costo de la banda transportadora de PVC de dos capas	180
Anexo 29. Soporte de rodamiento UC DL 6206.	181
Anexo 30. Rodamiento rígido de bolas 6206	181
Anexo 31. Pintura anticorrosiva.	182
Anexo 32. Tornillería.	182
Anexo 33. Interruptor termomagnético.	183
Anexo 34. Contactor.	183
Anexo 35. Rele térmico.	184
Anexo 36. Pulsador NC.	184
Anexo 37. Indicador LED.....	185
Anexo 38. Indicador LED.....	185
Anexo 39. Bornes de conexión.	186
Anexo 40. Cable eléctrico 14 AWG.....	186
Anexo 41. Cable eléctrico 10 AWG azul.	187
Anexo 42. Cable eléctrico 10 AWG verde.....	187
Anexo 43. Canaleta PVC.	188
Anexo 44. <i>Muestras de biofibra de pseudotallo de plátano clasificadas según calibre (#4, #6 y #8), obtenidas mediante el proceso de extracción y posterior secado.</i>	188
Anexo 45. Producto artesanal (bolso) elaborado a partir de biofibra de pseudotallo de plátano por una integrante de la comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa.....	189
Anexo 46. <i>Vista isométrica de máquina extractor de biofibra-CODESPA</i>	190
Anexo 47. <i>Vista isométrica del diseño de la máquina extractora de biofibra de pseudotallo de plátano del proyecto.....</i>	191
Anexo 48. <i>Solicitud del proyecto de máquina extractora de biofibra – UNJ</i>	192

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo el diseño CAD/CAE de una máquina extractora de biofibra del pseudotallo de plátano, destinada a la comunidad nativa de Santa Rosa de Patkintsa, Perú, con la finalidad de promover el aprovechamiento eficiente de residuos agrícolas y contribuir al desarrollo productivo local. El estudio se orienta al diseño de una solución mecánica y funcional, partiendo del análisis de parámetros técnicos necesarios para garantizar una correcta extracción de biofibra, considerando las propiedades físicas y mecánicas del pseudotallo de plátano.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado, tomando como referencia una máquina extractora previamente construida e implementada en la comunidad, a partir de la cual se identificaron limitaciones en su desempeño operativo. En función de ello, se planteó un rediseño orientado a mejorar la eficiencia, la capacidad productiva y las condiciones de seguridad del sistema. Para el desarrollo del diseño se emplearon herramientas de diseño asistido por computadora; el modelado mecánico y estructural fue realizado mediante el software SolidWorks, lo que permitió definir los componentes, mecanismos de transmisión y verificar la integridad del conjunto. Asimismo, el sistema eléctrico y de control fue diseñado y simulado utilizando el software CAdE SIMU, facilitando la representación del circuito de potencia y mando para la operación segura del equipo.

El diseño propuesto integra criterios técnicos, económicos y ambientales, evaluando costos de fabricación, operación y punto de equilibrio, con el fin de asegurar su viabilidad de implementación. Los resultados corresponden al desarrollo de un diseño funcional mejorado que, en base a sus características técnicas, representa una alternativa viable para optimizar el proceso de extracción de biofibra, reducir el esfuerzo físico del operador y fomentar el aprovechamiento sostenible del pseudotallo de plátano en contextos rurales.

Palabras clave: biofibra de plátano, pseudotallo, diseño CAD/CAE, SolidWorks, CAdE SIMU, automatización.

ABSTRACT

This thesis aims to develop a CAD/CAE design of a biofiber extraction machine from banana pseudostem, intended for the native community of Santa Rosa de Patkintsa, Peru, in order to promote the efficient use of agricultural residues and contribute to local productive development. The study focuses on the design of a mechanical and functional solution, based on the analysis of technical parameters required to ensure an adequate biofiber extraction process, considering the physical and mechanical properties of the banana pseudostem.

The research was conducted under an applied approach, taking as reference a previously built and implemented extraction machine in the community, from which operational limitations were identified. Based on this, a redesign was proposed to improve efficiency, production capacity, and system safety conditions. For the development of the design, computer-aided design tools were used; the mechanical and structural modeling was carried out using SolidWorks, allowing the definition of components, transmission mechanisms, and verification of system integrity. Likewise, the electrical and control system was designed and simulated using CADe SIMU, facilitating the representation of power and control circuits for safe equipment operation.

The proposed design integrates technical, economic, and environmental criteria, including the evaluation of manufacturing costs, operational costs, and break-even point, in order to ensure its feasibility for implementation. The results correspond to the development of an improved functional design which, based on its technical characteristics, represents a viable alternative to optimize the biofiber extraction process, reduce the operator's physical effort, and promote the sustainable use of banana pseudostem in rural contexts.

Keywords: banana biofiber, pseudostem, CAD/CAE design, SolidWorks, CADe SIMU, automation.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de soluciones sostenibles ha impulsado la investigación en el aprovechamiento de residuos agrícolas como fuente de materiales alternativos con valor agregado. En este contexto, el cultivo de plátano representa una de las actividades agrícolas más importantes en diversas regiones del Perú, generando grandes volúmenes de residuos, entre los cuales el pseudotallo constituye un subproducto de alto potencial debido a su capacidad para producir biofibras con aplicaciones industriales, artesanales y ambientales.

En la comunidad nativa de Santa Rosa de Patkintsa, el pseudotallo de plátano es comúnmente desechado o subutilizado, a pesar de su valor como materia prima. Actualmente, el proceso de extracción de biofibra se realiza de forma manual, lo cual resulta ineficiente, demanda un elevado esfuerzo físico y limita significativamente la productividad y el impacto económico del aprovechamiento de este recurso en la región, evidenciando la necesidad de incorporar soluciones tecnológicas apropiadas que permitan optimizar el proceso de extracción y mejorar las condiciones de trabajo de los productores locales.

Frente a este desafío, el presente proyecto propone el diseño CAD/CAE de una máquina extractora de biofibra de pseudotallo de plátano, alineando su desarrollo con las necesidades específicas de la comunidad y con los principios de sostenibilidad. El diseño se fundamenta en el análisis de parámetros técnicos esenciales para una correcta extracción de biofibra, tales como las fuerzas ejercidas por el sistema de descortezado, las características físicas del material y las condiciones de operación requeridas.

Para el desarrollo del proyecto se emplearon herramientas de diseño asistido por computadora, utilizando SolidWorks para el modelado mecánico y estructural de la máquina, y CAdE SIMU para el diseño y simulación del sistema eléctrico y de control. Asimismo, se realizó una evaluación económica que incluye costos de fabricación, operación y punto de equilibrio, con el fin de analizar la viabilidad del diseño propuesto.

En este contexto, en el marco del curso ME-47 Metodología de la Investigación Científica de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, se realizó una pasantía tecnológica, bajo la coordinación del Mg. Henry Oswaldo Pinedo Nava y con el apoyo del Instituto de Investigación Cooperativo de Café y Cacao (INCAFÉ), donde se observaron directamente diversos prototipos desarrollados en conjunto con la Fundación CODESPA. Esta

experiencia permitió identificar problemáticas reales asociadas al proceso de extracción de biofibra a partir del pseudotallo de plátano, lo que motivó el desarrollo del presente trabajo de investigación orientado a la mejora del diseño de la máquina existente.

De esta manera, la investigación se enmarca dentro de la línea de Automatización y Control, aportando una alternativa tecnológica que promueve el aprovechamiento eficiente del pseudotallo de plátano y contribuye al desarrollo social, económico y ambiental de comunidades rurales, mediante la valorización de residuos agrícolas y la generación de nuevas oportunidades productivas.

1.1 Antecedentes

Desde siempre ha existido la contaminación por residuos sólidos, pero actualmente se debe tomar conciencia de cuidar nuestro medio ambiente, por ello este trabajo de investigación ayudará con un granito de arena en reutilizar residuos vegetales. A continuación, se analizará proyectos similares que necesitaremos como base teórica y científica.

En el marco del programa Work4Progress impulsado por la Fundación “la Caixa” y ejecutado por la Fundación CODESPA, se desarrolló un prototipo de máquina para la extracción de biofibra a partir del pseudotallo de plátano en la comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkinta, con el objetivo de promover el aprovechamiento de residuos agrícolas y fortalecer la economía local; este prototipo fue diseñado considerando criterios mecánicos y estructurales orientados al proceso de desfibrado, incorporando un tambor con cuchillas fabricadas a partir de ángulos de acero al carbono, con un radio exterior de 20 cm y un radio interno de 1 pulgada, disponiendo de 8 aperturas de 4 cm para el acople de dichos elementos, permitiendo el desgarre de la fibra vegetal; la estructura que soporta el tambor presenta dimensiones de 38 cm de largo, 42 cm de ancho y 40 cm de alto, asegurando estabilidad durante la operación; adicionalmente, se diseñaron guardas de protección para el tambor y el sistema de transmisión por poleas, así como un canal interno para la evacuación de residuos, empleando láminas de acero inoxidable ensambladas mediante soldadura y tornillos autoperforantes; el sistema de accionamiento está constituido por un motor monofásico de aproximadamente 1.5 HP, acoplado mediante polea y correa, el cual transmite movimiento a un tambor dentado montado sobre un eje a una altura de 90 cm y soportado por rodamientos, incorporando además rodillos de alimentación de acero inoxidable como medida de seguridad; en cuanto al sistema eléctrico, el equipo presenta un consumo aproximado de 8.9 A

correspondiente al motor, alcanzando hasta 12 A al considerar cargas auxiliares, siendo alimentado mediante un sistema fotovoltaico que incluye paneles solares y baterías conectadas en paralelo, lo cual permite su operación en zonas rurales; en términos de funcionamiento, la máquina opera con una separación entre rodillos de 5 mm, fuerzas tangenciales y radiales del orden de 35 N en el sistema de alimentación y de 176.85 N y 27 N en el tambor, respectivamente, con velocidades de operación definidas que condicionan su capacidad de procesamiento; no obstante, el prototipo presenta limitaciones en cuanto a eficiencia, capacidad productiva y esfuerzo requerido por el operador, por lo que el presente trabajo de investigación toma estos parámetros como referencia base para el desarrollo de un nuevo diseño orientado a mejorar el desempeño mecánico, la seguridad y la productividad del proceso de extracción de biofibra. La máquina existente, implementada previamente en la comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa y utilizada como referencia para el desarrollo del presente diseño, se muestra en la Figura 1, donde se aprecia su configuración general y condiciones de operación.

Figura 1. *Máquina extractora de biofibra de plátano implementada en la comunidad.*



Nota. Realizando una demostración del funcionamiento de la máquina en la comunidad nativa, la cual constituye la base del presente estudio; a partir del análisis de su funcionamiento y

limitaciones operativas, se desarrolla la propuesta de diseño orientada a mejorar su desempeño. Elaboración propia.

(Aquino & Celis, 2019) desarrollaron el diseño de un molino a base de martillos, empleando variables de solución, diseño, variables intervinientes y parámetros que permitieron estructurar el proceso de desarrollo del equipo. Para la recolección de datos realizaron visitas frecuentes al distrito de José Leonardo Ortiz, aplicando encuestas a 47 personas con la finalidad de analizar la problemática de contaminación presente en la zona y justificar la necesidad del equipo propuesto. Asimismo, llevaron a cabo estudios relacionados con la fabricación, composición y propiedades de la fibra de vidrio, lo que permitió realizar una adecuada selección de materiales en función de resistencia y durabilidad. Para el análisis estructural utilizaron simulaciones mediante software CAE, mientras que el comportamiento del factor de seguridad y el espesor de los materiales fue evaluado mediante el software Matlab, permitiendo validar las condiciones de operación del diseño. Como resultado, la máquina fue dimensionada con un ancho ≤ 1.5 m, largo ≤ 1.5 m y altura ≤ 2 m, incorporando rodamientos UCP 206 y un motor de 10 HP a 1800 rpm, alcanzando una capacidad de procesamiento de 180 kg/h. Este antecedente es relevante porque integra simulación, selección de materiales y criterios de dimensionamiento aplicables al diseño de maquinaria.

En el trabajo desarrollado por (Espín & Tello, 2015), se diseñó y construyó un equipo desfibrador tipo descortezadora, partiendo del análisis de las propiedades mecánicas de las fibras de hojas y pseudotallos, así como del estudio de máquinas existentes en el mercado, lo que permitió establecer criterios comparativos para la selección del diseño más adecuado. Para la selección de la alternativa de diseño se aplicó el método de criterios ponderados, organizando el equipo en módulos funcionales que facilitaron su evaluación técnica. El prototipo incluyó un mecanismo auxiliar de cuchillas, un motor de 10 HP con un torque de 40.7 Nm y velocidad de 1760 rpm, además de un sistema de transmisión mediante tres bandas en V, logrando un torque de 23.5 Nm en el rotor a 1358 rpm. Como resultado, el sistema descortezador alcanzó una capacidad de 360 hojas por hora, mientras que el sistema de cuchillas logró procesar 45 hojas por hora, evidenciando diferencias en rendimiento según el mecanismo empleado. Este estudio es importante porque demuestra la aplicación de criterios técnicos en el diseño, selección de componentes y evaluación del desempeño.

(Salgado, 2017) desarrolló un prototipo orientado al aprovechamiento de desechos sólidos vegetales provenientes de la industria bananera en Ecuador, con el objetivo de dar valor agregado a estos residuos. El proceso de diseño inició con la realización de cálculos matemáticos en el programa PTC Mathcad Prime 3.0, lo que permitió dimensionar adecuadamente los componentes antes de su fabricación. Posteriormente, el diseño de cada elemento fue elaborado en AutoCAD Mechanical 2016, facilitando la visualización del sistema y la integración de sus partes. El prototipo construido empleó un motor de 1 HP a 1730 rpm con un torque de 4.2 Nm, y en los componentes expuestos a la humedad se utilizó acero inoxidable A304 con protección galvanizada para evitar la corrosión. Durante las pruebas experimentales se determinó un tiempo de desfibrado de aproximadamente 12 segundos por tallo, lo que evidencia una mejora respecto a métodos manuales. Este antecedente resulta relevante por la similitud del material de trabajo y el uso de herramientas de cálculo y diseño aplicadas al proceso.

(Khan, 2020) desarrolló el diseño de una máquina para la extracción de fibra tanto del pseudotallo de plátano como de la hoja de piña, iniciando con el análisis de sus propiedades físicas y mecánicas, considerando factores como resistencia, flexibilidad y comportamiento durante el desfibrado. Para la selección de parámetros de diseño se aplicó un análisis factorial mediante diseño de experimentos (DOE), lo que permitió evaluar la influencia de diferentes variables en el rendimiento del proceso. El sistema diseñado incluyó dos rodillos giratorios, un tambor de corte operando a 512 rpm, engranajes de 120 y 34 dientes, tres poleas, dos correas trapezoidales y un motor monofásico de 2 HP a 2850 rpm. Como resultado del análisis comparativo, se determinó que la fibra de piña presenta mayor suavidad, mientras que la fibra de plátano posee una resistencia tres veces superior, lo que influye en el diseño del sistema de extracción. Este antecedente aporta criterios importantes tanto en el diseño mecánico como en la caracterización de materiales.

El estudio desarrollado por (Eredia, 2024) tuvo como objetivo el diseño y construcción de una máquina para el desfibrado de hojas de agave, con la finalidad de mejorar el proceso de extracción de fibra frente a los métodos tradicionales que presentan baja eficiencia y requieren mayor esfuerzo físico. Para ello, se realizó inicialmente un análisis de las propiedades físicas y mecánicas del material, considerando parámetros como la dureza y la energía necesaria para el desfibrado, lo cual permitió establecer criterios adecuados para el diseño del equipo. Posteriormente, se llevó a cabo una fase experimental orientada a determinar las condiciones de

operación más apropiadas, evaluando el comportamiento del material bajo diferentes configuraciones de trabajo. En función de estos resultados, se definieron los parámetros de diseño del sistema, considerando tanto la eficiencia del proceso como la estabilidad del equipo durante su funcionamiento. El diseño propuesto incorpora un tambor provisto de 12 cuchillas distribuidas de manera uniforme, el cual es accionado por un motor de 3 HP, permitiendo generar la acción mecánica necesaria para la separación de la fibra. Asimismo, se consideraron aspectos relacionados con la transmisión de potencia y la resistencia de los componentes frente a las condiciones de trabajo. Como resultado, se obtuvo una producción aproximada de 10 kg/h de fibra, evidenciando una mejora en el rendimiento del proceso respecto a métodos manuales. El equipo fue modelado en el software Autodesk Inventor, lo que permitió validar su funcionamiento antes de la fabricación. Este antecedente es relevante porque integra el análisis del material, la experimentación y el diseño mecánico en el desarrollo de maquinaria para fibras naturales.

Como parte del desarrollo de maquinaria automatizada, (Dominguez et al., 2022) plantearon el diseño de una máquina desfibradora a partir de la revisión de investigaciones publicadas entre los años 2018 y 2022, lo que permitió identificar las principales características de los equipos existentes y sus limitaciones. Entre las máquinas analizadas se encuentran la Cardoma y Agave angustifolia Haw, las cuales fueron consideradas como referencia para el planteamiento del diseño propuesto. A partir de esta información, se procedió a la modelación del sistema mediante el software SolidWorks, permitiendo representar de manera detallada cada uno de los componentes y su interacción dentro del conjunto. Esta etapa facilitó la evaluación de distintas alternativas de diseño, considerando criterios como funcionalidad, eficiencia y facilidad de mantenimiento. Posteriormente, se realizó una comparación técnica de los componentes, seleccionando aquellos que ofrecían mejores condiciones de operación, optando por un tambor tipo Searby, un sistema de transmisión por poleas y un sistema de evacuación lateral de residuos, lo que permitió mejorar la continuidad del proceso de desfibrado. El diseño final optimizó la disposición de los elementos y favoreció el flujo del material durante la operación, reduciendo posibles obstrucciones. Este antecedente es relevante porque demuestra el uso de herramientas CAD y análisis comparativo en el diseño de maquinaria.

En el estudio realizado por (Shinde et al., 2022) se desarrolló el diseño y construcción de una máquina desfibradora, iniciando con una revisión bibliográfica de trabajos relacionados con

el procesamiento de fibras vegetales. A partir de esta base teórica, se efectuaron cálculos para el dimensionamiento de los principales elementos mecánicos, tales como poleas, pernos, rodamientos, estructura y uniones soldadas, asegurando que cada componente cumpla con los requisitos de operación. El diseño fue elaborado en el software CATIA, lo que permitió obtener una representación tridimensional del sistema y evaluar la integración de sus componentes antes de la fabricación. Esta etapa resultó fundamental para optimizar el diseño y evitar errores en el ensamblaje. La máquina implementada empleó un motor trifásico de 2 HP alimentado a 240 V, alcanzando una velocidad de operación de 3000 rpm, y fue construida con una estructura de acero dulce que proporciona la resistencia necesaria para soportar las cargas de trabajo. Como resultado, se logró incrementar la producción de fibra entre 20 y 25 veces en comparación con métodos manuales, reduciendo significativamente el esfuerzo del operador. Este antecedente es relevante por la integración de cálculos mecánicos y herramientas de diseño asistido.

Un enfoque orientado a mejorar la productividad en la extracción de fibra de plátano fue presentado por (Poudel et al., 2019), quienes diseñaron una máquina basada en un sistema de rodillos combinado con un mecanismo decortificador. El equipo fue dimensionado para procesar entre 100 y 160 pseudotallos por día, alcanzando una producción aproximada de 54 kg de fibra. El diseño fue planteado como una alternativa de bajo costo frente a máquinas importadas, lo que permite su implementación en zonas rurales con recursos limitados. Para validar su desempeño, se realizaron pruebas en condiciones reales de operación, evaluando la capacidad de procesamiento y la eficiencia del sistema. Los resultados obtenidos evidenciaron un incremento del 180 % en la producción en comparación con máquinas comerciales disponibles, lo que demuestra la efectividad del diseño propuesto. Este antecedente es importante porque integra criterios técnicos y económicos en el desarrollo de maquinaria accesible.

Con el objetivo de facilitar la extracción de fibra en zonas con acceso limitado a energía eléctrica, (Veera et al., 2021) desarrollaron una máquina manual para el procesamiento de fibra de plátano. El sistema propuesto funciona mediante un mecanismo de pedal que acciona un volante de inercia, el cual transmite el movimiento a través de una cadena hacia un rodillo con bordes romos encargado del desfibrado del material vegetal. El diseño del equipo se caracteriza por su simplicidad mecánica, lo que permite su fabricación utilizando materiales accesibles como acero suave y acero inoxidable, garantizando resistencia estructural y durabilidad durante su operación.

Asimismo, se consideraron aspectos relacionados con la ergonomía del operador, permitiendo un accionamiento continuo sin requerir energía eléctrica. Durante su funcionamiento, el sistema logra realizar la separación de la fibra mediante la acción mecánica generada por el rodillo, reduciendo el esfuerzo manual en comparación con métodos tradicionales. Además, el equipo presenta bajo costo de fabricación y facilidad de mantenimiento, lo que lo hace adecuado para su implementación en zonas rurales. Este antecedente es relevante porque propone una alternativa funcional y accesible para la extracción de fibra en contextos con limitaciones energéticas, manteniendo un nivel adecuado de eficiencia en el proceso.

En el estudio desarrollado por (Fitsum et al., 2019) se diseñó una máquina para la extracción de fibra a partir de diferentes tipos de tallos vegetales, como plátano, sisal y papiro, con el objetivo de obtener un sistema versátil capaz de adaptarse a distintas materias primas. El diseño del equipo incorpora un tambor de extracción con superficie mixta, equipado con clavos y ranuras que permiten generar la acción de desfibrado sobre el material. El sistema fue concebido para su implementación en zonas rurales, utilizando materiales accesibles como acero estructural y un motor de 2 HP, lo que permitió mantener bajos costos de fabricación y operación. Asimismo, se consideraron aspectos relacionados con la facilidad de transporte, ensamblaje y mantenimiento del equipo, garantizando su funcionalidad en diferentes entornos productivos. Durante su operación, el tambor actúa directamente sobre el material vegetal, permitiendo la separación de la fibra de manera continua, independientemente del tipo de tallo procesado. Esta característica le otorga al equipo una ventaja en términos de adaptabilidad frente a otros diseños más específicos. Este antecedente es importante porque destaca la versatilidad del sistema y su capacidad de operar con distintos tipos de biomasa, aportando criterios de diseño aplicables a la presente investigación.

Buscando mejorar la eficiencia de los métodos tradicionales de extracción de fibra, (Rajesh et al., 2023) desarrollaron una máquina eléctrica para el procesamiento de pseudotallo de plátano, incorporando un sistema mecanizado que permite reducir el esfuerzo manual y aumentar la productividad. El diseño del equipo incluye componentes principales como un tambor de deshoje, rodillos de alimentación y un motor eléctrico encargado de accionar el sistema. Durante el desarrollo del prototipo, se consideraron aspectos relacionados con la transmisión de potencia, la velocidad de operación y la interacción entre los elementos del sistema, con el fin de optimizar el proceso de extracción. Asimismo, se evaluó el comportamiento del material durante su

procesamiento, identificando mejoras en la separación de la fibra respecto a métodos convencionales. En la fase experimental, se analizaron parámetros como la productividad del equipo, la calidad de la fibra obtenida y el tiempo requerido para el proceso, evidenciando una mayor uniformidad en la fibra y una reducción significativa del esfuerzo del operador. Este estudio es relevante porque demuestra la importancia de la mecanización en la optimización del proceso de extracción, aportando criterios de diseño aplicables a sistemas automatizados.

Como parte de los avances en el aprovechamiento de residuos agrícolas, (Nayak et al., 2024) desarrollaron una máquina extractora de fibra a partir de hojas de piña, con el objetivo de optimizar el proceso de desfibrado y mejorar la calidad del producto obtenido. El sistema diseñado incorpora rodillos de alimentación que permiten el ingreso continuo del material, así como un rodillo de raspado encargado de eliminar la capa superficial de las hojas y facilitar la liberación de la fibra. Para evaluar el desempeño del equipo, se analizaron variables operativas como la velocidad de los rodillos, el tipo de rodillo secundario y el contenido de humedad del material, determinando su influencia en la eficiencia del proceso. Estos ensayos permitieron establecer condiciones de operación adecuadas para mejorar el rendimiento del sistema. Como resultado de la evaluación, la máquina alcanzó una eficiencia del 88.9 %, además de mejorar la apariencia y finura de la fibra obtenida. Sin embargo, se observó una ligera disminución en la resistencia mecánica de la fibra en comparación con métodos tradicionales, lo cual constituye un aspecto a considerar en su aplicación. Este antecedente es relevante porque proporciona criterios técnicos para la optimización de parámetros operativos y el diseño de sistemas de extracción de fibra.

En la investigación desarrollada por (Pandey, 2022), se abordó el diseño y análisis de una máquina extractora de fibra vegetal, considerando de manera conjunta el sistema mecánico y el sistema eléctrico necesario para su funcionamiento. El estudio se enfocó en mejorar la eficiencia del proceso de desfibrado mediante la integración de un sistema motorizado que reduzca el esfuerzo manual y garantice un funcionamiento continuo del equipo. El sistema mecánico fue diseñado empleando un motor eléctrico acoplado a un mecanismo de transmisión por poleas y correas, el cual permite transferir el movimiento hacia el tambor desfibrador. Para ello, se consideraron parámetros como la velocidad de rotación y el torque requerido, asegurando condiciones adecuadas para la separación de la fibra sin afectar su calidad. En cuanto al sistema eléctrico, se planteó un circuito de potencia y control compuesto por dispositivos de maniobra y

protección, tales como interruptores, contactores y relés, los cuales permiten regular el arranque, operación y detención del motor. Asimismo, se incorporaron elementos de control que facilitan una operación segura del equipo por parte del usuario. Como parte del proceso de validación, el sistema eléctrico fue analizado mediante herramientas de simulación, permitiendo verificar su comportamiento bajo diferentes condiciones de operación. Durante este análisis, se comprobó la correcta secuencia de arranque y parada del motor, así como la adecuada respuesta de los dispositivos de protección ante posibles fallas, garantizando la confiabilidad del sistema antes de su implementación física. Los resultados obtenidos evidencian que el diseño propuesto permite mejorar la eficiencia del proceso de extracción de fibra, asegurando un funcionamiento estable y seguro del sistema. Este antecedente es relevante porque integra el diseño mecánico y eléctrico, además de incluir la validación mediante simulación, aportando criterios técnicos directamente aplicables al desarrollo de la presente investigación.

1.2 Realidad Problemática

La comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa enfrenta un problema significativo relacionado con el manejo de los residuos agrícolas, específicamente los pseudotallos de plátano, los cuales son desechados en grandes cantidades tras la cosecha. Actualmente, estos residuos no se aprovechan de manera eficiente, generando un impacto ambiental negativo debido a su división y posible proliferación de agentes infecciosos que afectan la salud de las personas, los animales y los cultivos.

A pesar del potencial de la biofibra extraída del pseudotallo para la producción textil y otros usos industriales, el proceso de extracción manual que realizan las mujeres de la comunidad es altamente laborioso, agotador y riesgoso para la salud. La exposición prolongada al látex o jugo lechoso del pseudotallo puede provocar irritaciones en la piel, reacciones alérgicas y otros problemas de salud, lo que dificulta aún más el trabajo.

Si bien se ha desarrollado un prototipo mecánico para facilitar la extracción, este presenta limitaciones en su diseño, ya que requiere fuerza física para su operación, lo que sigue representando un esfuerzo considerable para las trabajadoras. Además, su eficiencia es baja en comparación con el volumen de residuos generados en cada cosecha.

Ante este escenario, surge la necesidad de diseñar un prototipo automatizado que optimice el proceso de extracción de biofibra, reduciendo el esfuerzo físico, mejorando la seguridad laboral y aumentando la eficiencia del aprovechamiento del pseudotallo. La implementación de esta tecnología no solo permitiría una gestión más sostenible de los residuos agrícolas, sino que también contribuiría a fortalecer la economía local, brindando nuevas oportunidades de empleo y producción para la comunidad.

1.2.1. Realidad Problemática

Santa Rosa de Pagkintsa es una comunidad aislada en la provincia de Condorcanqui a lo que solo se puede llegar navegando por el río Marañón; este trayecto desde el distrito de Nieva toma aproximadamente una hora y media considerado un recorrido peligroso debido a las condiciones del río, lo que contribuye a que la comunidad tenga recursos económicos limitados; a pesar de esto, Santa Rosa de Pagkintsa aloja a 95 miembros de la Asociación de Productores Agroecológicos del Bajo Marañón (APAEBAM), que tiene como fuente principal de ingresos la producción y comercialización de productos agrícolas, especialmente el plátano. En un ciclo de 20

días, la comunidad logra producir aproximadamente 60000 plátanos en sus 30 hectáreas de cultivo; sin embargo, los agricultores enfrentan un problema significativo con el desperdicio de más de 4 toneladas de pseudotallo en cada cosecha, lo que equivale a aproximadamente a 1900 unidades. Este producto se puede aprovechar de diversas formas, como en la obtención de abonos, generación de biocombustibles, etc., pero podemos destacar la extracción de biofibra, usadas en la industria textil, fabricación de papeles, etc.

La extracción de biofibra del Pseudotallo de plátano de manera manual, es un trabajo laborioso que actualmente lo realizan 11 mujeres de la comunidad de Santa Rosa de Pagkintsa; este trabajo les ocupa todo el día si desean procesar todos los pseudotallos de plátano que han sido desechados. Según el artículo Networking Noticias (2022) nos explica que en el año 2020 se realizó una encuesta a 20 familias de la comunidad Santa Rosa de Pagkintsa, se determinó que para obtener 2 kg de biofibra se necesita alrededor de 13 tallos lavados y preparados, esto significa que de los 1900 pseudotallos se puede obtener 300 kg de biofibra aproximadamente. La extracción de biofibra ofrece a los habitantes la oportunidad de crear diversos productos sostenibles que pueden vender o usar ellos mismos, generando un doble beneficio, por un lado, tener un empleo, y por otro, reducir los residuos, ayudando a disminuir el impacto negativo al medio ambiente (Pressperu, 2022).

Los residuos agrícolas como el pseudotallo al ser desechados a la intemperie provoca impactos ambientales negativos, en consecuencia, su descomposición los transforma en residuos peligrosos por la presencia de agentes infecciosos que dañarían la salud de las personas, de los animales y hasta de sus cultivos. Se está buscando la manera de mecanizar el proceso de extracción de biofibra, observar la **Figura 28**.

La extracción frecuente de biofibra de pseudotallo de plátano que realizan estas personas de manera manual no solo les provoca fatiga o cansancio por el esfuerzo diario que realizan al presionar la espátula para eliminar la celulosa, sino que también les puede ocasionar diversas lesiones o irritaciones en las manos, ya que al momento de cortar la planta y posterior raspar las capas del pseudotallo para retirar la biofibra, se expulsa un líquido (látex o jugo lechoso) que mancha e irrita la piel. Látex o jugo lechoso es un producto natural derivado del árbol que al tener contacto frecuente con la piel provoca picazón, estornudo, tos, ojos llorosos, urticaria, observar la **Figura 2.**, y se puede considerar que a largo plazo del frecuente contacto puede causar una

enfermedad potencial como Anafilaxia que tiene síntomas como dificultad para respirar, Sibilancia (Sonido agudo que realiza los pulmones cuando se bloquean al respirar), mareos, náuseas, descenso de la presión arterial, etc. (Mayoclinic, 2022)

Figura 2. *Urticaria.*



Nota. Obtenido de (Parkwood Skin Slinic, 2024)

CODESPA (Cooperación al desarrollo) en colaboración con el Instituto de Investigación Cooperativo de Café y Cacao de la Universidad Nacional de Jaén, ha construido un prototipo mecánico que ha logrado facilitar la extracción de biofibra de pseudotallo de plátano. Aunque este primer prototipo ha reducido significativamente el trabajo manual, presenta varias limitaciones, ya que la máquina requiere considerable fuerza para introducir y retirar los pseudotallos, lo que hace que el proceso sea agotador, especialmente al procesar grandes miles de pseudotallos, observar la **Figura 1**, siendo una situación complicada considerando que el equipo será operado por mujeres; por ello se ha planteado diseñar un nuevo prototipo automatizado basado en el actual, buscando minimizar el esfuerzo físico.

La producción de plátano en el 2022 en el Perú aumentó 13721 toneladas comparado con el año anterior, gracias al aumento de producción en Piura con 34.09%, San Martín 9,26%, Ucayali 2,78%, Junín 2,21% y Loreto 1,05% (INEI, 2022). Estas regiones se destacan por la gran producción que realizan cada año, por ende, se genera mayor cantidad de residuos de pseudotallos

de plátano, siendo por una parte beneficiosa económicamente para estos lugares, ya que se puede aplicar a futuro el prototipo que se está llevando a cabo para abastecer estos residuos generados, provocando el aumento de biofibra, ofreciendo una mejora innovadora y sostenible.

1.3 Justificación

El pseudotallo de plátano, tiene un alto potencial como materia prima para la obtención de la biofibra, el cual se debe resaltar que es una de las escasas oportunidades que tienen dichos pobladores para mejorar la economía local y de esta manera ofrecer una fuente de ingresos sostenibles para su comunidad.

1.3.1. Justificación Social

sEste proyecto de investigación busca no solo optimizar la extracción de biofibra mediante la automatización de prototipos existentes como el prototipo de CODESPA (Cooperación al desarrollo) que ha desarrollado un mecanismo que tiene algunas limitaciones sino también mejorar la accesibilidad y eficiencia del proceso. Además, al reducir la exposición directa de las personas a los pseudotallos de plátano, se disminuirán significativamente los riesgos de enfermedades alérgicas provocadas por el contacto frecuente; asimismo, se promoverán condiciones laborales más seguras al brindar equipos de protección como guantes de cuero, promoviendo adoptar prácticas seguras y mejorando su calidad de vida.

1.3.2. Justificación económica

Existe diversas regiones productoras de banano como Piura, convirtiéndose también en uno de los principales generadores de residuos, ya que de la planta solamente se aprovecha el fruto, teniendo que desprenderse de las demás partes de la planta, del cual hoy en día existe muy poco aprovechamiento, su utilización es mínima. La biomasa residual del cultivo de banano de la cual se puede extraer fibra, está conformada por el raquis, las hojas y principalmente por el pseudotallo de la planta, con el aprovechamiento de estos residuos se puede obtener la biofibra que representa un recurso subutilizado que podría transformarse en una fuente de ingresos significativa para la comunidad.

1.3.3. Justificación Ambiental

sEl aprovechamiento de estos residuos para la obtención de biofibra y su posterior uso, no solo puede disminuir en gran medida la contaminación visual y ambiental, si no que puede resultar en una importante fuente de empleo, por ello se deben buscar alternativas de obtención de biofibra,

aportándole a la comunidad una visión diferente respecto a la disposición final de estos residuos agrícolas. Esta práctica contribuye a la disminución de la contaminación, ya que reduce el volumen de residuos agrícolas en vertederos; además, al crear productos sostenibles, se fomenta una economía circular que no solo beneficia al medio ambiente, sino que ofrece una alternativa viable, de esta forma se está apoyando al desarrollo de prácticas ambientales responsables en la comunidad.

1.3.4. Justificación Tecnológica

En un mundo donde la tecnología está avanzando diariamente con pasos agigantados, de manera que se puede aprovechar estas innovaciones para crear productos sostenibles a partir de residuos vegetales, como el pseudotallo de plátano; por lo que la automatización del proceso de extracción de biofibra permitirá mejorar la eficiencia y la calidad del producto final, facilitando su producción en mayor escala. El uso responsable e innovador de la tecnología en este proyecto no solo beneficiaría a la comunidad al simplificar y optimizar el proceso de obtención de biofibra, sino que esta máquina también podrá ser replicado en otras regiones productoras de plátano en Perú, generando oportunidades económicas adicionales y contribuyendo a la creación de un modelo de desarrollo que responda a las necesidades de la economía local de cada región.

1.4 Objetivo de estudio

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un modelo CAD/CAE de una máquina para la extracción de biofibra de pseudotallo de plátano, promoviendo la fabricación de productos textiles en la comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa, ubicada en el distrito de Nieva, provincia de Condorcanqui, generando oportunidades económicas sostenibles.

1.4.2 Objetivos Específicos

- OE1 Realizar un análisis de campo de tipo descriptivo con enfoque cualitativo en la comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa, para adecuar los parámetros a las condiciones de la zona.
- OE2: Determinar los requerimientos y parámetros técnicos del diseño mecánico, eléctrico y de automatización para la extracción eficiente de biofibra de pseudotallo de plátano.

- OE3: Dimensionar la máquina, asegurando su capacidad para la extracción de biofibra de pseudotallo de plátano.
- OE4: Diseñar el sistema electrónico para controlar el proceso de extracción de biofibra de pseudotallo de plátano.
- OE5: Realizar una evaluación económica de una futura implementación de la máquina para extracción de biofibra de pseudotallo de plátano.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Software CAD y office

✓ SolidWorks

Para el diseño de la máquina automatizada, se utilizó SolidWorks, un software CAD 3D que permitió modelar los diversos componentes mecánicos y ensamblajes en planos tridimensionales y bidimensionales. Esta herramienta proporcionó soluciones a los desafíos del proceso de desarrollo, optimizando la representación y el análisis de los elementos diseñados.

✓ CAdE SIMU

Este software permitió la elaboración de los diagramas eléctricos del circuito de mando y del circuito de potencia, facilitando la correcta disposición y conexión de los componentes eléctricos del sistema; fue posible simular el funcionamiento del sistema eléctrico, verificando el arranque, operación y parada del motor monofásico, así como la correcta actuación de los elementos de protección y control, tales como el interruptor termomagnético, contactor, relé térmico y pulsadores. La utilización de esta herramienta contribuyó a mejorar la seguridad, confiabilidad y comprensión del sistema eléctrico, permitiendo detectar posibles fallas antes de su implementación física y asegurando la coherencia entre el diseño teórico y la operación real de la máquina.

Recursos Técnicos:

- ✓ Materiales para prototipado: acero inoxidable y plásticos de alta resistencia.
- ✓ Equipo de seguridad: herramientas de protección para operadores.

Datos utilizados:

- ✓ Características físicas del pseudotallo de plátano obtenido mediante estudios en campo.
- ✓ Información técnica proporcionada por manuales y estándares de diseño mecánico.

2.2 Metodología

2.2.1. *Análisis de campo*

2.2.1.1. Zona de estudio.

La investigación se desarrolló en la comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa, ubicada en la provincia de Condorcanqui, región Amazonas, Perú. El acceso a la zona se realiza exclusivamente por vía fluvial a través del río Marañón, lo que genera restricciones logísticas y de transporte.

La actividad económica predominante de la población es la agricultura, siendo el cultivo de plátano uno de los principales medios de subsistencia. Las condiciones geográficas y socioeconómicas de la comunidad influyen directamente en la selección de tecnologías adecuadas, priorizándose soluciones de diseño simples, robustas y de fácil mantenimiento, compatibles con entornos rurales y con infraestructura limitada.

2.2.1.2. Disponibilidad del pseudotallo de plátano.

Durante las visitas de campo se constató que la comunidad genera una elevada cantidad de pseudotallos de plátano como residuo agrícola tras cada cosecha. En promedio, en un ciclo de producción de aproximadamente 20 días se descartan cerca de 1 900 pseudotallos, equivalentes a más de 4 toneladas de biomasa residual.

Este aprovechamiento es relevante dado que el cultivo de plátano constituye una actividad importante para las familias de la provincia de Condorcanqui, donde proyectos productivos han fortalecido su producción y diversificación como alternativa económica sostenible. Por ejemplo, iniciativas de apoyo han permitido implementar y expandir el cultivo de plátano en más de 140 hectáreas, beneficiando a numerosas familias indígenas en la región Amazonas (Inforegión, 2026).

Actualmente, estos residuos no se aprovechan de forma eficiente y suelen dejarse a la intemperie, lo que conlleva problemas ambientales y sanitarios. No obstante, este volumen

constante de pseudotallo representa una fuente sostenible y continua de materia prima para la extracción de biofibra, garantizando la viabilidad operativa de la máquina propuesta.

2.2.1.3. Condiciones ambientales.

Las condiciones ambientales de la zona de estudio corresponden a un clima cálido y muy húmedo, característico de la región amazónica en la provincia de Condorcanqui, donde predominan altas temperaturas y fuertes precipitaciones a lo largo del año, especialmente en verano. Esta región se ubica dentro del clima cálido y húmedo de selva tropical, con temperaturas elevadas que pueden llegar hasta alrededor de 35 °C y humedad relativa alta, lo que afecta directamente las propiedades físicas del pseudotallo, en particular su contenido de humedad (SUNASS, 2021).

Dadas estas condiciones, el diseño considera el uso de materiales resistentes a la corrosión y al desgaste, así como sistemas mecánicos y eléctricos capaces de operar de forma segura y confiable en ambientes con alta humedad y lluvia frecuente.

2.2.1.4. Condiciones de operación

El proceso de extracción de biofibra en la comunidad se realiza predominantemente de forma manual, siendo desarrollado en su mayoría por mujeres, lo que implica un elevado esfuerzo físico y una exposición directa al látex del pseudotallo. Asimismo, las jornadas de trabajo suelen ser prolongadas, con bajos niveles de productividad y condiciones ergonómicas limitadas.

A partir del análisis de campo efectuado, se determinó que la máquina extractora debe cumplir con las siguientes condiciones operativas:

- ✓ Reducir de manera significativa el esfuerzo físico del operador.
- ✓ Permitir una alimentación del pseudotallo sencilla y segura.
- ✓ Operar con una fuente de energía eléctrica monofásica.
- ✓ Requerir un mantenimiento mínimo, realizable con recursos disponibles en la zona.
- ✓ Garantizar una operación continua en entornos rurales, sin comprometer la seguridad del usuario.

Estas condiciones operativas constituyeron la base para la definición de los parámetros técnicos, el sistema de automatización y las medidas de seguridad consideradas en el diseño de la máquina extractora de biofibra.

2.2.2 Requerimiento y parámetros técnicos del diseño

2.2.2.1. Propiedades físicas y mecánicas del pseudotallo de plátano y su biofibra.

El pseudotallo del plátano y la fibra que se obtiene de él poseen un valor práctico considerable en la actualidad. Antes de diseñar cualquier equipo o máquina destinada a su procesamiento, es indispensable comprender sus características físicas y mecánicas. Además de analizar parámetros propios como la longitud, diámetro, espesor de las vainas y las propiedades mecánicas asociadas a resistencia, tensión y deformación, resulta relevante situar estas características dentro del contexto de otras fibras naturales.

2.2.2.1.1. Medición de las propiedades físicas.

Para desarrollar una máquina que sea funcional, resistente y económicamente viable, resulta fundamental comprender las propiedades del pseudotallo del plátano y de la fibra que se extrae de él. Con este propósito, se analizan diversos parámetros relacionados con sus características físicas, los cuales permiten establecer las bases para un diseño adecuado y eficiente.

2.2.2.1.2. Longitud

La longitud del pseudotallo del banano se entiende como la medida vertical que va desde la parte superior del corno hasta el extremo más alto del tronco aparente.

Para obtener un valor representativo, se tomaron diez pseudotallos de un cultivo de banano en Santa Rosa de Pagkinsta. Cada muestra fue medida con una wincha, y, a partir de esos datos, se determinó la longitud media (L) mediante el cálculo siguiente:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n L}{n} \quad (1)$$

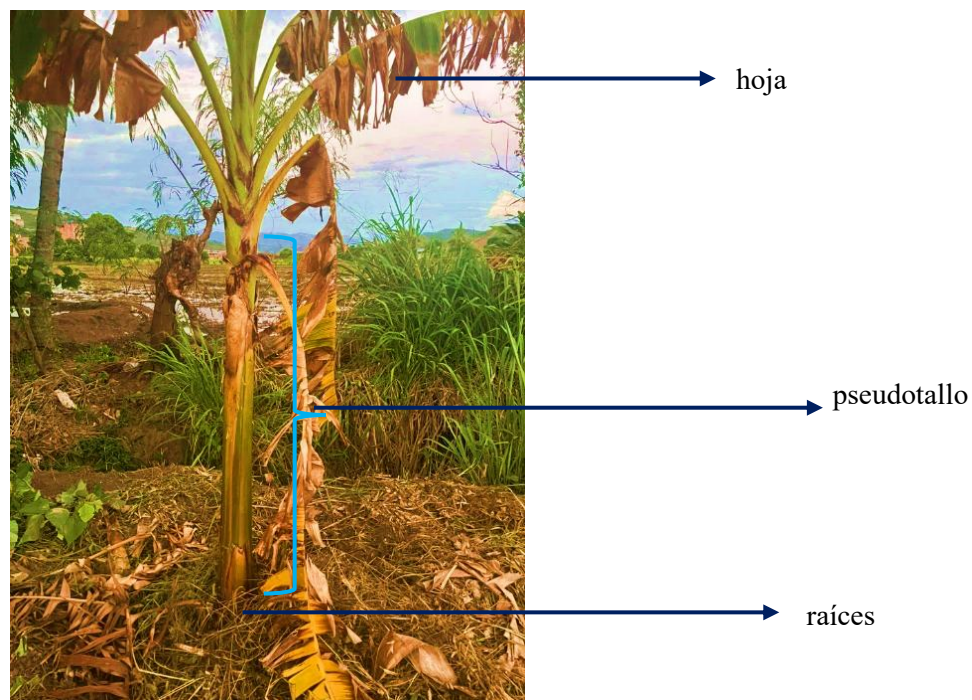
Donde:

L : Longitud de muestra del tall de platano [mm]

i : Número de muestra

$i: 1, 2, 3 \dots n$

Figura 3. *Partes del plátano*



Nota. Elaboración propia.

Figura 4. *Longitud de pseudotallos del plátano.*



Nota. Elaboración propia.

Con el fin de caracterizar dimensionalmente el pseudotallo de plátano y disponer de información confiable para el diseño de la máquina extractora, se realizó la medición de la longitud en diez muestras seleccionadas en la comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa. Las mediciones se efectuaron de forma individual, registrándose los valores obtenidos para su posterior análisis.

Tabla 1. Longitudes de las diez muestras de pseudotallo de plátano.

Muestra	Longitud (mm)
1	580
2	920
3	800
4	820
5	810
6	805
7	830
8	815
9	800
10	820

Nota. Elaboración propia.

2.2.2.1.3. *Diámetro del pseudotallo del plátano*

El diámetro del pseudotallo del banano es un parámetro fenotípico relevante, ya que refleja el estado general del cultivo y su desarrollo. Además, constituye un indicador importante de la resistencia al acame, aspecto de gran interés para los productores.

Se considera diámetro (D) a la distancia recta que atraviesa el centro del pseudotallo de forma aproximadamente circular, y une dos puntos opuestos de su periferia. Para determinar el valor promedio, se seleccionaron diez pseudotallos y se midieron utilizando una wincha. Con estas mediciones se estableció el diámetro medio mediante el cálculo a continuación:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n D}{n} \quad (2)$$

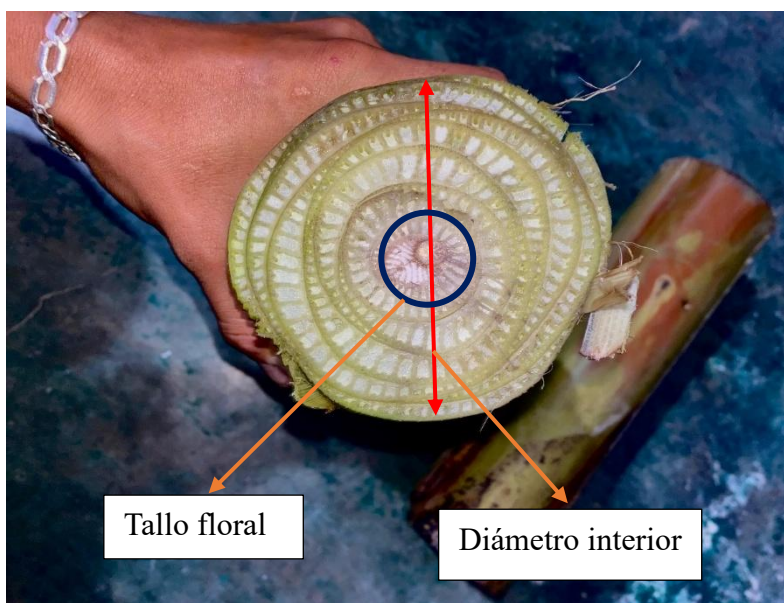
Donde:

D : diámetro de muestra de troncos de plátano [mm]

i : Número de muestra

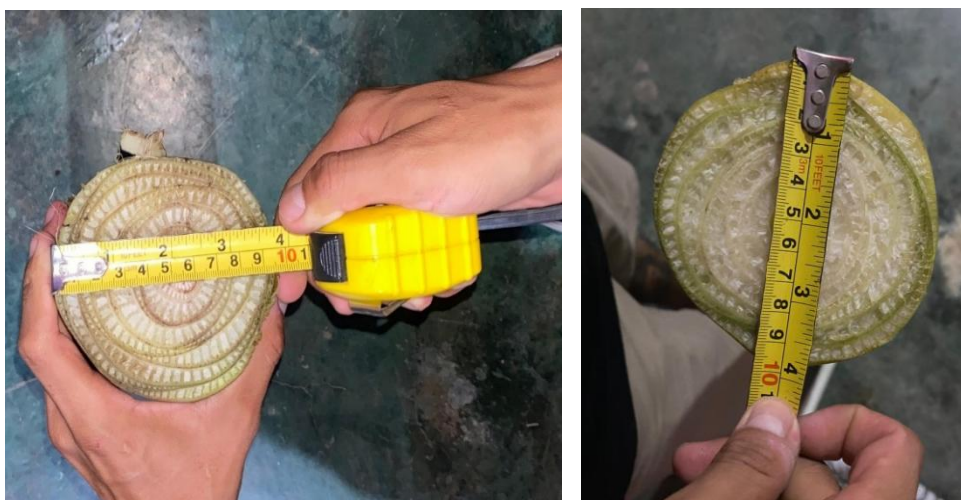
i : 1, 2, 3 ... n

Figura 5. Vista transversal del pseudotallo del plátano.



Elaboración propia.

Figura 6. Vista transversal del pseudotallo del plátano.



Elaboración propia.

Para conocer el comportamiento dimensional del pseudotallo de plátano y establecer un parámetro adecuado para el diseño del sistema de alimentación, se procedió a medir el diámetro

de diez muestras. Las mediciones se realizaron en la sección media de cada pseudotallo, considerando que esta zona presenta una geometría más uniforme y representativa para el análisis.

Tabla 2. *Diámetros de las diez muestras de pseudotallo de plátano.*

Muestra	Diámetro (mm)
1	98
2	97
3	99
4	100
5	101
6	101
7	101
8	100
9	100
10	102

Nota. Elaboración propia.

2.2.2.1.4. Masa del pseudotallo del plátano

La masa del pseudotallo del banano es un factor determinante en el proceso de extracción de fibra, ya que influye directamente en la eficiencia con la que puede realizarse este procedimiento. Para obtener un valor representativo, se seleccionaron aleatoriamente diez pseudotallos y su masa se registró utilizando una balanza. Con estos datos se estableció la masa promedio (W) mediante el cálculo siguiente:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n W}{n} \quad (3)$$

Donde:

W : *Peso de las muestras de troncos de plátano [kg]*

i : *Número de muestra*

i : 1, 2, 3 ... n

Figura 7. *Masa del pseudotallo de plátano.*



Elaboración propia

Con el propósito de evaluar la masa característica del pseudotallo de plátano y su influencia en los esfuerzos mecánicos durante el proceso de extracción de biofibra, se registró la masa de diez muestras. Cada pseudotallo fue pesado de manera individual utilizando una balanza digital, obteniéndose los valores que se presentan en la tabla correspondiente.

Tabla 3. *Pesos de las diez muestras de pseudotallo de plátano.*

Muestra	Masa (Kg)
1	6.96
2	3.81
3	4.90
4	5.10
5	5.30
6	5.00
7	5.60
8	5.20
9	4.95
10	5.40

Nota. Elaboración propia.

2.2.2.1.5. Ancho de la vaina del pseudotallo del plátano

Después de cortar el pseudotallo del banano para la extracción de fibra, las vainas se separaron por capas. La anchura de estas vainas es un parámetro importante, ya que influye directamente en la eficiencia del proceso de extracción. Para obtener un valor representativo, se tomaron diez muestras y su ancho se midió con una regla simple. Con estas mediciones se determinó el ancho promedio (B) mediante el cálculo siguiente:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n B}{n} \quad (4)$$

Donde:

B: Ancho de las muestras de vaina de tronco de banano [mm]

i: Número de muestra

i: 1, 2, 3 ... *n*

Figura 8. Medición del ancho de la vaina del pseudotallo del plátano



Elaboración propia.

Luego del corte y separación del pseudotallo, se procedió a la medición del ancho de las vainas, debido a su relevancia en el contacto con los elementos de compresión de la máquina extractora. Para este análisis se tomaron diez muestras de vainas, cuyas dimensiones fueron registradas de manera individual y se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. *Anchos de las diez muestras de pseudotallo de plátano.*

Muestra	Ancho (mm)
1	112
2	120
3	95
4	96
5	97
6	94
7	98
8	96
9	96
10	100

Nota. Elaboración propia.

2.2.2.1.6. *Espesor de la vaina del pseudotallo del plátano*

El espesor de las vainas del pseudotallo del plátano es un parámetro determinante en la calidad de la fibra que puede extraerse, ya que grosores mayores o menores influyen directamente en la eficiencia del desfibrado. Diversos estudios sobre máquinas extractoras consideran que el límite operativo para un procesamiento adecuado puede alcanzar espesores aproximados de 22 mm (Soomro y Rossi, 2024). En el presente trabajo, se seleccionaron diez muestras de pseudotallos de manera aleatoria y se procedió a medir su espesor utilizando una cinta métrica con precisión milimétrica. Con estas mediciones se procederá a calcular el espesor promedio mediante la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n t}{n} \quad (5)$$

Donde:

t: *Espesor de las muestras de vaina de tronco de banano [mm]*

i: *Número de muestra*

i: 1, 2, 3 ... *n*

Figura 9. *Espesor de la vaina del pseudotallo de plátano*



Elaboración propia.

El espesor de la vaina del pseudotallo de plátano constituye una característica relevante, ya que influye directamente en el comportamiento del material durante el proceso de compresión y desfibrado. Con la finalidad de obtener un valor representativo, se realizaron mediciones del espesor en diez muestras de vainas seleccionadas, registrándose los valores individuales que se presentan en la tabla correspondiente.

Tabla 5. *Espesores de las vainas de las diez muestras de pseudotallo de plátano.*

Muestra	Espesor (mm)
1	9
2	7
3	8
4	8
5	8
6	9
7	7
8	8
9	8
10	8

Nota. Elaboración propia.

2.2.2.1.7. *Densidad de masa del pseudotallo del plátano*

La densidad másica se refiere a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen del material. Para determinar este parámetro en el pseudotallo, se utilizaron pesas patrón según el método establecido, obteniendo un valor promedio a partir de varias muestras en condiciones estables. El procedimiento consistió en pesar cada muestra y registrar el valor máximo alcanzado. Finalmente, la densidad aparente se obtuvo dividiendo el masa del pseudotallo entre su volumen, tal como se expone en la siguiente ecuación (Akaaimo & Raji, 2006).

$$\rho_b = \frac{W_s}{V_s} \quad (6)$$

Donde:

ρ_b : Densidad de masa [kg/m^3]

W_s : Peso de la muestra [kg]

V_s : Volumen ocupado por muestra [m^3]

2.2.2.1.8. *Humedad del pseudotallo del plátano*

Las muestras de pseudotallo de banano fueron obtenidas de la misma comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa. Para determinar su contenido inicial de humedad se empleó el método estándar de estufa de aire caliente. Este procedimiento siguió el protocolo establecido y permitió calcular la humedad mediante la siguiente fórmula:

$$MC(\%) = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \quad (7)$$

Donde:

MC : Humedad en base seca [%]

W_1 : Peso inicial del recipiente [g]

W_2 : Peso de la muestra antes del secado + peso del recipiente [g]

W_3 : Peso de la muestra después del secado + peso del recipiente [g]

Figura 10. *Medición de la humedad de la vaina de pseudotallo de plátano.*



Obtenido de (Pandey, 2022).

2.2.2.2. Propiedades mecánicas de la Biofibra de plátano.

Las propiedades mecánicas de la fibra de banano son fundamentales para garantizar su resistencia y durabilidad, por lo que fueron analizados diversos parámetros antes del diseño de la máquina. Las fibras obtenidas se lavaron con agua y se dejaron secar. Posteriormente, se separaron manualmente con cuidado. Tras el proceso de enriamiento, las fibras fueron golpeadas con un mazo para desprenderlas de las vainas, y luego se separaron utilizando un peine. Una vez secas a temperatura ambiente, se cardaron repetidamente en un marco de cardado para algodón con el fin de individualizar completamente las fibras. Finalmente, se procedió a medir sus propiedades mecánicas.

2.2.2.2.1. Resistencia máxima a la tracción

La resistencia máxima a la tracción es una propiedad mecánica fundamental para evaluar el comportamiento de las fibras naturales cuando son sometidas a esfuerzos axiales, ya que permite estimar su capacidad de soportar cargas antes de la rotura. En el caso del pseudotallo de plátano, esta propiedad está directamente relacionada con la estructura fibrosa del material y con factores como el diámetro de la fibra, el contenido de celulosa y el método de extracción. Conforme a ASTM C1557, la resistencia a la tracción se determinó con longitudes estándar, calculando el esfuerzo mediante la relación $\sigma = F/A$, siguiendo la metodología comúnmente aplicada en fibras naturales (Alves et al., 2013)

$$\sigma_t = \frac{F_t}{A} \quad (8)$$

Donde:

σ_t : Resistencia a la tracción de la fibra [N/mm^2]

F_t : Fuerza de tracción que actúa sobre la fibra de plátano [N]

A : Área de sección transversal de la fibra de plátano [mm^2]

Figura 11. Prueba de resistencia a la tracción máxima mediante UTM



Nota. Obtenido de (Irawan y Sukania, 2015)

2.2.2.2.2. Módulo de Young

El módulo de Young representa la elasticidad de un material cuando es sometido a fuerzas opuestas a lo largo de una misma línea, y se expresa como la relación entre el esfuerzo de tracción y la deformación resultante. Para la fibra de banano, este parámetro se determinó aplicando la fórmula correspondiente, según lo señalado por (DuPont, 2021).

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (9)$$

Donde:

E : Módulo de Young de elasticidad del plátano [N/mm^2]

σ : Tensión [N/mm^2]

A : Deformación

2.2.2.2.3. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión de un material representa el nivel máximo de esfuerzo que puede soportar justo antes de fallar. Es importante considerar que factores ambientales, como la temperatura y el contenido de humedad, pueden influir significativamente en este parámetro. Esta resistencia, generalmente representada por la letra sigma (σ), se determinó aplicando la fórmula correspondiente descrita por (Mohan & Rao, 2007).

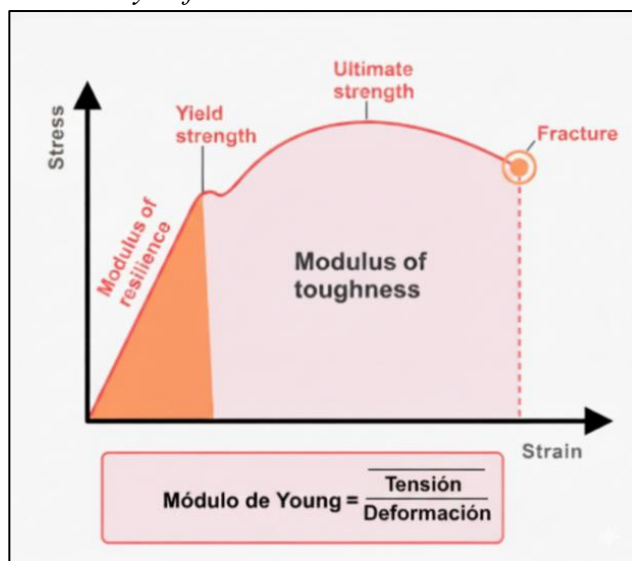
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (10)$$

Donde:

F: Fuerza axial

A: Área de sección transversal del objeto.

Figura 12. Curva tensión y deformación.



Nota. Obtenido de (Aria, 2025)

2.2.2.2.4. Deformación

La deformación corresponde al incremento de longitud que experimenta una fibra respecto a su tamaño inicial antes de fracturarse. Este parámetro se obtuvo mediante una máquina universal de ensayos, siguiendo las especificaciones de la norma ASTM D5379. El objetivo del ensayo es determinar cuánto puede estirarse la muestra hasta alcanzar su punto de ruptura. Para el cálculo de la deformación se emplearon las expresiones comúnmente utilizadas en la literatura especializada, tal como las planteadas en el trabajo de (Geethamma et al., 1998)

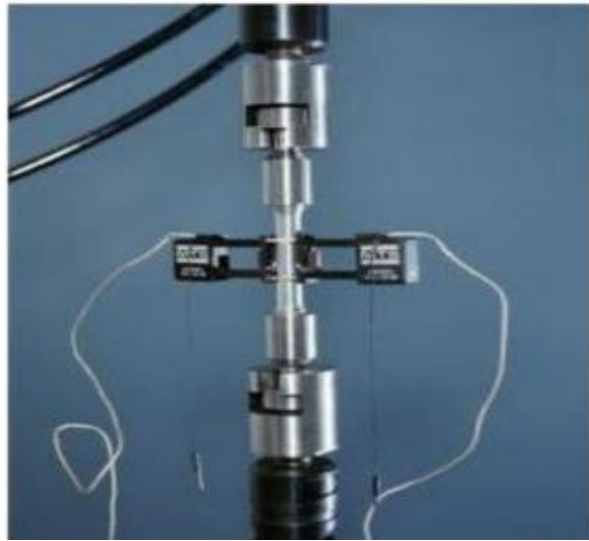
$$\text{deformación} = \frac{L_f - L_i}{L_i} \quad (11)$$

Donde:

L_f : Longitud de la fibra en el punto de ruptura [mm]

L_i : Longitud original de la fibra [mm]

Figura 13. Medición de la deformación de la fibra.



Nota. Obtenido de (Explainthatstuff, 2025)

2.2.2.3. Requerimientos del diseño

Durante el desarrollo de la máquina extractora de fibra de banano se tomaron en cuenta varios criterios fundamentales de diseño. Entre los aspectos evaluados se incluyeron:

- Consideraciones físicas y de viabilidad económica.
- Requerimientos funcionales necesarios para un desempeño eficiente.
- Criterios de selección de materiales adecuados para garantizar durabilidad y resistencia.

2.2.2.3.1. Física y económica

Los criterios físicos y económicos considerados en el diseño de la máquina extractora de fibra de banano abarcaron los siguientes aspectos:

- El equipo debía tener una estructura sencilla y un manejo intuitivo.

- Su costo total debía mantenerse dentro de un rango accesible para los productores.
- La máquina debía permitir reparaciones básicas utilizando servicios y recursos disponibles a nivel local.
- El diseño buscaba reducir tanto el esfuerzo manual requerido en la extracción de fibra como el tiempo invertido en el proceso.

2.2.2.3.2. Necesidad Funcional

- En el diseño funcional de la máquina extractora de fibra de banano se consideraron los siguientes requisitos operativos y de seguridad:
- El equipo debía ser económicamente viable.
- Se incluyó un sistema que facilitara su desplazamiento.
- La máquina debía ser liviana, portátil y de fácil manipulación.
- El pseudotallo no debía sufrir daños durante el proceso de extracción.
- Tanto la alimentación del material como el arrastre, tradicionalmente manuales, se automatizaron para disminuir riesgos y optimizar el tiempo de trabajo.
- Se incorporó una unidad de corte automática.
- Se dispuso un mecanismo para recolectar la pulpa y el jugo que se generan, ubicado directamente bajo la máquina.
- Se integraron cubiertas de protección para minimizar la posibilidad de accidentes.
- El funcionamiento debía estar basado en un motor eléctrico monofásico.
- Se implementó un sistema de avance y retroceso para el tornillo que acciona la unidad de corte, permitiendo su retorno a la posición inicial.

2.2.2.3.3. Material

En la selección de los materiales utilizados para la construcción de la máquina extractora de fibra de banano se tomaron en cuenta varios criterios fundamentales. Entre ellos destacaron:

✓ **Resistencia mecánica**

Los componentes debían soportar las cargas, esfuerzos, torsiones y fricción generados durante el proceso de extracción y manejo de la pulpa. Por esta razón, se optó por emplear acero como uno de los materiales principales.

✓ **Comportamiento frente a la corrosión**

Dado que los pseudotallos procesados presentan humedad elevada, fue necesario utilizar materiales con buena resistencia a la corrosión. Además, se consideraron factores como la durabilidad frente al desgaste, la disponibilidad de piezas estándar para facilitar el reemplazo, el costo total y las condiciones de seguridad para el operador.

2.2.3. Dimensionamiento de la máquina

Se diseñó una máquina extractora de fibra de plátano con el propósito de aprovechar las partes descartadas de la planta, especialmente los pseudotallos. Para ello, se realizó una revisión de los equipos existentes y se identificaron las limitaciones y problemas asociados a su funcionamiento. Con base en ese análisis, los distintos componentes del nuevo extractor fueron diseñados mecánicamente para asegurar un desempeño estable y seguro bajo diversas condiciones de operación.

2.2.3.1. Diseño de la unidad extractora de biofibra

2.2.3.1.1. Diseño del rodillo

Comprime la vaina del pseudotallo de plátano, expulsando el agua contenida en sus espacios intercelulares y además, cumple la función de impulsar la vaina hacia adelante, facilitando su avance continuo durante el proceso de extracción de Biofibra.

✓ **Determinación de la fuerza requerida para comprimir el pseudotallo de plátano.**

Consideraremos los siguientes parámetros para determinar la fuerza/torque necesario para comprimir la vaina del pseudotallo del plátano. Según la sección 2.3.1.1. tenemos la siguiente información:

Tabla 6. Dimensiones de la vaina del pseudotallo del plátano.

Parámetros	Letra	Valor	Unidades
Longitud	L	800	mm
Ancho	B	100	mm
Espesor	t	8	mm
Deflexión de la vaina	y	3	mm

Nota. Elaboración propia.

El espacio entre los rodillos no debe tener más de 5 mm para la extracción de Biofibra de plátano (Sonwane, 2020).

Hallamos la fuerza de pulpa (f), para ello el Módulo de elasticidad (E) según (Khurmi y Gupta, 2013) se expresa:

$$E = \frac{fL^3}{48yl} \quad (12)$$

$$f = \frac{EI \times 48y}{L^3} \quad (13)$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad, N/mm^2

y = Deflexión de la vaina, mm

f = Fuerza de pulpa, N

I = Momento de inercia, mm^4

L = Longitud de la vaina del pseudotallo, mm

“EI” es la resistencia a la torsión de la vaina del pseudotallo.

Momento de inercia

$$I = \frac{Bt^3}{12} \quad (14)$$

Donde:

B = Ancho de la vaina del pseudotallo, mm

$t = \text{Espesor de la vaina del pseudotallo, mm}$

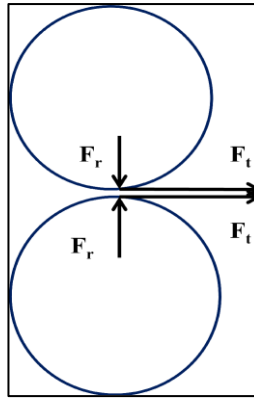
Fuerza tangencial (F_t)

$$F_t = F_r \times \cot(\alpha) \quad (15)$$

Donde:

$\alpha = \text{Ángulo de presión, grados} = 45^\circ$

Figura 14. Diagrama de cuerpo libre para el par de rodillos



Nota. Obtenido de (Pandey, 2022).

✓ **Determinación del diámetro del rodillo (d)**

Para determinar el diámetro, necesitamos calcular la velocidad tangencial, para ello usaremos la ecuación (16) obtenida de (Khurmi y Grupta, 2013)

$$F_t = \frac{mv^2}{r} \quad (16)$$

Donde:

$v = \text{Velocidad del rodillo, m/s}$

$r = \text{Radio del rodillo, mm}$

$m = \text{Masa del rodillo, kg}$

$$m = \rho \times \frac{\pi}{4} \times d^2 \times L \quad (17)$$

Donde:

ρ = Densidad del rodillo de acero dulce, kg/m^3

d = Diámetro del rodillo, mm

L = Longitud del rodillo, mm

2.2.3.1.2. *Diseño del tambor*

Se encarga de golpear la vaina del plátano para separar las fibras, pulpa y savia, por lo que, el diseño debe eliminar todo el contenido de agua y pulpa de la fibra con la menor cantidad de daño.

✓ **Fuerza requerida para despulpar el pseudotallo de plátano**

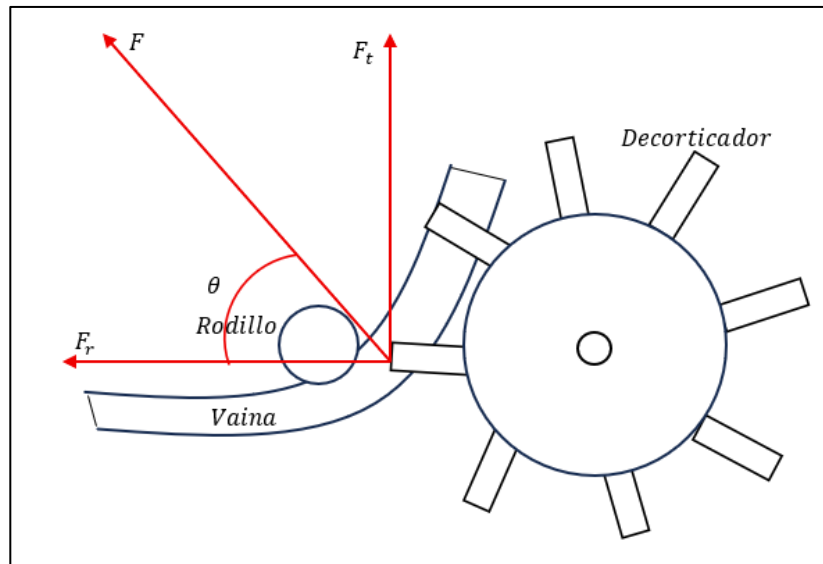
La vaina del pseudotallo de plátano se comprime después de pasar por el rodillo y su espesor se redujo de 8 mm a 5 mm. Además se comprobó que el espacio entre el rodillo de soporte y el descortezador no debe ser mayor a 2 mm para la extracción de la fibra, entonces podemos asumir que el grosor se reduce a 1 mm después del impacto (Pandey, 2022).

Tabla 7. Dimensiones para el diseño del tambor.

Parámetros	Letra	Valor	Unidades
Longitud	L	600	mm
Ancho	B	100	mm
Espesor	t	5	mm
Deflexión de la vaina	y	4	mm

Nota. Estos datos han sido obtenidos de (Pandey, 2022)

Figura 15. Diagrama de cuerpo libre del tambor (Decorticator).



Nota. Elaboración propia.

De la

Figura 15 obtenemos las siguientes fórmulas:

$$F_t = F \times \text{sen}(\theta) \quad (18)$$

$$F_r = F \times \text{cos}(\theta) \quad (19)$$

Donde,

F_t = Fuerza tangencial, N

F = Fuerza resultante, N

F_r = Fuerza radial, N

θ = Ángulo entre fuerza tangencial y radial

✓ **Diámetro del tambor**

La velocidad tangencial expresada con la fuerza centrípeta es

$$F_t = m\omega^2 r \quad (20)$$

Donde,

ω = Velocidad angular del decorticator, rad/s

$r = \text{Radio del tambor, mm}$

$m = \text{Masa de la hoja. kg}$

$$m = \rho \times l \times b \times t \quad (21)$$

Donde,

$\rho = \text{Densidad del rodillo de acero dulce, } 7870 \text{ kg/m}^3$

$b = \text{Ancho de la cuchilla, mm}$

$l = \text{Longitud de la cuchilla, mm}$

$t = \text{Espesor de la cuchilla, mm}$

✓ Volumen del cilindro

Para determinar el volumen de este cilindro hueco, se planteará la siguiente ecuación.

$$V_C = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - D_i^2) \times L_c \quad (22)$$

Donde:

$V_C = \text{Volumen del cilindro [m}^3\text{]}$

$D_e = \text{Diámetro externo del cilindro [mm]}$

$D_i = \text{Diámetro interno del cilindro [mm]}$

$L_C = \text{Longitud de cilindro [mm]}$

✓ Peso del cilindro

Para determinar el peso del cilindro, se planteará la siguiente ecuación.

$$P_C = V_C \times \gamma_{ai} \quad (23)$$

Donde:

$P_C = \text{Peso del cilindro [N]}$

$V_C = \text{Volumen del cilindro [m}^3\text{]}$

$\gamma_{ai} = \text{Peso específico del acero dulce}$

$$\gamma_{ai} = \rho \times g \quad (24)$$

Donde:

$\rho = \text{Densidad del rodillo de acero dulce, } 7870 \text{ kg/m}^3$

$g = \text{Gravedad} = 9.81 \text{ m/s}^2$

✓ Discos redondos

Los discos redondos garantizan su adecuada integración con el cilindro del tambor, estos discos se ubicarán en ambos extremos del cilindro y cumplirán la función de cerrar el tambor y transmitir el movimiento rotacional al conjunto de cuchillas.

Tabla 8. Características de discos redondos.

Discos redondos		
Dimensiones	Medidas	unidades
<i>Diámetro (D_d)</i>	240	mm
<i>Diámetro del eje</i>	32	mm
<i>Espesor (e)</i>	4	mm

Nota. Elaboración propia.

2.2.3.1.3. Potencia de accionamiento

La potencia total requerida para la máquina extractora de biofibra se determina a partir de la energía necesaria para accionar cada uno de los sistemas que la componen. En este diseño se consideran dos unidades principales: el sistema extractor de fibra, que realiza el proceso mecánico principal, y el sistema de banda transportadora, cuya función es trasladar el pseudotallo una vez que ha sido desfibrado.

✓ Energía para operar el rodillo

La potencia necesaria del rodillo para su funcionamiento se basó en la fuerza requerida para presionarlo. Según el capítulo 1, se consideraron los siguientes parámetros:

Tabla 9. *Parámetros del rodillo*

Parámetros del rodillo	
Parámetro	Valor
<i>Fuerza tangencial</i>	<i>35 N</i>
<i>Fuerza radial</i>	<i>35 N</i>
<i>Velocidad del rodillo</i>	<i>0.35 m/s</i>

Nota. Elaboración propia.

Usando las fórmulas de (Khurmi y Gupta, 2005)

$$P = F \times v \quad (25)$$

Donde:

$P = \text{Potencia del rodillo, Watt}$

$F = \text{Fuerza tangencial, N}$

$v = \text{Velocidad del rodillo, m/s}$

✓ **Potencia para el tambor**

Según el capítulo 2.2.3.1.2, se consideraron los siguientes parámetros:

Tabla 10. *Parámetros del tambor.*

Parámetros del tambor	
Parámetro	Valor
<i>Fuerza tangencial</i>	<i>176.85 N</i>
<i>Fuerza radial</i>	<i>27 N</i>
<i>Velocidad del tambor</i>	<i>510 rpm</i>
<i>Velocidad angular</i>	<i>53.407 rad/s</i>
<i>Diámetro</i>	<i>250 mm</i>

Nota. Elaboración propia.

La velocidad del tambor está dada por,

$$v = \omega \times r \quad (26)$$

Donde,

$\omega = \text{Velocidad angular, rad/s}$

$r = \text{radio del tambor, m}$

✓ Banda transportadora

La banda transportadora tiene como función principal asegurar el traslado continuo, uniforme y seguro del material a lo largo del sistema, permitiendo integrar y automatizar las etapas del proceso operativo con eficiencia y mínima intervención manual.

Tabla 11. *Parámetros de la banda transportadora*

Datos iniciales		
Parámetro	Valor	Unidades
<i>Ancho de la banda</i>	400	mm
<i>Longitud de la banda</i>	2113	mm
<i>Velocidad de banda</i>	1	m/s

Nota. Elaboración propia.

Sección transversal

Usamos la fórmula dada por (Salinero, 2013),

$$A = k \times B^2 \quad (27)$$

Donde,

$A = \text{Sección transversal, m}^2$

$k = \text{Coeficiente empírico, 0.05 para fibra vegetales}$

$B = \text{Ancho de banda, m}$

Capacidad de transporte de la banda

Determinada por el área de la sección transversal de la carga que puede ser colocada encima de la cinta sin ocasionar derrame del material (Salinero, 2013).

$$Q_v = 3600 \times v \times A \quad (28)$$

Donde,

$$Q_v = \text{Capacidad}, m^3/h$$

$$v = \text{Velocidad}, m/s$$

$$A = \text{Sección transversal}, m^3$$

Reemplazamos en la ecuación (28)

La capacidad de transporte en masa está dada por la fórmula dada por (Salinero, 2013),

$$Q_m = \gamma \times Q_v \quad (29)$$

Donde,

$$Q_m = \text{Capacidad de transporte de la banda}, t/h$$

$$Q_v = \text{Capacidad volumétrica de la banda}, m^3/h$$

$$\gamma = \text{Peso específico del material}, t/m^3$$

Tabla 12. *Densidad de la fibra de plátano.*

S. No.	Diameter (μm)	References	S. No.	Density (g/cm ³)	References
1.	125-150 (137.5)	Paul <i>et al.</i> , 2008	1.	1.35	Deepa <i>et al.</i> , 2011
2.	225.53	Bledzki <i>et al.</i> , 2010	2.	1.35	Idicula <i>et al.</i> , 2005
3.	23	Zhu and Tobias, 1994	3.	1.30	Majhi <i>et al.</i> , 2010
4.	50-250 (150)	Porthan <i>et al.</i> , 2006	4.	1.35	Venkateshwaran <i>et al.</i> , 2012
5.	125-400 (262.5)	Bilba <i>et al.</i> , 2007			
6.	175-250 (212.5)	Rao <i>et al.</i> , 2010			
7.	114.2-125.8 (120)	Idicula <i>et al.</i> , 2005			
8.	13.16	Ibrahim <i>et al.</i> , 2005			
9.	98.4	Patil, 2012			
Avg.	138.06			1.34	
S.D.	86.28			0.025	

Nota. Obtenido de (Pappu *et al.*, 2015).

Potencia parcial de la banda

Durante el funcionamiento, la banda transportadora experimenta diferentes niveles de esfuerzo a lo largo de su trayectoria. Por ello, para dimensionarla adecuadamente y calcular la potencia requerida, es indispensable identificar la tensión presente en el tramo donde se concentra la mayor carga mecánica.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \quad (30)$$

Donde,

P_1 = Potencia para mover la cinta en vacío, kW

P_2 = Potencia para elevar la carga a cierta altura, kW

P_3 = Potencia necesaria para vencer rozamientos, kW

Entonces para la P_1 está dada por la fórmula dada por (Salinero, 2013),

$$P_1 = \frac{C_b \times v + Q_m}{C_l \times k_f} \quad (31)$$

Donde,

C_b = Factor de ancho de banda, kg/m

$v = \text{Velocidad de la banda, m/s}$

$Q_m = \text{Capacidad de transporte de la banda, t/h}$

$C_l = \text{Factor de longitud de la banda, m}^{-1}$

$k_f = \text{Factor de servicio}$

Tabla 13. Selección del factor de ancho de banda, C_b

Peso específico γ [t / m ³]	Ancho de Banda [mm]											
	300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
$\gamma \leq 1$	31	54	67	81	108	133	194	227	291	-	-	-
$1 < \gamma \leq 2$	36	59	76	92	126	187	277	320	468	554	691	745
$\gamma > 2$	-	65	86	103	144	241	360	414	644	727	957	1033

Nota. Obtenido de (Salinero, 2013)

Tabla 14. Selección del factor de longitud de la banda, C_l

Longitud [m]	3	4	5	6	8	10	1,5	16	20
C_L	667	625	555	526	454	417	370	323	286
Longitud [m]	25	32	40	50	63	80	90	100	150
C_L	250	222	192	167	145	119	109	103	77
Longitud [m]	200	250	300	350	400	450	500	550	600
C_L	63	53	47	41	37	33	31	28	26
Longitud [m]	700	800	900	1000	1500	2000	>2000		
C_L	23	20	18	17	12	9	8		

Nota. Obtenido de (Salinero, 2013)

Tabla 15. Selección del factor de servicio, k_f

Condiciones de Trabajo	k_f
Favorables, buena alimentación, bajas velocidades	1,17
Normal, condiciones estándar.	1
Desfavorables, baja temperatura y alta velocidad.	0,87-0,74
Temperaturas extremadamente bajas.	0,57

Nota. Obtenido de (Salinero, 2013)

Potencia para elevar la carga

En condiciones generales, esta potencia corresponde al esfuerzo requerido para elevar el material a una determinada altura o, en el caso de cintas descendentes, a la potencia necesaria para controlar y frenar su descenso. Sin embargo, en nuestro proyecto este componente es nulo, ya que la banda transportadora opera de manera completamente horizontal y no existe variación de altura en el recorrido del material.

Potencia para vencer rozamientos

Necesaria para vencer las resistencias generadas por elementos secundarios.

$$P_3 = \sum (P_a + P_b + P_c) \quad (32)$$

Donde,

P_a = Potencia debida a los trippers, kW

P_b = Potencia debida a los dispositivos de limpieza, kW

P_c = Potencia debida a dispositivos guías de carga y faldones, kW

Tabla 16. Potencias adicionales necesarias para otros dispositivos.

POTENCIA ADICIONALES		
Trippers, P_a	Ancho de Banda [m]	Potencia [Kw]
	≤ 500	$0,8 \cdot v$
	≤ 1000	$1,5 \cdot v$
	> 1000	$2,3 \cdot v$
Dispositivos de limpieza P_b	Tipo de contacto/ Presión	
	Contacto Simple	$0,3 \cdot B \cdot v$
	Contacto de Presión elevada	$1,5 \cdot B \cdot v$
Guías de Carga P_c	Longitud L_f [m]	
	Desde punto de carga	$0,16 \cdot v \cdot L_f$

Nota. Obtenido de (Salinero, 2013)

En nuestro proyecto, la potencia adicional es nula debido a que ninguno de los elementos que generan consumos extra está presente en el sistema. No se emplean *trippers* porque la banda cuenta con un único punto de descarga; tampoco se utilizan dispositivos de limpieza, ya que la

fibra del pseudotallo no se adhiere a la banda; y no se requieren guías de carga o faldones, dado que el material es liviano y se mantiene estable sobre la superficie. Reemplazamos en la ecuación (32), $P_3 = 0$

Potencia requerida por el motor

Ecuación obtenida de (Salinero, 2013),

$$P_M = \frac{P_T}{\eta \times \varepsilon} \quad (33)$$

Donde,

η = Rendimiento del motor, %

ε = Eficiencia mecánica de reductores, %

Tabla 17. Eficiencia de los diferentes mecanismos reductores.

Tipo de mecanismo reductor	Eficiencia
Poleas y bandas en V	94%
Cadena de rodillos	93%
Cadena de rodillos lubricados en aceite	95%
Reductor de engranajes helicoidales, una reducción	95%
Reductor de engranajes helicoidales, doble reducción	94%
Reductor de engranajes helicoidales, triple reducción	93%
Reductor de tronillo sin fin (relación 20:1)	90%
Reductor de tronillo sin fin (relación 20:1 a 60:1)	70%
Reductor de tronillo sin fin (relación 60:1 a 100:1)	50%
Reductor de engranajes rectos (mecanizados)	90%
Reductor de engranajes rectos (fundidos)	85%

Nota. Obtenido de (Salinero, 2013)

Resistencia mínima a tracción de la banda

La resistencia mínima a la tracción que debe tener la banda se determina para contar con un valor de referencia que permita verificar si la banda seleccionada cumple con las exigencias básicas de operación. Para ello, es necesario calcular dicha resistencia considerando la potencia obtenida en el apartado previo y aplicando la ecuación correspondiente.

$$k = \frac{C_R \times P_T}{C_v \times v} \quad (34)$$

Donde,

k = Tensión de tracción, N/mm

P_T = Potencia total, kW

v = Velocidad de la banda, m/s

C_R = Factor de fricción según la superficie del tambor

C_v = Factor de pérdida de resistencia a tracción según la banda

Tabla 18. Coeficiente de fricción según superficie de tambor C_R .

FACTOR DE FRICCIÓN C_R													
Superficie del tambor motriz	Coeficiente de fricción μ	Ancho de banda [mm]											
		300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Sin recubrimiento y mojado	0,15	98	74	59	45	37	30	25	21	18	16	15	14
Recubierto con goma, mojado y sucio	0,3	62	46	37	28	23	18	15	13	12	10	9	8
Sin recubrimiento y seco	0,35	57	43	34	26	21	17	14	12	11	9	8	8
Con recubrimiento de goma y seco	0,4	53	40	32	25	20	16	13	11	10	9	8	7

Nota. Obtenido de (Salinero, 2013).

Tabla 19. Factor de pérdida de resistencia a tracción según empalme/n° de telas C_v .

Tipo de banda DUNLOP	Tipo de empalme por número de telas		Factor C_v
DUNLOPFLEX	2 capas superpuestas	Al 100%	1
	2 capas superpuestas	Al 50%	0,5
TRIOFLEX	3 capas superpuestas	Al 100%	1
	2 capas superpuestas	Al 67%	0,67
SUPERFORT	Número de capas	1	0,7
		2	0,5
		3	0,67
		4	0,75
		5	0,8
		6	0,83
FERROFLEX	Zig-Zag	-	0,9
STEELCORD	Número de escalones	1-2	1
		3	0,95
		4	0,9

Nota. Obtenido de (Salinero, 2013).

2.2.3.2. Diseño del sistema de transmisión

La potencia se transmitía a través del motor a la unidad de extracción de biofibra mediante un sistema de correa y poleas. Se usará 1425 rpm como dato para la velocidad del motor, ya que la mayoría de motores eléctricos en el mercado usan esta velocidad nominal (Pandey, 2022).

2.2.3.2.1. Potencia de diseño

Para realizar un diseño eficiente es necesario calcular la potencia de diseño, ya que es superior a la potencia nominal. Consideramos una potencia nominal alrededor de los 2 HP.

Para calcular la potencia de diseño usaremos la fórmula dada por (Arenas & León, 2012).

$$P_d = F_s \times P_n \quad (35)$$

Donde,

P_d = Potencia de diseño, HP

F_s = Factor de servicio

P_n = Potencia a transmitir, HP

Para la selección del factor de servicio requiere evaluar diversos parámetros operativos y mecánicos del sistema como el tipo de carga que transmite la máquina (uniforme, variable o con impactos), el régimen de trabajo diario en horas de operación, la presencia de arranques y frenados frecuentes, el nivel de vibraciones o golpes durante el funcionamiento, y las condiciones ambientales como humedad, polvo o temperatura. Estos factores permiten establecer un valor adecuado que garantice la confiabilidad, seguridad y vida útil del sistema motriz.

Tabla 20. *Factor de servicio.*

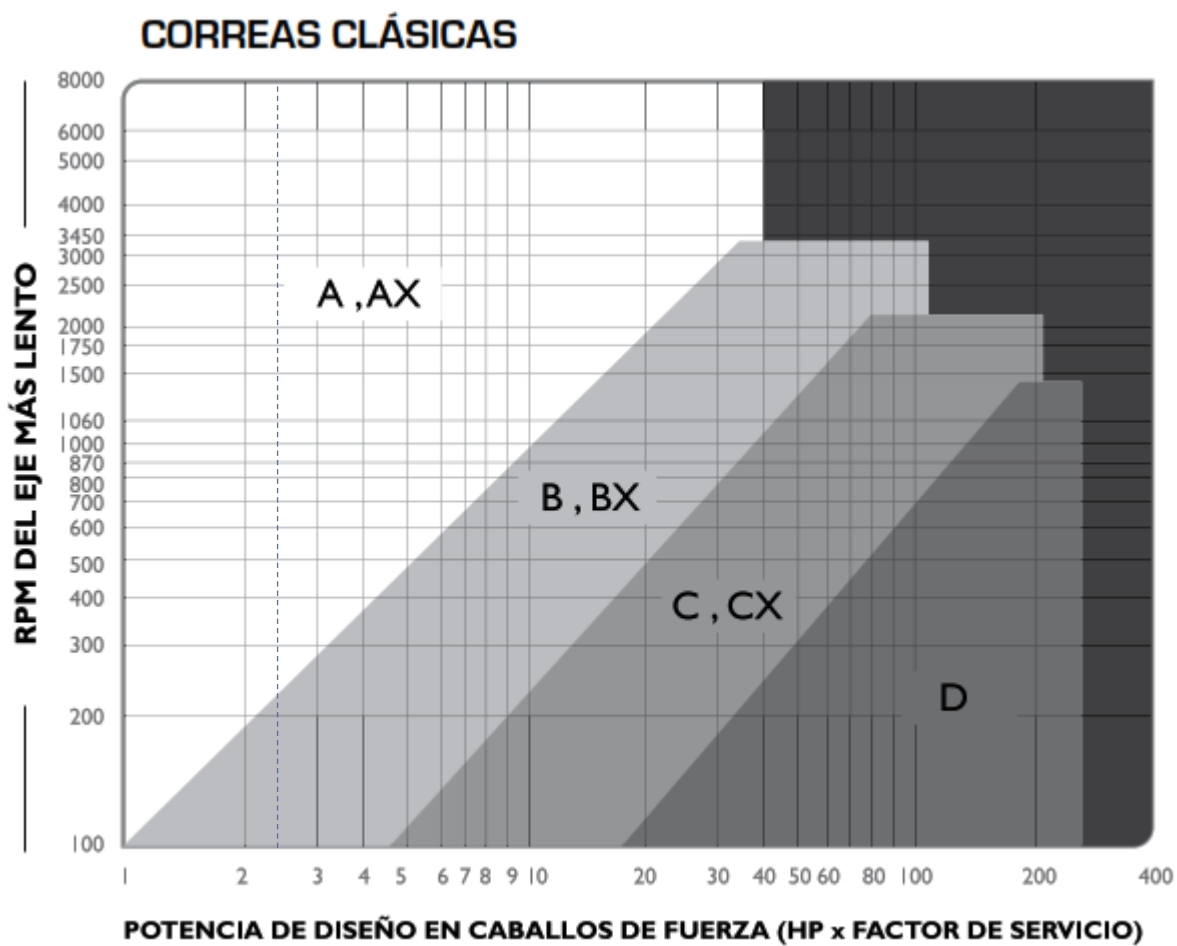
	MAQUINA MOTRIZ					
	Motor eléctrico sincrónico. Motor de combustión interna multicilindro. Turbinas.			Motor eléctrico de alto par. Motor de combustión interna monocilindro.		
MAQUINA CONDUCTIDA	8 h/día	16 h/día	24 h/día	8 h/día	16 h/día	24 h/día
Carga ligera	1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Agitadores de líquidos. Bombas y compresores centrífugos. Transportadores de banda. Ventiladores. Maquinas herramientas de corte continuo.						
Carga normal						
Bombas y compresores de 3 y más cilindros. Transportadores de cadena. Fresadoras.						
Carga pesada	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Bombas y compresores de 1 y 2 cilindros. Elevadores de cangilones. Cepilladoras y mortajadoras. Molino de bolas.						
Carga muy pesada						
Mecanismos de elevación de grúas. Prensas. Cizallas.						

Nota. Obtenido de (Arenas & León, 2012)

2.2.3.2.2. Perfil de la correa

El perfil adecuado se determina a partir de la **Figura 16** y **Figura 17**.

Figura 16. Diagrama para seleccionar el tipo o perfil de la correa.



Nota. Obtenido de (Intermec, 2023)

Tabla 21. *Sistema de poleas.*

Correa	Sistema de poleas	Puntos	Descripción
C1	1	1	Polea 1, ubicada en el motor eléctrico.
		2	Polea 2, ubicada en el eje del tambor.
C2	2	3	Polea 3, ubicada en el segundo eje.
		4	Polea 4, ubicada en el eje del tambor.
C3	3	5	Polea 5, ubicada en el eje del primer sistema de engranajes.
		6	Polea 6, ubicada en la banda transportadora.
C4	4	7	Polea 7, ubicada en la banda transportadora.
		8	Polea 8, ubicada en el eje del sistema de rodillos.

Nota. Elaboración propia.

Sabemos que,

$$N = \frac{60 \times v}{\pi \times D} \quad (36)$$

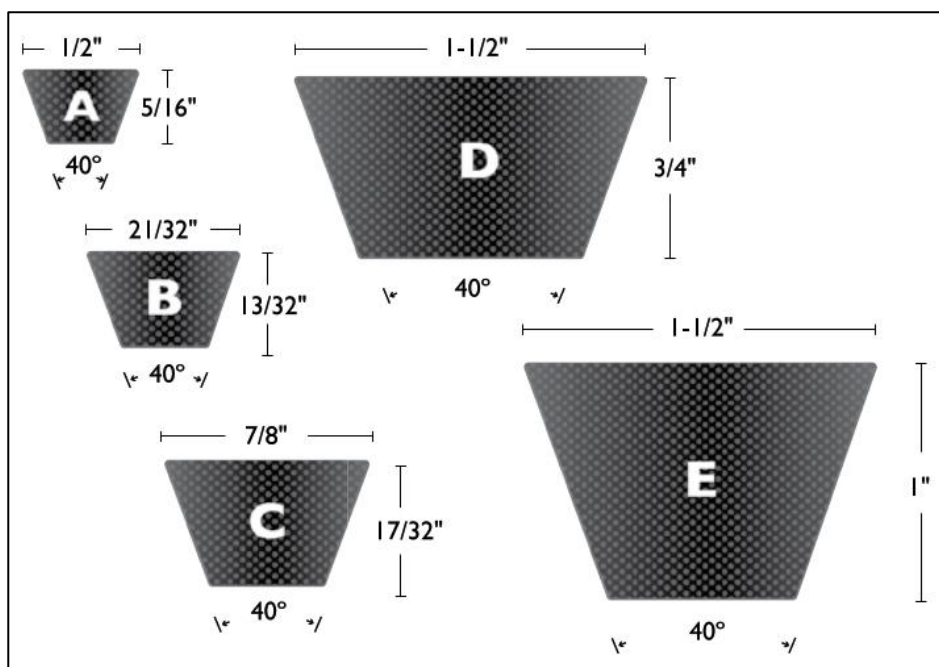
Dónde,

N = Revolución por minuto de la banda transportadora, rpm

v = Velocidad lineal de la banda, m/s

D = Diámetro de los rodillos de la banda transportadora, mm

Figura 17. Sección de correas en “V” clásicas tamaño real.



Nota. Obtenido de (Intermec, 2023).

Tabla 22. Selección del diámetro exterior de la polea motriz (Más rápida).

Sección	Diámetro exterior	
	Mínimo, mm	Máximo, mm
A	85	190
B	95	245
C	135	415
D	320	575

Nota. Información obtenida de (Intermec, 2023)

2.2.3.2.3. *Dimensiones de las poleas para la extracción de biofibra.*

Este sistema de transmisión está conformado de diferentes correas y poleas, para calcular el tamaño de las poleas usaremos las fórmulas dadas por (Arenas & León, 2012)

$$\frac{N_m}{N_s} = \frac{D_{pp,s}}{D_{pp,m}} \quad (37)$$

Donde,

N_m = Velocidad de la polea motriz, rpm

N_s = Velocidad de la polea conducida, rpm

$D_{pp,m}$ = Diámetro primitivo de la polea motriz, mm

$D_{pp,s}$ = Diámetro primitivo de la polea conducida, mm

En una correa de transmisión la correa no trabaja sobre los diámetros exteriores, ni alcanza el fondo de la polea (Diámetro interior) sino que la velocidad real de la transmisión se calcula por el diámetro primitivo de la correa (Punto medio de la correa) (Arenas & León, 2012). El diámetro primitivo está dado por,

$$d_{pp} = d_p - 2j \quad (38)$$

Donde,

d_{pp} = Diámetro primitivo de la polea, mm

d_p = Diámetro exterior de la polea, mm

j = Factor según el tipo de polea

El factor “j” depende del tipo de la sección de la polea

Tabla 23. Valor de “j” según el tipo de correa.

Tipo de correa	Valor de “j” en mm
Z	2,5
A	3,3
B	4,2
C	5,7
D	8,1
E	9,6

Nota. Obtenido del manual (Dunlop, 2025)

Al utilizar diámetros de poleas comerciales, se debe comprobar que la velocidad real de la transmisión no esté tan lejos de la que se necesita, por lo que, debemos calcular el porcentaje de error con la ecuación dada por (Arenas & León, 2012)

$$\%Error = \left[1 - \frac{N_{S,real}}{N_{S,diseño}} \right] \times 100 \quad (39)$$

Donde,

$N_{S,real}$ = Velocidad real, RPM

$N_{S,diseño}$ = Velocidad de diseño, RPM

2.2.3.2.4. Determinación de la longitud de la correa

Usaremos la fórmula dada por (Arenas & León, 2012).

$$L = 2c + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4c} \quad (40)$$

Donde,

L = Longitud de la correa trapezoidal, mm

D = Diámetro de la polea mayor, mm

d = Diámetro de la polea menor, mm

c = Distancia entre los centros de las poleas, mm

Además, se debe considerar la tabla del **Anexo 1** para verificar la longitud primitiva nominal comercial. El factor de corrección según el arco de contacto, tenemos la siguiente ecuación,

$$\frac{(D_{pp} - d_{pp})}{C} \quad (41)$$

2.2.3.2.5. *Ángulo de contacto de la transmisión por correa trapezoidal.*

El ángulo de contacto de la correa trapezoidal en la polea más pequeña, lo expresamos con la ecuación (42) dada por (Khurmi & Gupta, 2005).

$$\theta = (180^\circ - 2\alpha) \frac{\pi}{180} \quad (42)$$

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{D - d}{2c} \right) \quad (43)$$

Donde,

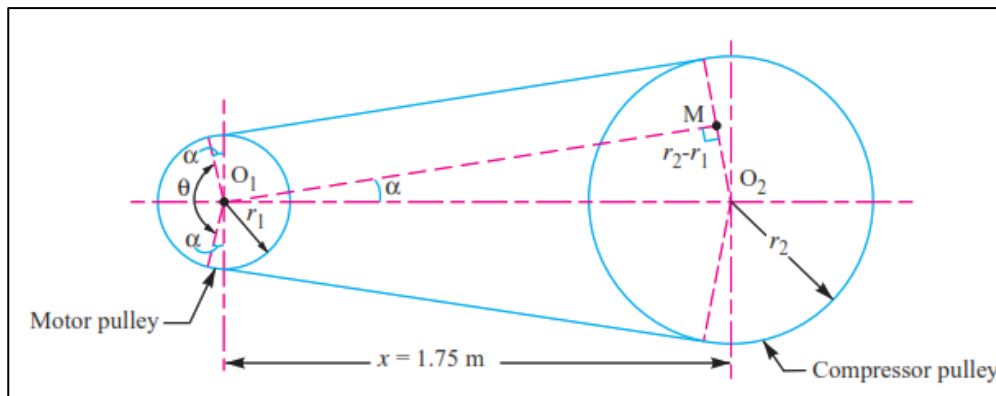
θ = ángulo de contacto, rad

D = Diámetro de la polea mayor, mm

d = Diámetro de la polea menor, mm

c = Distancia entre centros de las poleas, mm

Figura 18. Disposición de la transmisión.



Nota. Obtenido de (Khurmi & Gupta, 2005)

2.2.3.2.6. Tensiones en transmisiones por correa trapezoidal.

La tensión de la correa de la polea motriz y conducida la calculamos con la fórmula dada por (Khurmi & Gupta, 2005).

$$P = (T_t - T_s) \times v \quad (44)$$

$$\frac{T_t}{T_s} = e^{\mu \theta \cos \sec \beta} \quad (45)$$

Dónde,

P = Potencia transmitida por la disposición de poleas y correas, watt

T_t = Tensión en el lado tenso de la correa, N

T_s = Tensión en lado flojo de la correa, N

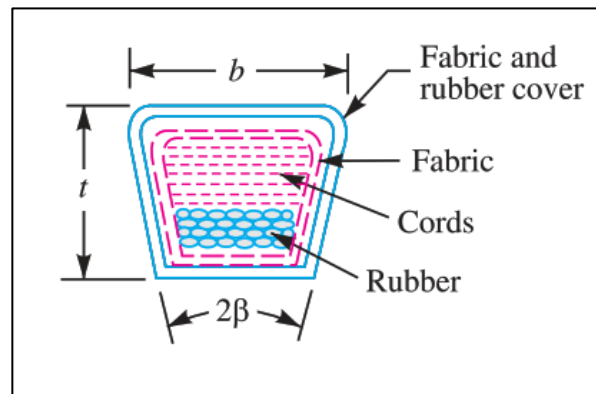
μ = Coeficiente de fricción entre la correa y la disposición de poleas = 0.27

θ = Ángulo de contacto en la correa, rad

β = Ángulo de ranura de la correa, °

v = Velocidad tangencial, m/s

Figura 19. Sección transversal de una correa trapezoidal



Nota. Nota. Obtenido de (Khurmi & Gupta, 2005).

El ángulo de ranura de todas las correas trapezoidales es $2\beta = 40^\circ$ según el perfil seleccionado de (Intermec, 2023).

Para determinar la velocidad tangencial de cada correa del sistema, usaremos la fórmula dada por (Khurmi & Gupta, 2005)

$$v = \frac{\pi \times d_1 \times N_1}{60} \quad (46)$$

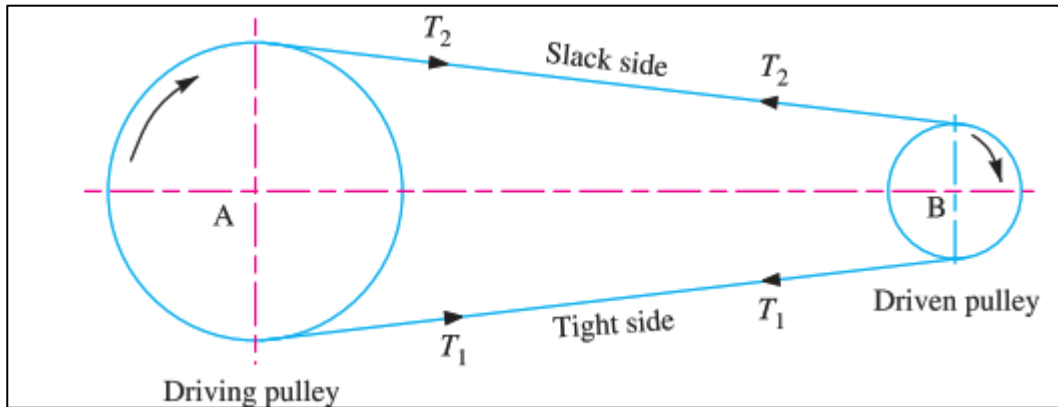
Donde,

v = Velocidad tangencial, m/s

d_1 = Diámetro primitivo de polea motriz, m

N_1 = Velocidad de la polea motriz, RPM

Figura 20. Potencia transmitida por una correa



Nota. Obtenido de (Khurmi & Gupta, 2005).

2.2.3.3. Diseño del eje del descortezador

El eje se encuentra soportado por dos cojinetes UCP-206, sobre este eje se encuentra el tambor descortezador y las poleas, siendo las principales cargas sobre el eje. Las fuerzas tangenciales sobre los conjuntos descortezadoras eran provocadas por el par, el tambor de golpeo y la correa. Los valores de $K_m = 1.5$ y $K_t = 1.0$ han sido seleccionado (Pandey, 2022).

2.2.3.3.1. Carga en el eje del descortezador

El eje consta de dos poleas y un tambor descortezador que presentan diferentes cargas sobre él. La fuerza ejercida por cada elemento se calculará a continuación.

✓ Fuerza ejercida por poleas

Se colocaron dos poleas al eje (Polea 2 y Polea 4). La fuerza vertical y horizontal que se aplica sobre el eje según (Pandey, 2022) es,

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{EV} = W_E + (T_{L1} + T_{L2}) \times \text{Sen}(\varphi) \quad (47)$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{EV} = (T_{L1} + T_{L2}) \times \text{Cos}(\varphi^\circ) \quad (48)$$

Donde,

$W_E = \text{Peso de la polea mayor, } N$

$T_{L1} = \text{Tensión en el lado tenso de la polea más grande, } N$

$T_{L2} = \text{Tensión en el lado flojo de la polea más grande, } N$

$\varphi = \text{Ángulo de inclinación con respecto a la horizontal, } ^\circ$

✓ Fuerza ejercida por el tambor descortezador

El análisis de esta fuerza permite establecer las condiciones de contacto y presión necesarias entre el tambor y el pseudotallo, asegurando un proceso de descortezado eficiente, continuo y controlado, así como el correcto dimensionamiento del eje, el sistema de transmisión y el motor de accionamiento.

✓ Diámetro del eje del descortezador

Para poder calcular el momento flector resultante en los puntos, usaremos la fórmula (49) dada por (Pandey, 2022).

$$M = \sqrt{M_V^2 + M_H^2} \quad (49)$$

Dónde,

$M_V = \text{Momento flector vertical, } N.mm$

$M_H = \text{Momento flector horizontal, } N.mm$

Se utilizó el método del momento de torsión equivalente para calcular el diámetro útil del eje, dado por (Pandey, 2022).

$$T_e = \sqrt{(K_m \times M_B)^2 + (K_T \times T)^2} \quad (50)$$

Dónde,

K_m = Factor combinado de choque y fatiga por flexión, $N.mm$

M_B = Momento flector máximo, Nm

T = Momento de torsión o torque que actúa sobre el eje, Nm

T_e = Momento de torsión equivalente, Nm

Según (Pandey, 2022) para poder calcular el par producido en el eje se calculó usando fuerzas de tensión de la polea.

$$T_L = (T_T - T_S) \times r \quad (51)$$

Donde,

T_t = Tensión en el lado tenso de la correa, N

T_s = Tensión en lado flojo de la correa, N

r = Radio de la polea, m

2.2.3.4. Diseño de la estructura

Para el diseño de la estructura principal se seleccionó un tubo cuadrado de acero MS de 40 × 40 mm como elemento base. Esta estructura cumple la función de integrar y sostener todos los módulos de la máquina, garantizando una configuración estable y robusta. La estructura debía poseer la rigidez suficiente para soportar el peso total del equipo y las cargas generadas durante su funcionamiento, evitando deformaciones y asegurando un desempeño confiable. Se consideraron los siguientes parámetros.

Tabla 24. *Relación del peso de los materiales en la estructura*

	Unidad	Masa, Kg	Peso, N
<i>Motor</i>	<i>1</i>	<i>10</i>	<i>98.1</i>
<i>Eje del descortezador</i>	<i>1</i>	<i>12</i>	<i>117.72</i>
<i>Eje auxiliar</i>	<i>1</i>	<i>5</i>	<i>49.05</i>
<i>Rodillo</i>	<i>4</i>	<i>20</i>	<i>196.2</i>
<i>Otros accesorios</i>	<i>1</i>	<i>15</i>	<i>147.15</i>
<i>Total</i>			<i>608.22</i>

Nota. Elaboración propia.

2.2.4. Diseño del sistema eléctrico

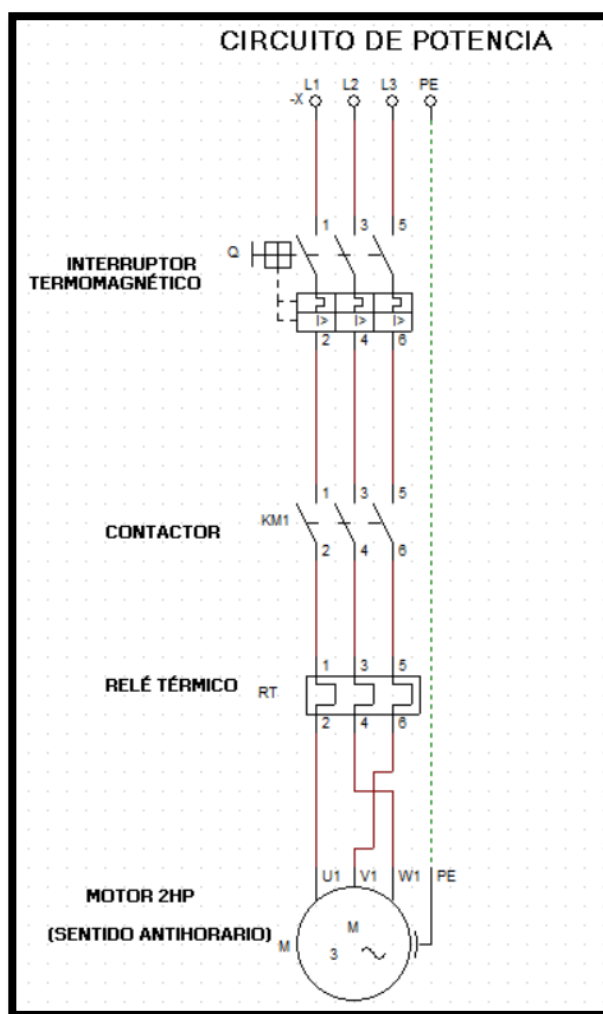
El sistema eléctrico de la máquina desfibradora ha sido diseñado con la finalidad de garantizar un funcionamiento seguro, eficiente y confiable del motor eléctrico que acciona el tambor desfibrador. Dicho sistema permite controlar el arranque, la operación continua y la detención del equipo, integrando elementos de protección y control que reducen el riesgo de fallas eléctricas y mecánicas durante el proceso de desfibrado del pseudotallo.

Para una mejor comprensión de su funcionamiento, el sistema eléctrico se divide en circuito de potencia y circuito de mando, los cuales trabajan de manera conjunta para asegurar un control adecuado del motor y una operación segura para el usuario, tal como se desarrolla en los apartados siguientes.

2.2.4.1. Circuito de potencia

El circuito de potencia es el encargado de suministrar la energía eléctrica directamente al motor trifásico de la desfibradora, el cual transmite el movimiento al tambor desfibrador. Este circuito está conformado por un interruptor termomagnético, un contactor, un relé térmico y el motor eléctrico, además del conductor de protección a tierra (PE), garantizando así la seguridad eléctrica del sistema. Como se muestra en la **Figura 21**, el interruptor termomagnético actúa como protección principal frente a cortocircuitos y sobrecorrientes, mientras que el contactor permite la conexión y desconexión del motor desde el circuito de mando. El relé térmico protege al motor ante sobrecargas prolongadas, interrumpiendo el suministro eléctrico cuando se supera la corriente nominal de operación. Este tipo de configuración es ampliamente utilizada en máquinas desfibradoras y equipos industriales similares (Salgado, 2017)

Figura 21. Circuito de potencia del sistema eléctrico de la desfibradora desarrollado en CAdE_SIMU



Nota. Elaboración propia.

2.2.4.2. Circuito de mando

El circuito de mando permite controlar el funcionamiento del circuito de potencia mediante dispositivos de baja potencia, facilitando una operación segura y precisa del sistema. Este circuito está compuesto por un interruptor de protección del mando, pulsadores de paro y arranque, contactos auxiliares del contactor, el contacto del relé térmico y elementos de señalización luminosa (Celis & Aquino, 2019). Como se aprecia en la (Aquino & Celis, 2019).

Figura 22, el pulsador de arranque energiza la bobina del contactor, permitiendo el cierre de los contactos principales del circuito de potencia. El pulsador de paro, de tipo normalmente

2.2.5. Evaluación económica

La evaluación económica de la máquina extractora de biofibra de plátano tiene como finalidad determinar la viabilidad financiera del diseño propuesto, considerando los costos de fabricación, operación y mantenimiento, así como los beneficios potenciales derivados del aprovechamiento del pseudotallo de plátano como materia prima. Este análisis permite establecer si la implementación de la máquina resulta técnica y económicamente sostenible para los usuarios finales, sirviendo como base para la toma de decisiones y la posible implementación del proyecto.

2.2.5.1. Costo fijo de la máquina.

2.2.5.1.1. Depreciación.

El valor de la máquina disminuye con el tiempo, por lo que la depreciación lo calculamos según (Kamboj et al., 2012)

$$D = \frac{C - S}{L \times H} \quad (52)$$

Donde,

D = Depreciación por hora

C = Inversiones de capital, Soles

S = Valor de rescate, 10% de C , Soles

L = Vida útil de la máquina en horas o años

H = Número de horas de trabajo al año.

2.2.5.1.2. Interés de la inversión.

El rendimiento anual de la inversión se calcula con la fórmula dada por (Kepner et al., 2005).

$$I = \frac{C + S}{2} \times \frac{i}{H} \quad (53)$$

Donde,

I = Interés anual

i = 10% anual.

2.2.5.1.3. Impuestos y seguros.

Normalmente es el 1% del gasto inicial de la máquina por año.

2.2.5.2. Costo de operación de la máquina.

2.2.5.2.1. Costo de reparación y mantenimiento.

Calculamos en función del precio del coste de la máquina y el factor porcentual de reparación y mantenimiento (Kamboj et al., 2012; Kepner et al., 2005)

$$RM = \frac{C}{H} \times K \quad (54)$$

2.2.5.2.2. Salario del operador

El salario depende de la base de los salarios reales de los trabajadores por hora.

2.2.5.3. Costo total de operación de la máquina.

$$CO = \text{Coste fijo} \times \text{hora} + \text{coste variable por hora} \quad (55)$$

Donde,

$$\text{Coste fijo total} = \text{Depreciación} + \text{Intereses}$$

$$\text{Costo variable total} = \text{Costo de reparación y mantenimiento} + \text{salario laboral}$$

2.2.5.4. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es el punto en el que los ingresos totales de la operación equivalen a los gastos totales incurridos para realizar dicho trabajo. El análisis del punto de equilibrio nos ayuda a calcular el tiempo (horas al año) necesario para alcanzarlo, dependiendo de los costos fijos, los costos variables, los ingresos por ventas, el margen de contribución y los objetivos de rentabilidad (Pandey, 2022). El punto de equilibrio se determinó mediante la fórmula propuesta por Sharma y Jain (2007) (Fig. 3.45).

$$BEP = \frac{FC \times AU}{CH - VC} \quad (56)$$

Donde,

$$BEP = \text{Punto de equilibrio, h/año}$$

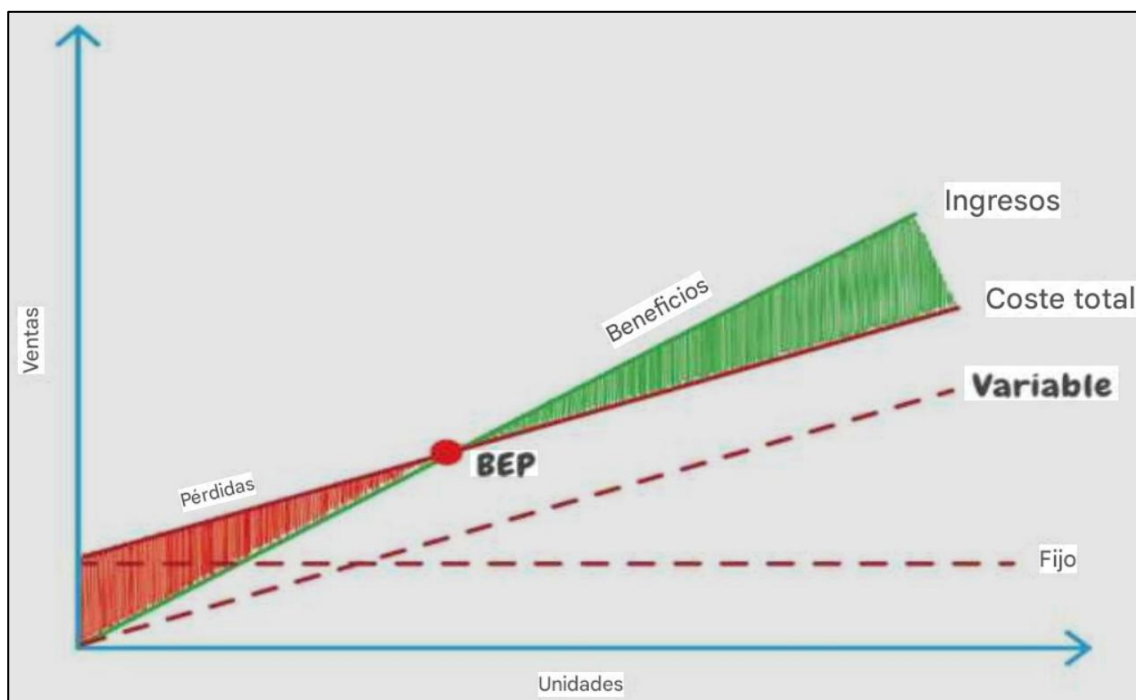
$$FC = \text{Costo fijo anual, Soles/año}$$

$$AU = \text{Número de horas de trabajo al año}$$

CH = Cargos por contratación personalizada

VC = Costo variable, Soles/h

Figura 24. Gráfico de análisis del punto de equilibrio



Nota. Obtenido de (Pandey, 2022).

2.2.5.5. Periodo de recuperación.

Tiempo que se tarda en alcanzar el punto de equilibrio. El periodo de recuperación se calculó utilizando la fórmula de Reddy et al., 2003.

$$PBP = \frac{IC}{ANP} \quad (57)$$

Donde,

PBP = Periodo de recuperación, años

IC = Inversión Inicial

ANP = Ganancia anual que genera la máquina

$$ANP = (CH - VC) \times AU \quad (58)$$

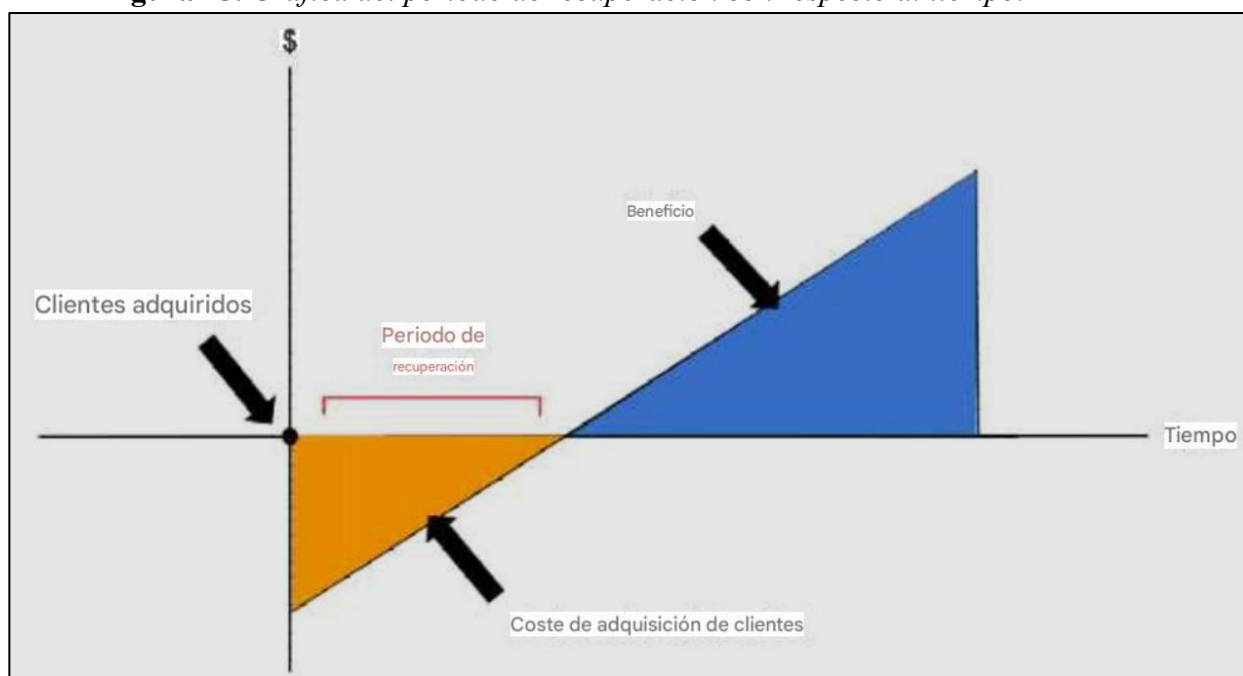
Donde,

CH = Cargos por contratación personalizada.

VC = Costo variable por hora de operación.

AU = Horas de uso anual de la máquina.

Figura 25. Gráfica del periodo de recuperación con respecto al tiempo.



Nota. Obtenido de (Pandey, 2022).

El periodo de recuperación debe ser lo más corto posible, por lo que la recuperación de la inversión debe lograrse lo más rápido posible.

2.2.5.6. Evaluación VAN/TIR

El VAN es un indicador financiero que permite determinar la rentabilidad de un proyecto mediante la actualización de los flujos de efectivo futuros a valor presente, utilizando una tasa de descuento. Un VAN positivo indica que el proyecto genera valor y es económicamente viable. El VAN se calculó usando la fórmula de (Ortiz, 2021).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (59)$$

Donde,

$I_0 =$ Inversión inicial

$F_t =$ Flujo de caja en el periodo t

$i =$ Tasa de descuento

$n =$ Número de años

La TIR es la tasa de descuento que iguala a cero el Valor Actual Neto (VAN), representando la rentabilidad del proyecto. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento, el proyecto se considera rentable y aceptable. La TIR se calculó usando la fórmula de (Ortiz, 2021).

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} \quad (60)$$

Donde,

$F_t =$ Flujo de caja en el periodo t

$i =$ Tasa de descuento

$n =$ Número de años

III.RESULTADOS

3.1 Análisis de campo

3.1.1. Zona de estudio.

Figura 26. Mapa de micro localización de las comunidades de la provincia de Condorcanqui.



Nota. Obtenido de (Gobierno regional de Amazonas, 2025)

Figura 27. Puerto de la comunidad Santa Rosa de Pagkintsa.



Nota. Transporte fluvial por el río Marañón, evidenciando la limitación de acceso.
Elaboración propia.

3.1.2. Disponibilidad del pseudotallo de plátano.

Figura 28. Pseudotallo de plátano en la comunidad.



Nota. Explicación del proceso de retirar capa por capa el pseudotallo. Tomado de (Networking Noticias, 2022)

3.1.3. Condiciones ambientales.

Figura 29. Vegetación densa que evidencie la alta humedad relativa



Nota. Obtenido de (AGROPERU, 2025)

3.1.4. Condiciones de operación.

Figura 30. *Lugar donde estará ubicada la máquina extractora de biofibra.*



Nota. Elaboración propia

3.2 Requerimientos y parámetros técnicos del diseño

3.2.1. *Propiedades físicas y mecánicas del pseudotallo de plátano y su biofibra*

En la **Tabla 25. *Propiedades físicas y mecánicas de las fibras naturales.*** se presenta una comparación de las propiedades físicas y mecánicas de diversas fibras lignocelulósicas, entre ellas la fibra de plátano. Esta referencia permite identificar el rango típico de comportamiento de este tipo de materiales y ofrece una base sólida para interpretar con mayor claridad las cualidades esenciales del pseudotallo y de la biofibra obtenida de él.

Tabla 25. *Propiedades físicas y mecánicas de las fibras naturales.*

Fibras	Ancho de la fibra (μm)	Densidad (kg/m^3)	Largo (mm)	Módulo inicial (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación (%)
Fibra de coco	100-450	1150	20-150	4-6	106-175	17-47
Plátano	80-250	1350	300-900	7.7-20	54-754	10.35
Hoja de piña	20-80	1440	900-1500	34.5-82.5	413-215	7-15
Agave	50-200	1450	900	9.4-15.8	568-640	3-7

Nota. Obtenido de (Satyanarayana et al., 1986).

3.2.1.1. **Medición de las propiedades físicas.**

3.2.1.1.1. *Longitud*

Reemplazamos en la ecuación (1),

$$L = \frac{850 + 920 + 800 + 820 + 810 + 805 + 830 + 815 + 800 + 820}{10}$$

$$L = 800 \text{ mm}$$

3.2.1.1.2. *Diámetro del pseudotallo del plátano*

Reemplazamos en la ecuación (2),

$$D = \frac{98 + 97 + 99 + 100 + 101 + 101 + 101 + 100 + 100 + 102}{10}$$

$$D = 100 \text{ mm}^2$$

3.2.1.1.3. *Peso del pseudotallo del plátano.*

Reemplazamos en la ecuación (3),

$$W = \frac{6.96 + 3.81 + 4.90 + 5.10 + 5.30 + 5.00 + 5.60 + 5.20 + 4.95 + 5.40}{10}$$

$$W = 5.22 \text{ Kg}$$

3.2.1.1.4. *Ancho de la vaina del pseudotallo del plátano*

Reemplazamos en la ecuación (4),

$$B = \frac{112 + 120 + 95 + 96 + 97 + 94 + 98 + 96 + 96 + 100}{10}$$

$$B = 100 \text{ mm}$$

3.2.1.1.5. *Espesor de la vaina del pseudotallo del plátano*

Reemplazamos en la ecuación (5),

$$t = \frac{9 + 7 + 8 + 8 + 8 + 9 + 7 + 8 + 8 + 8}{10}$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

3.2.1.1.6. *Densidad de masa del pseudotallo del plátano*

Debido a que en el presente estudio no se contó con los datos experimentales necesarios para determinar directamente la densidad de masa del pseudotallo de plátano, se adoptó un valor de referencia reportado en la literatura especializada. En estudios de caracterización física de fibras extraídas del pseudotallo de plátano se han reportado valores de densidad cercanos a 1,35 g/cm³ (1350 kg/m³), particularmente para material fibroso seco obtenido mediante procesos mecánicos y químicos, los cuales incrementan la compactación del material lignocelulósico (Portillo, 2025). Este valor ha sido considerado adecuado para su empleo en los análisis del presente trabajo y se presenta como dato de referencia en la **Tabla 17.** y la **Tabla 25,** permitiendo la comparación y coherencia de los resultados obtenidos con investigaciones previas.

3.2.1.1.7. *Humedad del pseudotallo del plátano*

La humedad del pseudotallo de plátano constituye una propiedad física relevante debido a la naturaleza herbácea de la planta y a su elevada capacidad de retención de agua. En el presente

estudio no se realizaron mediciones experimentales directas del contenido de humedad; por tal motivo, se recurrió a valores reportados en la literatura especializada. Investigaciones orientadas a la caracterización físico-química del pseudotallo de plátano indican que este material, en estado fresco, presenta un contenido de humedad elevado, generalmente superior al **90 %**, como resultado de la estructura celular del tejido vegetal y la presencia de agua libre en las vainas que conforman el pseudotallo (Mesias, 2023). De manera similar, estudios sobre el aprovechamiento y secado del pseudotallo de plátano reportan valores de humedad comprendidos entre 90 % y 93 %, lo que confirma la alta proporción de agua presente en esta biomasa agrícola (Obregón et al., 2022). En función de lo anterior, para los análisis del presente trabajo se adopta un contenido de humedad promedio de 92 % para el pseudotallo de plátano en estado fresco, valor que resulta coherente con los reportes disponibles en la literatura.

3.2.1.2 Propiedades mecánicas de la Biofibra de plátano

3.2.1.2.1 Resistencia máxima a la tracción

En el presente estudio no se realizaron ensayos experimentales directos de tracción; por ello, se recurrió a valores reportados en investigaciones previas sobre fibras naturales obtenidas a partir del pseudotallo de plátano.

Diversos estudios han reportado que la resistencia a la tracción de las fibras de plátano presenta una variabilidad considerable, con valores que oscilan entre **350 MPa y 600 MPa**, dependiendo del origen de la fibra y del tratamiento aplicado (Mohan & Rao, 2007), reportaron resistencias máximas a la tracción superiores a **600 MPa** para fibras naturales extraídas de materiales lignocelulósicos, como se muestra en la incluyendo fibras de plátano, destacando su potencial para aplicaciones estructurales ligeras. De manera similar, señalaron que la morfología de la fibra influye significativamente en su resistencia mecánica, observándose mayores valores de resistencia en fibras con mayor alineación y menor diámetro efectivo (Alves et al., 2013).

En función de lo reportado en la literatura especializada, y con el fin de mantener coherencia con estudios previos, en el presente trabajo se adopta un valor referencial de resistencia máxima a la tracción de **500 MPa** para la fibra obtenida del pseudotallo de plátano, valor que se considera representativo dentro del rango reportado para este tipo de material natural.

Tabla 26. *Propiedades de tracción de diversas fibras naturales*

Name of the fiber	% Tensile strain	Average tensile strength (MPa)	Average tensile modulus (GPa)	Specific tensile strength (MPa/(kg m ⁻³))	Specific tensile modulus (MPa/(kg m ⁻³))
Vakka	3.46	549	15.85	0.6778	19.56
Date (L)	2.73	309	11.32	0.3121	11.44
Date (A)	24.00	459	1.91	0.4781	1.99
Bamboo (M)	1.40	503	35.91	0.5527	39.47
Bamboo (C)	1.73	341	19.67	0.3831	22.10
Palm	13.71	377	2.75	0.3660	2.67
Coconut	20.00	500	2.50	0.4348	2.17
Banana	3.36	600	17.85	0.4444	13.22
Sisal	5.45	567	10.40	0.3910	7.17

Nota. Obtenido de (Mohan & Rao, 2007).

3.2.1.2.2 *Módulo de Young*

Debido a que en el presente estudio no se realizaron ensayos experimentales para determinar este parámetro, se recurrió a valores reportados en la literatura especializada.

Diversos estudios indican que las fibras de plátano presentan valores del módulo de Young dentro de un rango aproximado de 15 a 35 GPa, dependiendo de las características físicas y estructurales de la fibra (Mohan & Rao, 2007). Reportan que las fibras naturales de origen lignocelulósico, incluyendo las fibras de plátano, presentan módulos de elasticidad elevados en comparación con otros materiales naturales. Asimismo, (Alves et al., 2013) señalan que la morfología y alineación de la fibra influyen directamente en su rigidez mecánica. En función de estos antecedentes, en el presente trabajo se adopta un valor promedio de módulo de Young de 30 GPa, el cual se considera representativo para la fibra extraída del pseudotallo de plátano.

3.2.1.2.3 *Resistencia a la flexión*

Dado que en el presente estudio no se realizaron ensayos experimentales de flexión, se adoptaron valores referenciales reportados en la literatura especializada.

Investigaciones enfocadas en la caracterización mecánica de fibras de plátano y otros materiales lignocelulósicos similares indican que la resistencia a la flexión se encuentra generalmente en un rango aproximado de 40 a 90 MPa, variando según el tratamiento y la condición de la fibra. (Poudel et al., 2019) reporta que las fibras de plátano presentan un comportamiento favorable frente a esfuerzos flexionales, mientras que (Veera et al., 2021) destacan su capacidad para soportar deformaciones moderadas antes de la falla. En base a estos

antecedentes, para el presente trabajo se adopta un valor promedio de resistencia a la flexión de 70 MPa, considerado representativo para la fibra obtenida del pseudotallo de plátano.

3.2.1.2.4 Deformación

Debido a que en el presente estudio no se realizaron ensayos experimentales para determinar directamente este parámetro, se recurrió a valores reportados en la literatura especializada sobre fibras de plátano.

Diversos estudios experimentales sobre propiedades mecánicas de fibras extraídas del pseudotallo de plátano reportan valores de deformación a la rotura generalmente comprendidos entre 1,5 % y 3,0 %. (Mohan & Rao, 2007) como se muestra en la Tabla 26, indican que las fibras naturales lignocelulósicas, incluyendo las fibras de plátano, presentan deformaciones moderadas antes de la falla, asociadas a su estructura fibrosa. De manera similar, (Poudel et al., 2019) en ensayos de tracción realizados sobre fibras de plátano, reportan valores de deformación dentro de rangos comparables. En función de estos antecedentes, para el presente trabajo se adopta un valor promedio de deformación de 2,5 %, considerado representativo para la fibra obtenida del pseudotallo de plátano.

3.3 Dimensionamiento de la máquina

3.3.1. *Diseño de la unidad extractora de biofibra.*

3.3.1.1. **Diseño del rodillo**

3.3.1.1.1. *Fuerza requerida para comprimir el pseudotallo de plátano.*

Calculamos el momento de inercia, reemplazamos en la ecuación (14)

$$I = \frac{100 \times (8)^3}{12} = 4266.667 \cong 4267 \text{ mm}^4 \text{ g}$$

Hallamos la fuerza de pulpa (f), si el módulo de elasticidad del plátano es $E = 29 \text{ GPa}$ (Indira, 2013).

$$E = 29 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

Rigidez a la Flexión, a partir de la ecuación (12),

$$EI = 29 \times 10^3 \times 4267 = 123.743 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Reemplazamos en la ecuación (13)

$$f = \frac{123.743 \times 10^6 \times 48 \times 3}{800^3}$$

$$f = 34.803 \cong 35 \text{ N}$$

La fuerza necesaria para comprimir es 35N considerando un espesor de 3mm, siendo esta fuerza igual a la fuerza radial del rodillo.

$$Fr = 35 \text{ N}$$

Hallamos la fuerza tangencial, reemplazamos en la ecuación (15).

$$Ft = 35 \times \cot(45^\circ) = 35 \text{ N}$$

3.3.1.1.2. **Diámetro del rodillo**

Para la longitud del rodillo debemos considerarlo en función de fundas a utilizar a la vez, si asumimos que se alimenta tres vainas a la vez con un ancho de 100 mm como máximo cada una; por lo tanto, asumimos un ancho de 400mm.

Tabla 27. *Material para rodillo*

<i>Propiedad/Material</i>	Acero dulce	Acero inoxidable	Aluminio
<i>Resistencia mecánica</i>	Alta	Alta	Media
<i>Resistencia al desgaste</i>	Media-Alta	Alta	Baja
<i>Resistencia a la corrosión</i>	Media	Muy alta	Alta
<i>Peso</i>	Medio	Medio	Bajo
<i>Costo</i>	Bajo	Alto	Medio
<i>Facilidad de fabricación</i>	Alta	Media	Alta

Nota. Elaboración propia.

Se seleccionó el acero dulce como material para la fabricación de los rodillos, debido a su adecuada resistencia mecánica, bajo costo y facilidad de manufactura, lo que lo convierte en una alternativa óptima para soportar las condiciones de carga y desgaste del sistema, cuyo material posee una densidad 7870 kg/m^3 . Además, se considera que la velocidad tangencial del rodillo debe mantenerse en el rango de $0.3 - 0.4 \text{ m/s}$; superar este límite reduce la eficiencia del proceso de decortinado, ya que el rayado deja de ser efectivo (Budynas & Nisbett, 2011).

Reemplazamos la ecuación (17) en la ecuación (16)

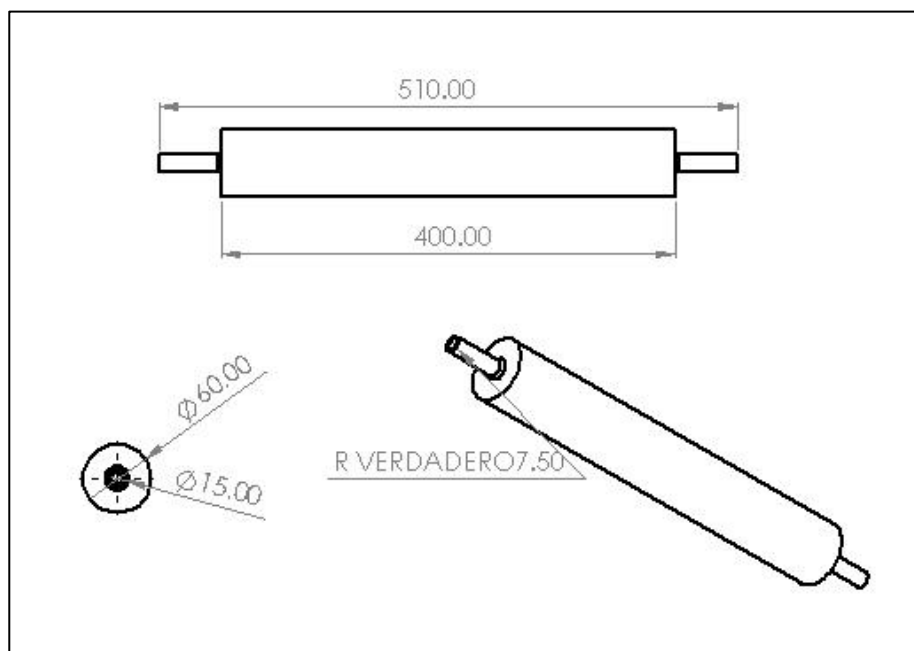
$$35 = \frac{7870 \times \frac{\pi}{4} \times d^2 \times 0.4 \times 0.35^2}{\frac{d}{2}}$$

$$d = 0.057 \cong 0.06 \text{ m}$$

$$d = 60 \text{ mm}$$

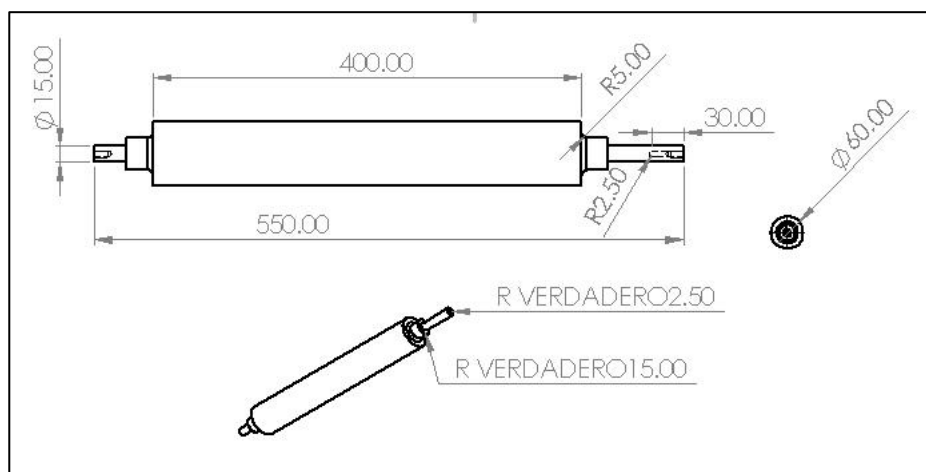
Este diámetro es el mismo para todos los rodillos.

Figura 31. *Vista seccional del Rodillo.*



Nota. Elaboración propia.

Figura 32. *Vista seccional del segundo tipo de Rodillo.*



Nota. Elaboración propia.

3.3.1.2. Diseño del tambor

3.3.1.2.1. Fuerza requerida para despulpar el pseudotallo de plátano.

Calculamos el momento de inercia, reemplazamos en la ecuación (14),

$$I = \frac{100 \times (5)^3}{12} = 1041.667 \text{ mm}^4 \cong 1042 \text{ mm}^4$$

Hallamos la fuerza de pulpa (f), si el módulo de elasticidad del plátano es $E = 29GPa$ (Indira, 2013). Rigidez a la Flexión, a partir de la ecuación (12),

$$EI = 29 \times 10^3 \times 1042 = 30.218 \times 10^6 \frac{N}{mm^2}$$

Reemplazamos en la ecuación (13)

$$f = \frac{30.218 \times 10^6 \times 48 \times 4}{600^3} = 26.86 \cong 27 N$$

Esta fuerza es la requerida para despulpar la vaina del plátano, siendo igual a la radial.

$$F_r = 27 N$$

El valor de θ es 81.32° según (Pandey, 2022).

Hallamos la fuerza tangencial, reemplazamos en la ecuación (19)

$$F = \frac{F_r}{\cos(\theta)} = \frac{27}{\cos(81.32)}$$

$$F = 178.908 N$$

Reemplazamos en la ecuación (18)

$$F_t = 178.908 \times \sin(81.32)$$

$$F_t = 176.859 N$$

3.3.1.2.2. Diámetro del tambor

Para el diseño del tambor desfibrador, se considerarán las dimensiones y materiales de los distintos componentes que lo conforman, tales como el cilindro, los discos laterales y las cuchillas, con el fin de garantizar un adecuado desempeño estructural y funcional durante el proceso de extracción de biofibra.

Tabla 28. Material para los componentes del tambor.

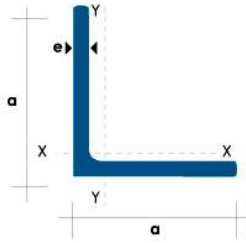
<i>Propiedad/Material</i>	Acero dulce	Acero inoxidable AISI 304
<i>Resistencia mecánica</i>	Alta	Alta
<i>Límite de fluencia</i>	~250 MPA	~215 MPA
<i>Resistencia al desgaste</i>	Media	Alta
<i>Resistencia a la corrosión</i>	Baja-Media	Muy alta
<i>Dureza</i>	Media	Media
<i>Facilidad de fabricación</i>	Alta	Media
<i>Costo</i>	Bajo	Alto

Nota. Elaboración propia.

Se seleccionó acero al dulce para el cilindro y las cuchillas, por su adecuada resistencia mecánica, capacidad de soportar desgaste, facilidad de fabricación y bajo costo, siendo más viable que alternativas como el acero inoxidable AISI 304 para las condiciones de operación del equipo.

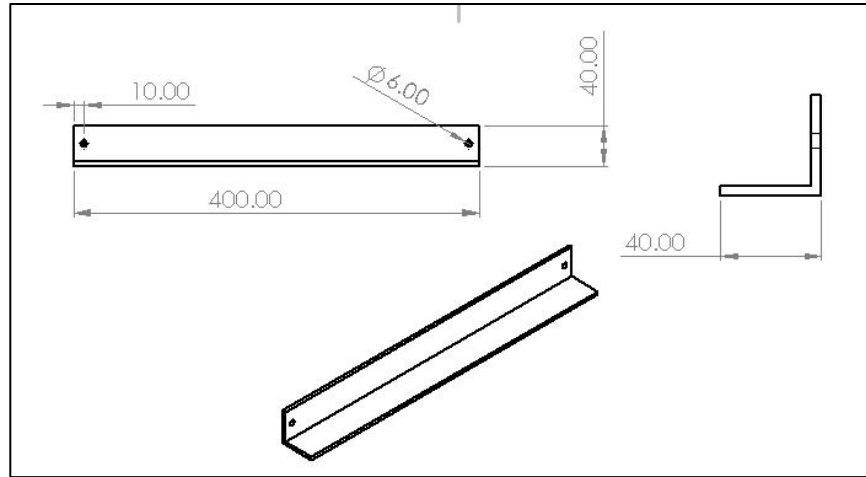
Figura 33. Ángulos Acero.

DIMENSIONES			PROPIEDADES
Plg.	ANCHO (a) mm	ESPESOR (e) mm	PESO Kg/mts
1"	25	3	1.14
1 1/2"	40	3	1.88
1 1/2"	40	4	2.52
1 1/2"	40	6	3.783
2"	50	3	2.363
2"	50	4	3.151
2"	50	6	4.728



Nota. Obtenido de (DIPAC, 2020)

Figura 34. Vista seccional de la cuchilla.



Nota. Elaboración propia.

La velocidad del tambor es 510 rpm según (Pandey, 2022). Entonces la velocidad angular según (Khurmi & Gupta, 2005) se expresa de la siguiente forma:

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \quad (61)$$

Reemplazamos

$$\omega = \frac{2\pi(510)}{60}$$

$$\omega = 53.407 \text{ rad/s}$$

Reemplazamos en la ecuación (21)

$$m = 7870 \times 0.4 \times 0.04 \times 0.004$$

$$m = 0.504 \text{ kg}$$

Despejando “r” de la ecuación (20), reemplazamos

$$r = \frac{F_t}{m\omega^2} = \frac{176.859}{0.504 \times 53.407^2}$$

$$r = 0.123 \text{ m}$$

El diámetro es,

$$d = 2 \times r = 2 \times 0.123 = 0.246 \cong 0.25$$

$$d \cong 250mm$$

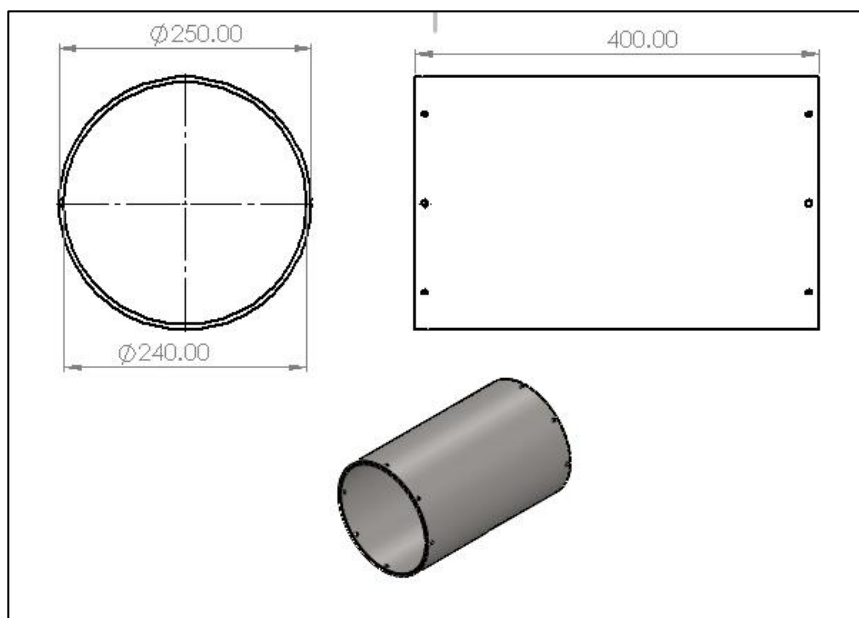
Este diámetro viene hacer el mismo del diámetro exterior del cilindro. El cilindro del tambor desfibrador cumple una función fundamental en el sistema, ya que actúa como el elemento estructural que sostiene y transmite el movimiento rotacional al conjunto de cuchillas, permitiendo que estas realicen el proceso de extracción de la biofibra; y para garantizar una transmisión uniforme del torque y una estructura resistente.

Tabla 29. Características del cilindro.

Tubería de acero		
Datos	Medidas	unidades
<i>Diámetro exterior (D_e)</i>	250	mm
<i>Diámetro interno (D_i)</i>	240	mm
<i>Espesor (e)</i>	4	mm
<i>Longitud (L_c)</i>	400	mm

Nota. Elaboración propia.

Figura 35. Vista seccional del cilindro.



Nota. Elaboración propia.

3.3.1.2.3. Volumen del cilindro

Reemplazamos en la ecuación (22)

$$V_C = \frac{\pi}{4} (250^2 - 240^2) \times 400$$

$$V_C = 1539380.4 \text{ mm}^3$$

3.3.1.2.4. *Peso del cilindro*

Reemplazamos en la ecuación (24)

$$\gamma_{ai} = 7870 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times 9.81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$\gamma_{ai} = 77204.7 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right]$$

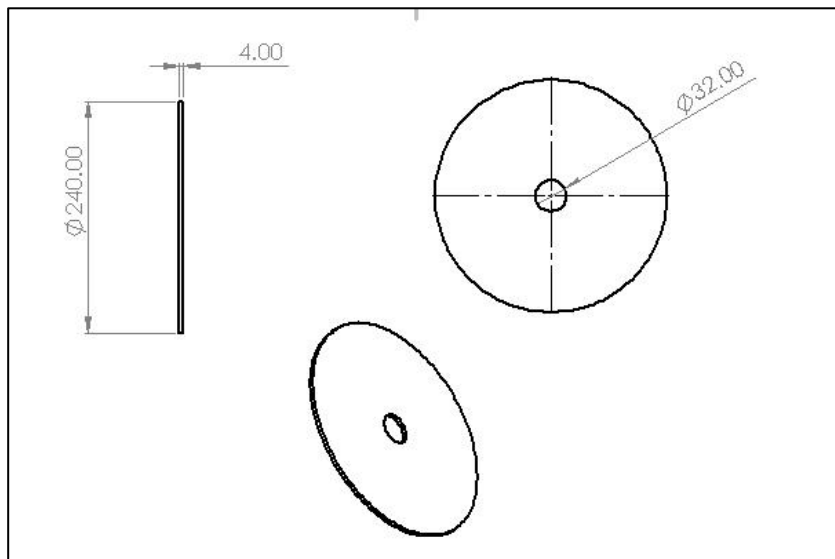
Reemplazamos en la ecuación (23)

$$P_C = 1539380.4 \left[\text{mm}^3 \times \frac{1\text{m}^3}{(1000\text{mm})^3} \right] \times 77204.7 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right]$$

$$P_C = 118.847 \text{ N}$$

3.3.1.2.5. *Discos redondos*

Figura 36. Vista seccional del cilindro.



Nota. Elaboración propia.

✓ **Volumen de los discos**

Reemplazamos en la ecuación (22)

$$V_C = 2 \times \frac{\pi}{4} (240^2 - 32^2) \times 4$$

$$V_C = 355477.492 \text{ mm}^3$$

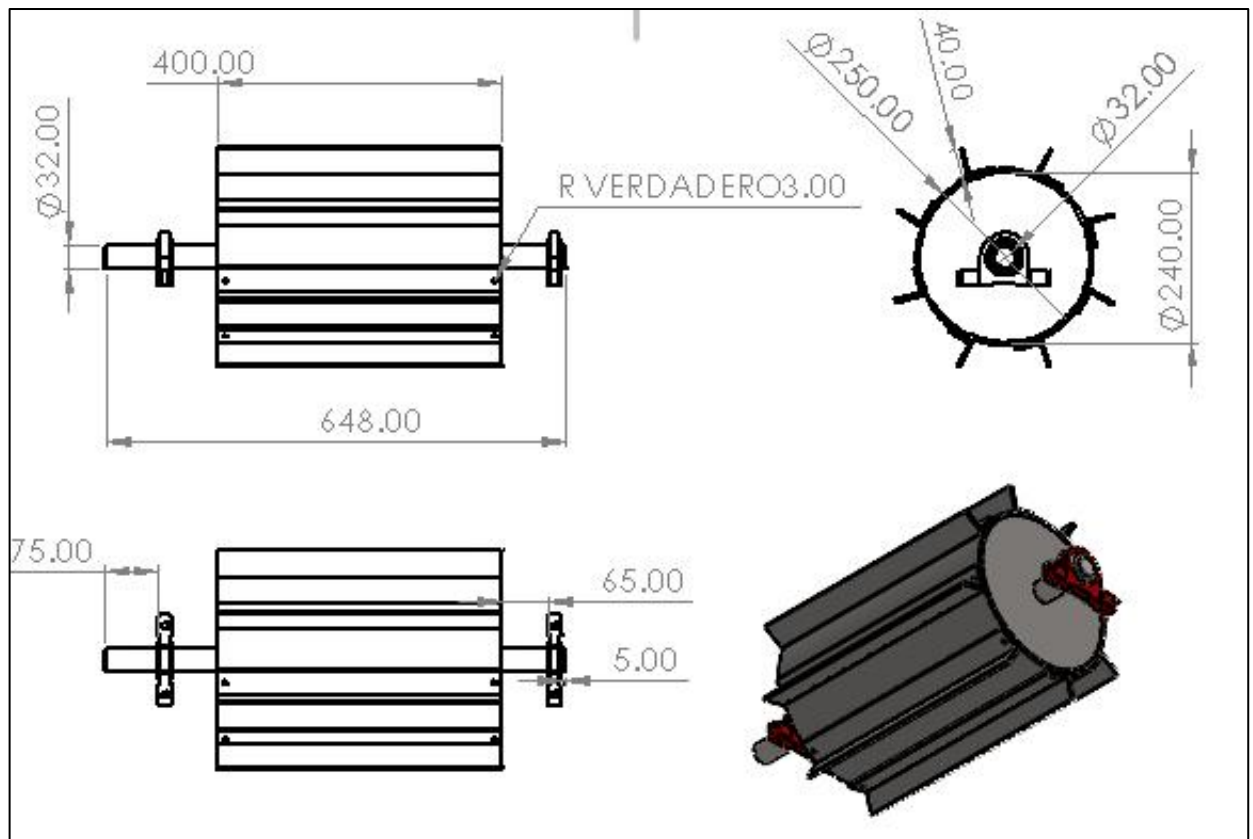
✓ **Peso de los discos**

Reemplazamos en la ecuación (23)

$$P_C = 355477.492 \times \left[\text{mm}^3 \times \frac{1\text{m}^3}{(1000\text{mm})^3} \right] \times 77204.7 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right]$$

$$P_C = 27.445 \text{ N}$$

Figura 37. Vista seccional del tambor.



Nota. Elaboración propia.

3.3.1.3. Potencia de accionamiento

3.3.1.3.1. Energía para operar el rodillo

Reemplazamos en la ecuación (25)

$$P = 35 \times 0.35$$

$$P = 12.25 \text{ Watt}$$

Esta potencia representa a cada rodillo, y considerando que dos rodillos son los que realizarán la compresión y el movimiento.

$$P_r = 2 \times 12.25 = 24.5 \text{ Watt}$$

3.3.1.3.2. Potencia para el tambor

Reemplazamos en la ecuación (26)

$$v = 53.407 \times 0.125 = 6.676 \text{ m/s}$$

Reemplazamos en la ecuación (25)

$$P = 176.85 \times 6.676 = 1180.651 \text{ Watts}$$

3.3.1.3.3. Banda transportadora

Tabla 30. Material de la banda transportadora.

<i>Propiedad/Material</i>	PVC DunlopFlex	Caucho	Poliuretano
<i>Resistencia a la humedad</i>	Alta	Media	Alta
<i>Resistencia al desgaste</i>	Media	Alta	Muy alta
<i>Flexibilidad</i>	Alta	Media	Alta
<i>Resistencia a la tracción</i>	Media-Alta	Alta	Alta
<i>Peso</i>	Bajo	Alto	Bajo
<i>Costo</i>	Bajo-medio	Medio-alto	Alto
<i>Facilidad de limpieza</i>	Alta	Media	Muy alta
<i>Compatibilidad con material orgánico</i>	Alta	Media	Alta
<i>Aplicación en carga</i>	Ligera-media	Media-alta	Ligera-media

Nota. Elaboración propia.

La banda de PVC tipo DunlopFlex de dos telas representa la mejor alternativa, ya que ofrece una adecuada resistencia mecánica, buen comportamiento frente a la humedad, flexibilidad y menor costo, siendo suficiente para las condiciones de carga y operación del sistema.

✓ **Sección transversal**

Reemplazamos en la ecuación (27)

$$A = 0.05 \times 0.4^2 = 0.008 m^2$$

En cualquier sección perpendicular al sentido de avance, el “montículo” de fibra ocupa 0.008 metros cuadrados.

✓ **Capacidad de transporte de la banda**

Reemplazamos en la ecuación (28)

$$Q_v = 3600 \times 1 \times 0.008 = 28.8 m^3/h$$

La cinta transporta 28.8 metros cúbicos de fibra en una hora, si se mantiene la distribución y velocidad. La capacidad de transporte en masa, reemplazamos en la ecuación (29)

$$Q_m = 1.34 \times 28.8 = 38.592 t/h$$

✓ **Potencia parcial de la banda**

Reemplazamos en la ecuación (31),

$$P_1 = \frac{59 \times 1 + 38.592}{667 \times 1} = 0.1463 kW$$

Entonces la potencia requerida en el eje de la cinta, antes de considerar transmisiones y factores de seguridad, reemplazamos en la ecuación (30).

$$P_T = 0.1463 kW + 0 + 0 = 0.1463 kW$$

✓ **Potencia requerida por el motor**

El rendimiento del motor no se considera en este caso ya que el movimiento dependerá solamente de un sistema de poleas y bandas en V. Reemplazamos en la ecuación (33),

$$P_M = \frac{0.1463 \text{ kW}}{0.94} = 0.156 \text{ kW}$$

✓ **Resistencia mínima a tracción de la banda**

De la Tabla 18. se seleccionó la condición “*recubierto con goma, mojado y sucio*” porque el tambor motriz contará con revestimiento de goma ya que la operación puede presentar humedad y residuos que reducen la fricción efectiva. Teniendo un ancho de banda de 400 mm y bajo estas condiciones, seleccionamos los valores de 46 para garantizar un cálculo seguro de la tensión de tracción y evitar riesgos de deslizamiento en el transporte en la

Tabla 19. se seleccionó el valor $C_v = 1$ correspondiente a la banda *DUNLOPFLEX*, ya que este tipo de banda presenta dos telas y una estructura diseñada para minimizar pérdidas por flexión y deformación, permitiendo asumir el valor estándar mínimo de pérdida de resistencia, garantizando un cálculo adecuado de la tensión sin sobreestimar la capacidad requerida.

Reemplazamos en la ecuación (34),

$$k = \frac{46 \times 0.1463}{1 \times 1} = 6.73 \text{ N/mm}$$

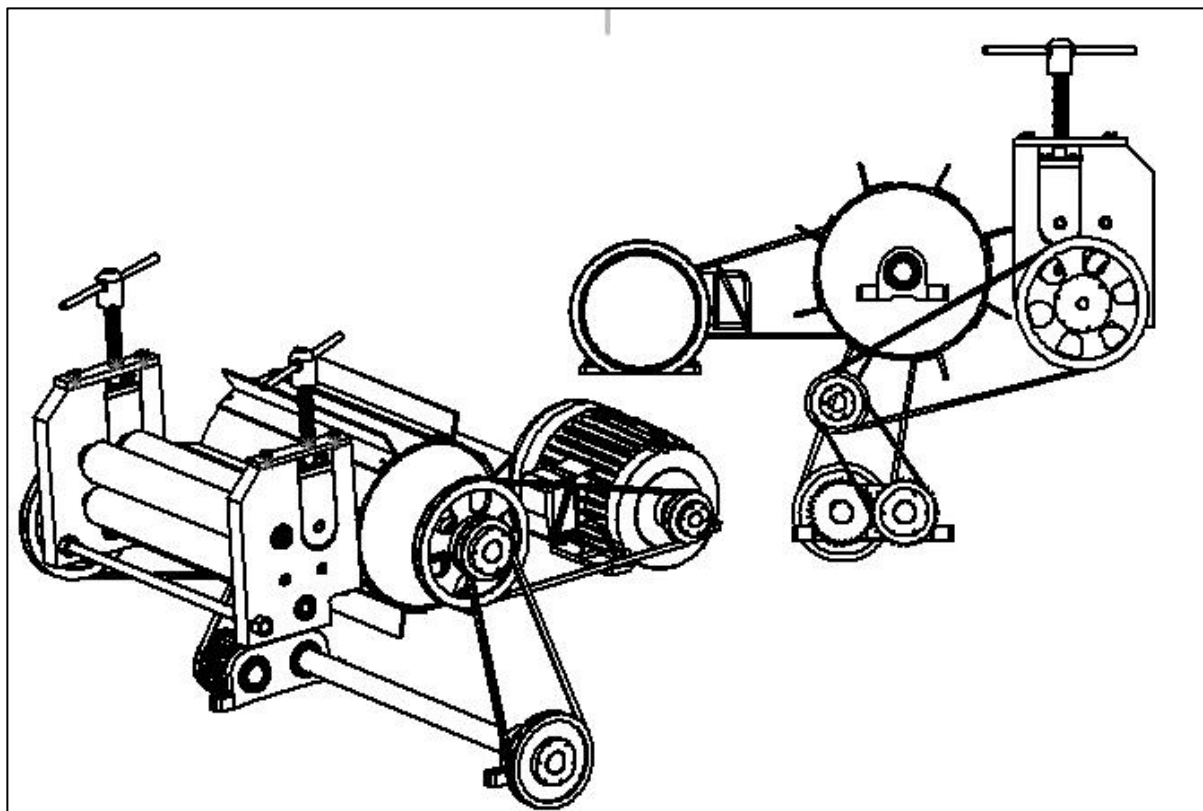
Por lo tanto, la potencia total de toda la estructura es de

$$P_T = 24.5 + 1180.651 + 156 = 1361.151 \text{ Watts} = 1.825 \text{ HP}$$

Por lo tanto, se requiere un motor de 2Hp para impulsar la máquina.

3.3.2. Diseño del sistema de transmisión

Figura 38. Vista isométrica del sistema de transmisión de la máquina extractora de biofibra.



Nota. Elaboración propia.

3.3.2.1. Potencia de diseño.

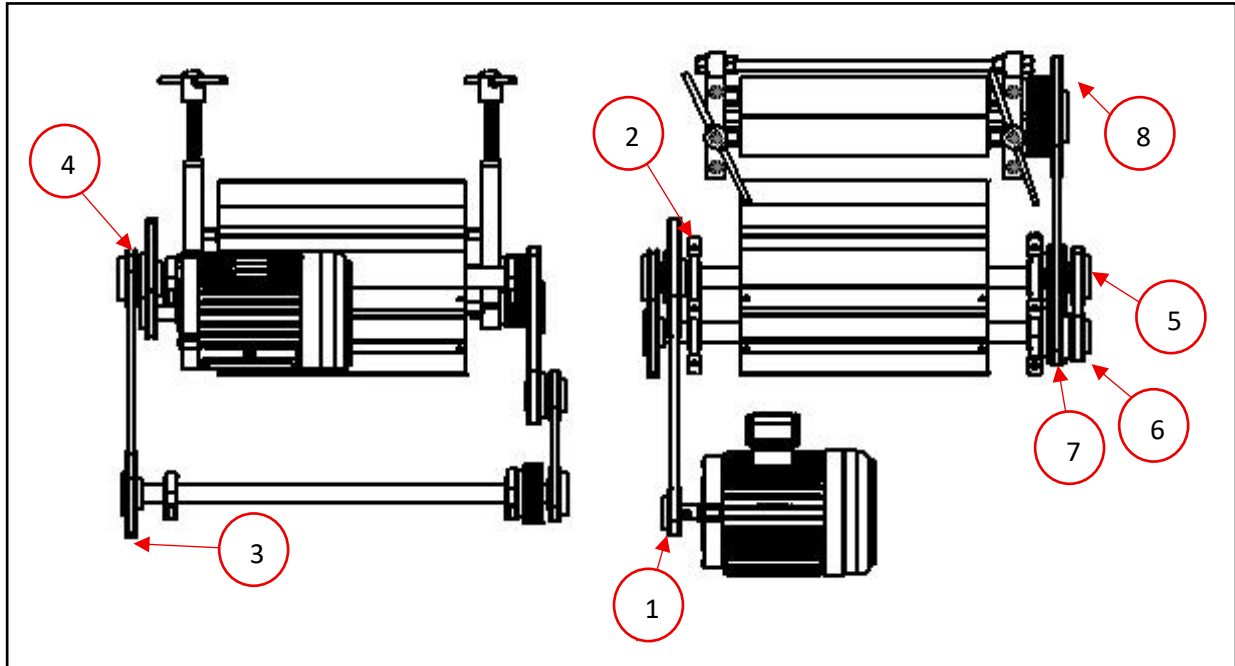
Consideramos una potencia nominal alrededor de los 2 HP. Dado que la máquina utiliza un motor eléctrico convencional y el proceso de desfibrado del pseudotallo genera esfuerzos variables y picos de carga, el sistema se clasifica dentro de la categoría de carga pesada, por lo que se considera un régimen de trabajo aproximado de 8 horas diarias, por lo que, de acuerdo a la tabla de factores de servicio, corresponde un valor de 1.2.

Reemplazamos en la ecuación (37),

$$P_d = 1.2 \times 2 = 2.4 \text{ HP}$$

3.3.2.2. Perfil de la correa.

Figura 39. Diagrama etiquetado del sistema de transmisión de la máquina extractora de biofibra.



Nota. Elaboración propia.

✓ Primer sistema de poleas

Tenemos que la velocidad de las Polea 1 y 2 son de 1425 y 510 RPM, respectivamente (Pandey, 2022). Trazando líneas en la Figura 16, tenemos que este sistema tendrá una sección A.

✓ Segundo sistema de poleas

Tenemos que la velocidad de las Polea 3 y 4 son de 255 y 510 RPM, respectivamente (Pandey, 2022). Trazando líneas en la Figura 16, tenemos que este sistema tendrá una sección A.

✓ Tercer sistema de poleas

Tenemos que la velocidad de las Polea 5 debe tener la misma velocidad que el segundo eje ($N_5 = 255RPM$) y la polea de la banda transportadora tiene una velocidad de 1 m/s.

Reemplazamos en la ecuación (36),

$$N_6 = \frac{60 \times 1}{\pi \times 0.06} = 318.31 \cong 318 \text{ rpm}$$

Trazando líneas en la Figura 16, tenemos que este sistema tendrá una sección A.

✓ **Cuarto sistema de poleas**

El rodillo debe tener una velocidad de $N_8 = 64 \text{ rpm}$ (Pandey, 2022) y sabemos que la banda transportadora tiene una velocidad de $N_7 = 318 \text{ rpm}$. Trazando líneas en la Figura 16, tenemos que este sistema tendrá una sección B.

3.3.2.3. Dimensiones de las poleas para la extracción de biofibra

✓ **Primer sistema de poleas**

El perfil de la correa es la sección A, para determinar el tamaño de la polea del tambor (Polea 2) se debe partir de la velocidad del eje del tambor ($N_s = 510 \text{ rpm}$) y del motor ($N_m = 1425 \text{ rpm}$). En la **Tabla 22**, seleccionamos el diámetro exterior mínimo para la polea motriz (Polea 1), entonces:

$$D_{p,m} = 85 \text{ mm}$$

Calculamos el diámetro primitivo de la Polea 1, reemplazamos en la ecuación (38)

$$D_{pp,m} = 85 - 2 \times 3.3 = 78.4 \text{ mm}$$

Reemplazamos en la ecuación (37),

$$\frac{1425}{510} = \frac{D_{pp,s}}{78.4}$$

$$D_{pp,s} = 219.059 \text{ mm}$$

Calculamos el diámetro exterior de la polea conducida (Polea 2), de la ecuación (38) tenemos que,

$$219.059 = D_{p,s} - 2 \times 3.3$$

$$D_{p,s} = 225.659 \text{ mm}$$

Escogemos el valor comercial aproximado en la tabla (Intermec, 2023, p. 58)

$$\text{Polea 2} = D_{p,s} = 230 \text{ mm}$$

Este diámetro le pertenece a la polea del eje del tambor, PQ 1-3V230 con un Buje SDS según el catálogo (Intermec, 2023). El diámetro primitivo de este diámetro es,

$$D_{pp,s} = 230 - 2 \times 3.3 = 223.4 \text{ mm}$$

Calculamos la velocidad real, reemplazamos en la ecuación (37),

$$\frac{1425}{N_s} = \frac{223.4}{78.4}$$

$$N_s = 500.09 \text{ RPM} - - - \text{Real}$$

Reemplazamos en la ecuación (39),

$$\%Error = \left[1 - \frac{500.09}{510} \right] \times 100 = 1.943\%$$

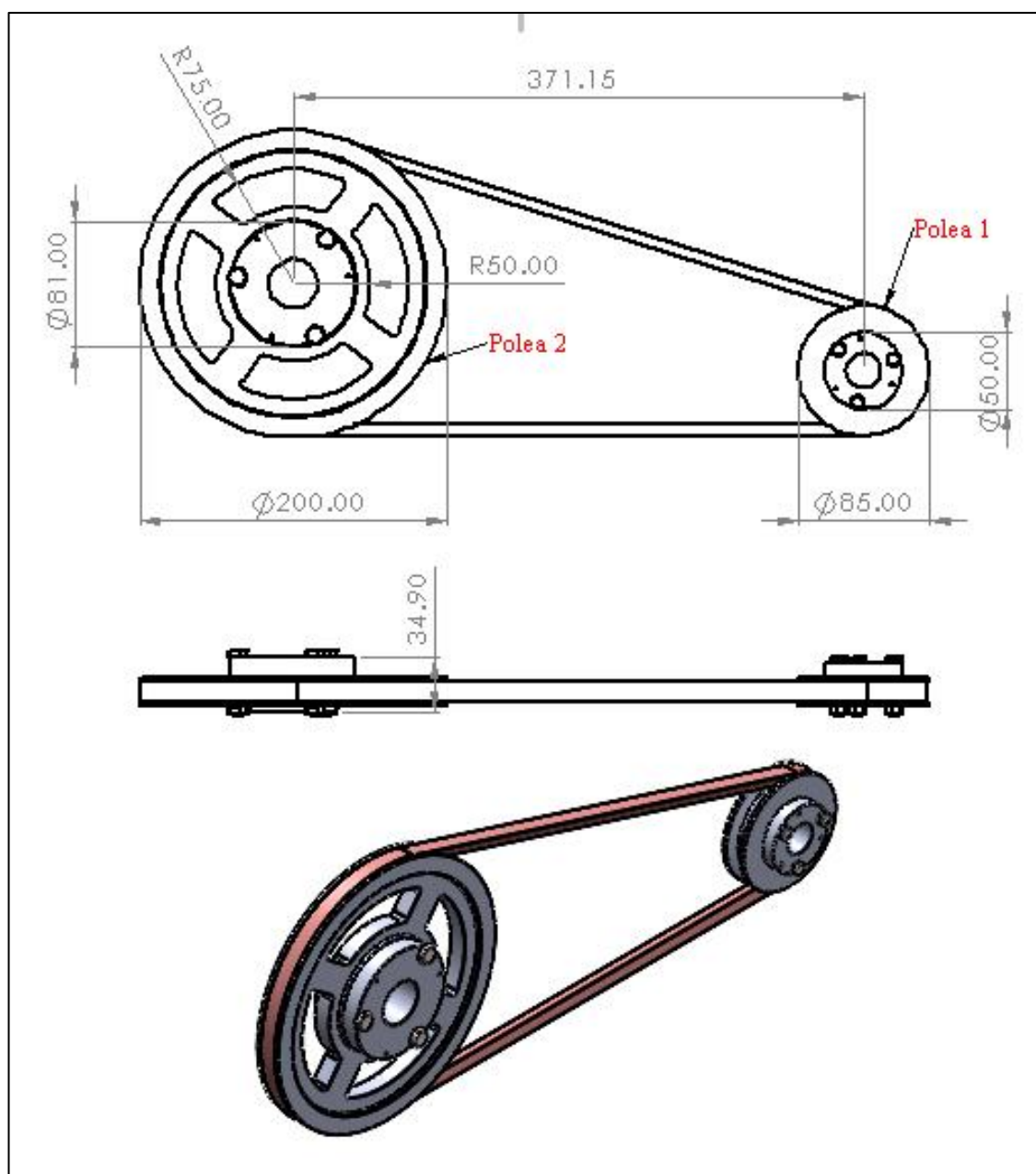
Esto indica que el porcentaje de error es menos del 2%, para efectos prácticos este error es despreciable.

Tabla 31. Valores del primer sistema de poleas.

	<i>Diámetro primitivo, mm</i>	<i>Diámetro exterior, mm</i>	<i>Velocidad, RPM</i>	<i>Buje</i>
<i>Polea 1, Polea motriz (m)</i>	78.4	85	1425	JA
<i>Polea 2, Polea conducida (s)</i>	223.4	230	510	SDS

Nota. Elaboración propia.

Figura 40. Vista del primer sistema de poleas.



Nota. Elaboración propia.

✓ **Segundo sistema de poleas**

El perfil de la correa es la sección A, para determinar el tamaño de la polea del segundo eje o eje auxiliar (Polea 3), sabemos que la velocidad del segundo eje es de $N_s = 255 \text{ rpm}$ y la polea del tambor (Polea 4) tiene una velocidad de $N_m = 510 \text{ rpm}$ con un diámetro de $D_{p,m} = 85 \text{ mm}$ y $D_{pp,m} = 78.4 \text{ mm}$.

Reemplazamos en la ecuación (37),

$$\frac{510}{255} = \frac{D_{pp,s}}{78.4}$$

$$D_{pp,s} = 156.8 \text{ mm}$$

Calculamos el diámetro exterior de la polea conducida (Polea 3), de la ecuación (38) tenemos que,

$$156.8 = D_{p,s} - 2 \times 3.3$$

$$D_{p,s} = 163.4 \text{ mm}$$

Escogemos el valor comercial aproximado en la tabla (Intermec, 2023, p. 58)

$$Polea\ 3 = D_{p,s} = 165 \text{ mm}$$

Este diámetro le pertenece a la polea del segundo eje o eje auxiliar, PQ 1-3V165 con un Buje SH según el catálogo (Intermec, 2023). El diámetro primitivo de este diámetro es,

$$D_{pp,s} = 165 - 2 \times 3.3 = 158.4 \text{ mm}$$

Calculamos la velocidad real, reemplazamos en la ecuación (37),

$$\frac{510}{N_s} = \frac{158.4}{78.4}$$

$$N_s = 252.424 \text{ RPM} - - - \text{Real}$$

Reemplazamos en la ecuación (39),

$$\%Error = \left[1 - \frac{252.424}{255} \right] \times 100 = 1.01\%$$

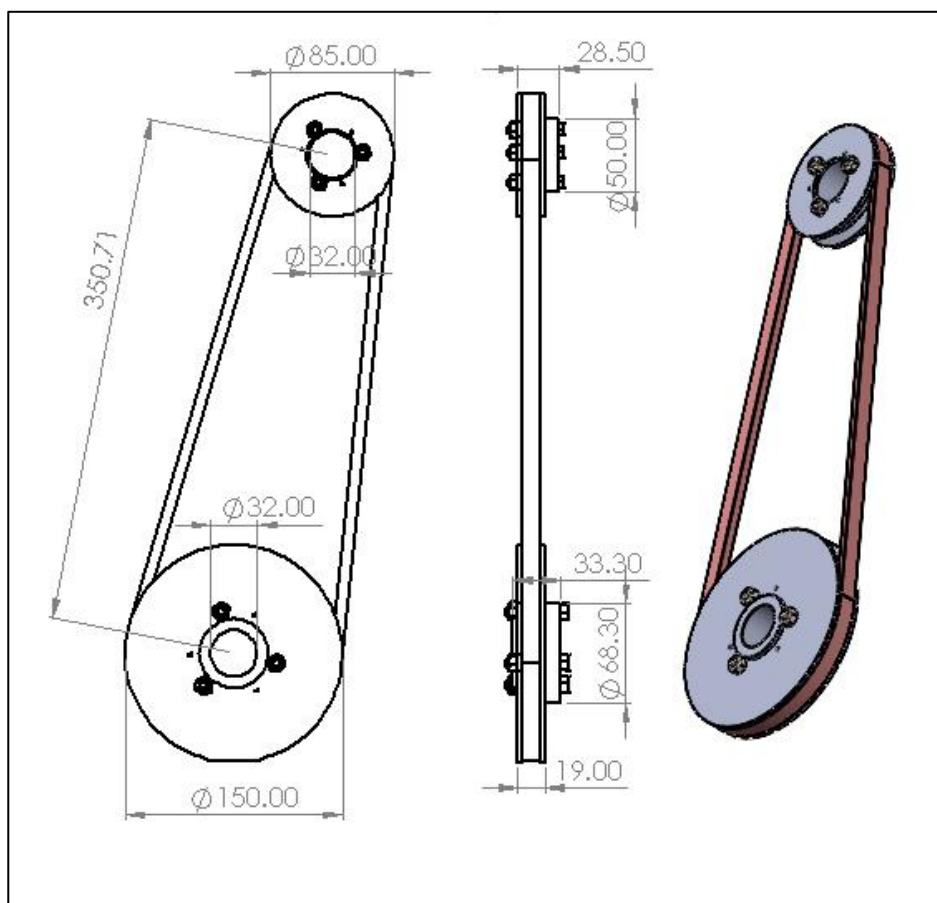
Esto indica que el porcentaje de error es un poco más del 1%, para efectos prácticos este error es despreciable.

Tabla 32. Valores del segundo sistema de poleas.

	<i>Diámetro primitivo, mm</i>	<i>Diámetro exterior, mm</i>	<i>Velocidad, RPM</i>	<i>Buje</i>
<i>Polea 4, Polea motriz (m)</i>	78.4	85	510	<i>JA</i>
<i>Polea 3, Polea conducida (s)</i>	158.4	165	255	<i>SH</i>

Nota. Elaboración propia.

Figura 41. Vista del segundo sistema de poleas.



Nota. Elaboración propia.

✓ Tercer sistema de poleas

El perfil de la correa es la sección A. Se usará un sistema de engranajes en el segundo y tercer eje (Eje del primer sistema de engranaje) para cambiar el sentido de giro del movimiento. Este sistema parte del eje del primer sistema de engranaje (Polea 5) ($N_m = 255$) al eje de la banda transportadora (Polea 6) ($N_s = 318 \text{ RPM}$ con $D_s = 85 \text{ mm}$ y $D_{pp,s} = 78.4$).

Reemplazamos en la ecuación (37),

$$\frac{255}{318} = \frac{78.4}{D_{pp,m}}$$

$$D_{pp,m} = 97.769 \text{ mm}$$

Calculamos el diámetro exterior de la polea motriz (Polea 5), de la ecuación (38) tenemos que,

$$97.769 = D_{p,m} - 2 \times 3.3$$

$$D_{p,m} = 104.369 \text{ mm}$$

Escogemos el valor comercial aproximado en la tabla (Intermec, 2023, p. 58)

$$Polea 5 = D_{p,m} = 105 \text{ mm}$$

Este diámetro le pertenece a la polea de la banda transportadora, PQ 1-3V105 con un Buje SH según el catálogo (Intermec, 2023). El diámetro primitivo de este diámetro es,

$$D_{pp,m} = 105 - 2 \times 3.3 = 98.4 \text{ mm}$$

Calculamos la velocidad real, reemplazamos en la ecuación (37),

$$\frac{N_m}{318} = \frac{78.4}{98.4}$$

$$N_s = 253.366 \text{ RPM} - - - \text{Real}$$

Reemplazamos en la ecuación (39),

$$\%Error = \left[1 - \frac{253.366}{255} \right] \times 100 = 0.641\%$$

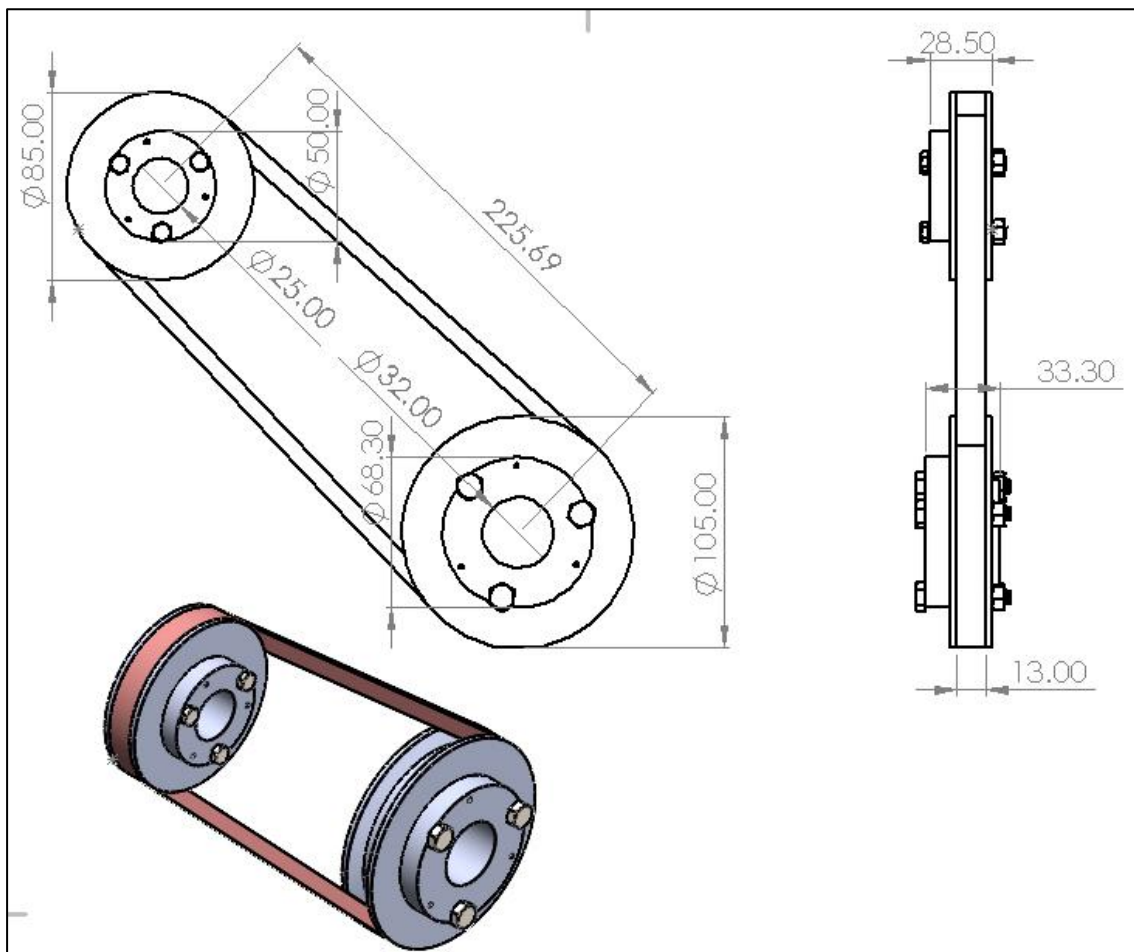
Esto indica que el porcentaje de error es menor del 1%, para efectos prácticos este error es despreciable.

Tabla 33. Valores del tercer sistema de poleas.

	<i>Diámetro primitivo, mm</i>	<i>Diámetro exterior, mm</i>	<i>Velocidad, RPM</i>	<i>Buje</i>
<i>Polea 5, Polea motriz (m)</i>	98.4	105	255	<i>SH</i>
<i>Polea 6, Polea conducida (s)</i>	78.4	85	318	<i>JA</i>

Nota. Elaboración propia.

Figura 42. Vista del tercer sistema de poleas.



Nota. Elaboración propia.

✓ **Cuarto sistema de poleas**

El perfil de la correa es la sección B. Este sistema parte del eje de la banda transportadora, según la **Tabla 22**. la polea 7 ($N_m = 318 \text{ rpm}$ y $D_{p,m} = 95 \text{ mm}$) al eje del segundo sistema engranaje, polea 8 ($N_s = 64 \text{ rpm}$) (Pandey, 2022).

Calculamos el diámetro primitivo de la Polea 7, reemplazamos en la ecuación (38)

$$D_{pp,m} = 95 - 2 \times 4.2 = 86.6 \text{ mm}$$

Reemplazamos en la ecuación (37),

$$\frac{318}{64} = \frac{D_{pp,s}}{86.6}$$

$$D_{pp,s} = 430.294 \text{ mm}$$

Calculamos el diámetro exterior de la polea conducida (Polea 6), de la ecuación (38) tenemos que,

$$430.294 = D_{p,s} - 2 \times 4.2$$

$$D_{p,s} = 438.694 \text{ mm}$$

Escogemos el valor comercial aproximado en la tabla (Martin, n.d., p. 4)

$$Polea 8 = D_{p,s} = 450 \text{ mm}$$

Este diámetro le pertenece a la polea de los rodillos, PQ 1-3V450 con un Buje SH según el catálogo (Martin, n.d., p. 4). El diámetro primitivo de este diámetro es,

$$D_{pp,s} = 450 - 2 \times 4.2 = 441.6 \text{ mm}$$

Calculamos la velocidad real, reemplazamos en la ecuación (37),

$$\frac{318}{N_s} = \frac{441.6}{86.6}$$

$$N_s = 62.361 \text{ RPM} - - - \text{Real}$$

Reemplazamos en la ecuación (39),

$$\%Error = \left[1 - \frac{62.361}{64} \right] \times 100 = 2.561\%$$

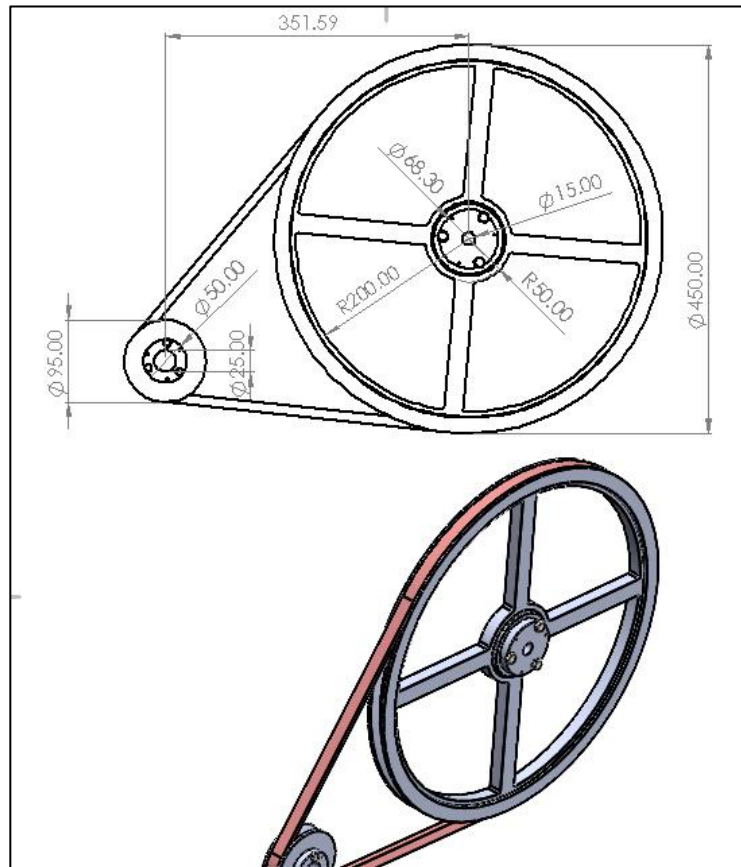
Esto indica que el porcentaje de error es menos del 3%, para efectos prácticos este error es despreciable.

Tabla 34. Valores del cuarto sistema de poleas.

	<i>Diámetro primitivo, mm</i>	<i>Diámetro exterior, mm</i>	<i>Velocidad, RPM</i>	<i>Buje</i>
<i>Polea 7, Polea motriz (m)</i>	86.6	95	318	<i>JA</i>
<i>Polea 8, Polea conducida (s)</i>	441.6	450	64	<i>SH</i>

Nota. Elaboración propia.

Figura 43. Vista del cuarto sistema de poleas.



Nota. Elaboración propia.

Tabla 35. Selección de las poleas

Polea	$D_{Exterior}$	$D_{Primitvo}$	$D_{Interior}$
1. PQ 1-3V85	85 mm	78.4 mm	22.22 mm
2. PQ 1-3V200	230 mm	223.4 mm	32 mm
3. PQ 1-3V150	165 mm	158.4 mm	32 mm
4. PQ 1-3V85	85 mm	78.4 mm	32 mm
5. PQ 1-3V105	105 mm	98.4 mm	32 mm
6. PQ 1-3V85	85 mm	78.4 mm	25 mm
7. PQ 1-3V95	95 mm	86.6 mm	25 mm
8. PQ 1-3V450	450 mm	441.6 mm	15 mm

Nota. Elaboración propia.

3.3.2.4. Determinación de la longitud de la correa

✓ Primer sistema de poleas

La correa trapezoidal entre la polea del eje del motor (Polea 1) y el eje del tambor (Polea 2) tienen diámetros de 78.4 mm y 223.4 mm respectivamente. La distancia entre los centros es 375.42 mm.

Reemplazamos en la ecuación (40)

$$L = 2 \times 375.42 + 1.57(223.4 + 78.4) + \frac{(223.4 - 78.4)^2}{4 \times 375.42}$$

$$L = 1238.667 \text{ mm}$$

Según el **Anexo 1**, la correa comercial en “V” más próxima para la sección A tiene una longitud $L_1 = 1252 \text{ mm}$ que corresponde a la correa N°48. Entonces la distancia de centros para la correa seleccionada es,

Despejamos “C” en la ecuación (40)

$$1252 = 2 \times C + 1.57(223.4 + 78.4) + \frac{(223.4 - 78.4)^2}{4 \times C}$$

$$C_1 = 6.876 \text{ mm} ; C_2 = 382.211 \text{ mm}$$

La distancia entre los centros para la longitud seleccionada es 382.211 mm . Determinamos el **factor de corrección** en función de la correa A 48, para ello de la tabla del **Anexo 2** seleccionamos el factor de corrección considerando el valor más cercano al número de referencia para la longitud de la correa, que sería “51”

$$k_1 = 0.94$$

Reemplazamos en la ecuación (41),

$$\frac{(223.4 - 78.4)}{382.211} = 0.379$$

Observamos el **Anexo 3**, considerando el valor más cercano que sería “0.403”

$$k_2 = 0.94$$

✓ Segundo sistema de poleas

La correa trapezoidal entre la polea del segundo eje (Polea 4) y el eje del tambor (Polea 3) tienen diámetros de 78.4 mm y 158.4 mm respectivamente. La distancia entre los centros es 350.71 mm .

Reemplazamos en la ecuación (40)

$$L = 2 \times 350.71 + 1.57(158.4 + 78.4) + \frac{(158.4 - 78.4)^2}{4 \times 350.71}$$

$$L = 1077.758 \text{ mm}$$

Según el **Anexo 1**, la correa comercial en “V” más próxima para la sección A tiene una longitud $L_2 = 1100 \text{ mm}$ que corresponde a la correa N°42. Entonces la distancia de centros para la correa seleccionada es,

Despejamos “C” en la ecuación (40)

$$1100 = 2 \times C + 1.57(158.4 + 78.4) + \frac{(158.4 - 78.4)^2}{4 \times C}$$

$$C_1 = 2.211 \text{ mm} ; C_2 = 361.901 \text{ mm}$$

La distancia entre los centros para la longitud seleccionada es 361.901 mm . Determinamos el **factor de corrección** en función de la correa A 42, para ello de la tabla del **Anexo 2** seleccionamos el factor de corrección.

$$k_1 = 0.90$$

El factor de corrección según el arco de contacto, tenemos la siguiente ecuación, reemplazamos en la ecuación (41).

$$\frac{(158.4 - 78.4)}{361.901} = 0.221$$

Observamos el **Anexo 3**, considerando el valor más cercano que sería “0.228”

$$k_2 = 0.97$$

✓ Tercer sistema de poleas

La correa trapezoidal entre la polea del eje del primer sistema de engranajes (Polea 5) y el eje del rodillo de la banda transportadora (Polea 6) tienen diámetros de 98.4 mm y 78.4 mm respectivamente. La distancia entre los centros es 225.69 mm .

Reemplazamos en la ecuación (40)

$$L = 2 \times 225.69 + 1.57(98.4 + 78.4) + \frac{(98.4 - 78.4)^2}{4 \times 225.69}$$

$$L = 729.399 \text{ mm}$$

Según el **Anexo 1**, la correa comercial en “V” más próxima para la sección A tiene una longitud $L_3 = 744 \text{ mm}$ que corresponde a la correa N°29. Entonces la distancia de centros para la correa seleccionada es,

Despejamos “C” en la ecuación (40)

$$744 = 2 \times C + 1.57(98.4 + 78.4) + \frac{(98.4 - 78.4)^2}{4 \times C}$$

$$C_1 = 0.215 \text{ mm} ; C_2 = 232.997 \text{ mm}$$

La distancia entre los centros para la longitud seleccionada es 232.997 mm . Determinamos el **factor de corrección** en función de la correa A 29, para ello de la tabla del **Anexo 2** seleccionamos el factor de corrección considerando el valor más cercano al número de referencia para la longitud de la correa, que sería “31”

$$k_1 = 0.84$$

El factor de corrección según el arco de contacto, tenemos la siguiente ecuación, reemplazamos en la ecuación (41).

$$\frac{(98.4 - 78.4)}{232.997} = 0.086$$

Observamos el **Anexo 3**, considerando el valor más cercano que sería “0.087”

$$k_2 = 0.99$$

✓ Cuarto sistema de poleas

La correa trapezoidal entre la polea del eje del rodillo de la banda transportadora (Polea 7) y el eje del segundo sistema de engranajes (Polea 8) tienen diámetros de 86.6 mm y 441.6 mm respectivamente. La distancia entre los centros es 378.92 mm .

Reemplazamos en la ecuación (40)

$$L = 2 \times 378.92 + 1.57(441.6 + 86.6) + \frac{(441.6 - 86.6)^2}{4 \times 378.92}$$

$$L = 1670.261 \text{ mm}$$

Según el **Anexo 1**, la correa comercial en “V” más próxima para la sección B tiene una longitud $L_4 = 1671 \text{ mm}$ que corresponde a la correa N°64. Entonces la distancia de centros para la correa seleccionada es,

Despejamos “C” en la ecuación (40)

$$1671 = 2 \times C + 1.57(441.6 + 86.6) + \frac{(441.6 - 86.6)^2}{4 \times C}$$

$$C_1 = 41.528 \text{ mm} ; C_2 = 379.335 \text{ mm}$$

La distancia entre los centros para la longitud seleccionada es 379.335 mm. Determinamos el **factor de corrección** en función de la correa B 64, para ello de la tabla del **Anexo 2** seleccionamos el factor de corrección considerando el valor más cercano al número de referencia para la longitud de la correa, que sería “68”

$$k_1 = 0.95$$

El factor de corrección según el arco de contacto, tenemos la siguiente ecuación, reemplazamos en la ecuación (41).

$$\frac{(441.6 - 86.6)}{379.335} = 0.936$$

Observamos el **Anexo 3**, considerando el valor más cercano que sería “0.982”

$$k_2 = 0.84$$

Tabla 36. Resumen de la selección de los sistemas de poleas

Correa	Polea	$D_{Exterior}$	$D_{Primitivo}$	Longitud de la correa		Distancia de centro
Sistema 1	1. PQ 1-3V85	85 mm	78.4 mm	A48	1252 mm	375.42 mm
	2. PQ 1-3V200	230 mm	223.4 mm			
Sistema 2	3. PQ 1-3V150	165 mm	158.4 mm	A42	1100 mm	350.71 mm
	4. PQ 1-3V85	85 mm	78.4 mm			
Sistema 3	5. PQ 1-3V105	105 mm	98.4 mm	A29	744 mm	225.69 mm
	6. PQ 1-3V85	85 mm	78.4 mm			
Sistema 4	7. PQ 1-3V95	95 mm	86.6 mm	B64	1671 mm	378.92 mm
	8. PQ 1-3V450	450 mm	441.6 mm			

Nota. Elaboración propia.

3.3.2.5. Ángulo de contacto de la transmisión por correa trapezoidal.

✓ Primer sistema de poleas

Calculamos el ángulo de contacto de la correa trapezoidal A 48. Reemplazamos en la ecuación (43),

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{223.4 - 78.4}{2 \times 375.42} \right) = 11.135^\circ$$

Reemplazamos en la ecuación (42),

$$\theta = (180^\circ - 2 \times 11.135) \frac{\pi}{180}$$

$$\theta = 2.753 \text{ rad o } 157.73^\circ$$

✓ Segundo sistema de poleas

Calculamos el ángulo de contacto de la correa trapezoidal A 42. Reemplazamos en la ecuación (43),

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{158.4 - 78.4}{2 \times 361.901} \right) = 6.549^\circ$$

Reemplazamos en la ecuación (42),

$$\theta = (180^\circ - 2 \times 6.549) \frac{\pi}{180}$$

$$\theta = 2.913 \text{ rad o } 166.902^\circ$$

✓ Tercer sistema de poleas

Calculamos el ángulo de contacto de la correa trapezoidal A 29. Reemplazamos en la ecuación (43),

$$\alpha = \text{sen}^{-1} \left(\frac{98.4 - 78.4}{2 \times 225.69} \right) = 2.54^\circ$$

Reemplazamos en la ecuación (42),

$$\theta = (180^\circ - 2 \times 2.54) \frac{\pi}{180}$$

$$\theta = 3.053 \text{ rad o } 174.92^\circ$$

✓ Cuarto sistema de poleas

Calculamos el ángulo de contacto de la correa trapezoidal B64. Reemplazamos en la ecuación (43),

$$\alpha = \sin^{-1} \left(\frac{441.6 - 86.6}{2 \times 378.92} \right) = 27.933^\circ$$

Reemplazamos en la ecuación (42),

$$\theta = (180^\circ - 2 \times 1.5) \frac{\pi}{180}$$

$$\theta = 2.167 \text{ rad o } 124.134^\circ$$

3.3.2.6. Tensión de transmisión por correa trapezoidal.

✓ Primer sistema de poleas

Para determinar la tensión de la correa trapezoidal A48, necesitamos conocer la velocidad de la correa, reemplazamos en la ecuación (46),

$$v = \frac{\pi \times 0.0784 \times 1425}{60} = 5.85 \text{ m/s}$$

Tenemos que el ángulo de contacto es $\theta = 2.76$ y considerando que se seleccionó un motor de 2 HP que equivale a 1492 watts. Reemplazamos en la ecuación (44).

$$1492 = (T_t - T_s) \times 5.85$$

$$T_t - T_s = 255.043 \dots \dots \dots (I)$$

Reemplazamos en la ecuación (45)

$$\frac{T_t}{T_s} = e^{0.27 \times 2.753 \times \cossec(20)} = 8.787$$

$$T_t = 8.787 T_s \dots \dots \dots (II)$$

Reemplazamos la ecuación II en I,

$$8.787 T_s - T_s = 255.043$$

$$T_s = 32.752 \text{ N}$$

Reemplazamos en la ecuación II,

$$T_t = 8.787 \times 32.752 = 287.792 \text{ N}$$

✓ Segundo sistema de poleas

Para determinar la tensión de la correa trapezoidal A42, necesitamos conocer la velocidad de la correa, reemplazamos en la ecuación (46),

$$v = \frac{\pi \times 0.0784 \times 510}{60} = 2.094 \text{ m/s}$$

Tenemos que el ángulo de contacto es $\theta = 2.92$ y considerando que se seleccionó un motor de 2 HP que equivale a 1492 watts. Reemplazamos en la ecuación (44).

$$1492 = (T_t - T_s) \times 2.094$$

$$T_t - T_s = 712.512 \dots \dots \dots (I)$$

Reemplazamos en la ecuación (45)

$$\frac{T_t}{T_s} = e^{0.27 \times 2.913 \times \cossec(20)} = 9.970$$

$$T_t = 9.97T_s \dots \dots \dots (II)$$

Reemplazamos la ecuación II en I,

$$9.97T_s - T_s = 712.512$$

$$T_s = 79.433 \text{ N}$$

Reemplazamos en la ecuación II,

$$T_t = 9.97 \times 79.433 = 791.947 \text{ N}$$

✓ Tercer sistema de poleas

Para determinar la tensión de la correa trapezoidal B34, necesitamos conocer la velocidad de la correa, reemplazamos en la ecuación (46),

$$v = \frac{\pi \times 0.0984 \times 255}{60} = 1.314 \text{ m/s}$$

Tenemos que el ángulo de contacto es $\theta = 2.225$ y considerando que se seleccionó un motor de 2 HP que equivale a 1492 watts. Reemplazamos en la ecuación (44).

$$1492 = (T_t - T_s) \times 1.314$$

$$T_t - T_s = 1135.464 \dots \dots \dots (I)$$

Reemplazamos en la ecuación (45)

$$\frac{T_t}{T_s} = e^{0.27 \times 2.225 \times \cossec(20)} = 11.135$$

$$T_t = 11.135 T_s \dots \dots \dots (II)$$

Reemplazamos la ecuación II en I,

$$11.135 T_s - T_s = 1135.464$$

$$T_s = 112.034 \text{ N}$$

Reemplazamos en la ecuación II,

$$T_t = 11.135 \times 112.034 = 1247.499 \text{ N}$$

✓ Cuarto sistema de poleas

Para determinar la tensión de la correa trapezoidal B39, necesitamos conocer la velocidad de la correa, reemplazamos en la ecuación (46),

$$v = \frac{\pi \times 0.0866 \times 318}{60} = 1.442 \text{ m/s}$$

Tenemos que el ángulo de contacto es $\theta = 3.089$ y considerando que se seleccionó un motor de 2 HP que equivale a 1492 watts. Reemplazamos en la ecuación (44).

$$1492 = (T_t - T_s) \times 1.442$$

$$T_t - T_s = 1034.674 \dots \dots \dots (I)$$

Reemplazamos en la ecuación (45)

$$\frac{T_t}{T_s} = e^{0.27 \times 2.167 \times \cossec(20)} = 5.533$$

$$T_t = 5.533 T_s \dots \dots \dots (II)$$

Reemplazamos la ecuación II en I,

$$5.533T_s - T_s = 1034.674$$

$$T_s = 228.254 \text{ N}$$

Reemplazamos en la ecuación II,

$$T_t = 5.533 \times 228.254 = 1262.929 \text{ N}$$

Tabla 37. Resumen de los valores de las tensiones en transmisión por correa de cada sistema.

Correa	D _{Primitivo}	Longitud de la correa	Tensiones en transmisión
<i>Sistema 1</i>	78.4 mm	A48 1252 mm	$T_s = 32.752 \text{ N}$
	223.4 mm		$T_t = 287.792 \text{ N}$
<i>Sistema 2</i>	158.4 mm	A42 1100 mm	$T_s = 79.433 \text{ N}$
	78.4 mm		$T_t = 791.947 \text{ N}$
<i>Sistema 3</i>	98.4 mm	A29 744 mm	$T_s = 112.034 \text{ N}$
	78.4 mm		$T_t = 1247.499 \text{ N}$
<i>Sistema 4</i>	86.6 mm	B64 1671 mm	$T_s = 228.254 \text{ N}$
	441.6 mm		$T_t = 1262.929 \text{ N}$

Nota. Elaboración propia

3.3.3. Diseño del eje del descortezador

Tabla 38. Material del eje del descortezador.

<i>Propiedad/Material</i>	<i>Eje polaco MS (Acero al carbono)</i>	<i>Acero inoxidable AISI 304</i>	<i>Aluminio 6061- T6</i>
<i>Límite de fluencia (MPa)</i>	250 – 350	~215	~275
<i>Resistencia a la tracción (MPa)</i>	400 – 550	~505	~310
<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>	200	193	69
<i>Dureza (HB)</i>	120 – 180	~123	~95
<i>Resistencia al desgaste</i>	Buena	Media	Baja
<i>Resistencia a la corrosión</i>	Baja–media	Muy alta	Alta
<i>Maquinabilidad</i>	Buena	Media	Alta
<i>Costo relativo</i>	Bajo	Alto	Medio

Nota. Elaboración propia.

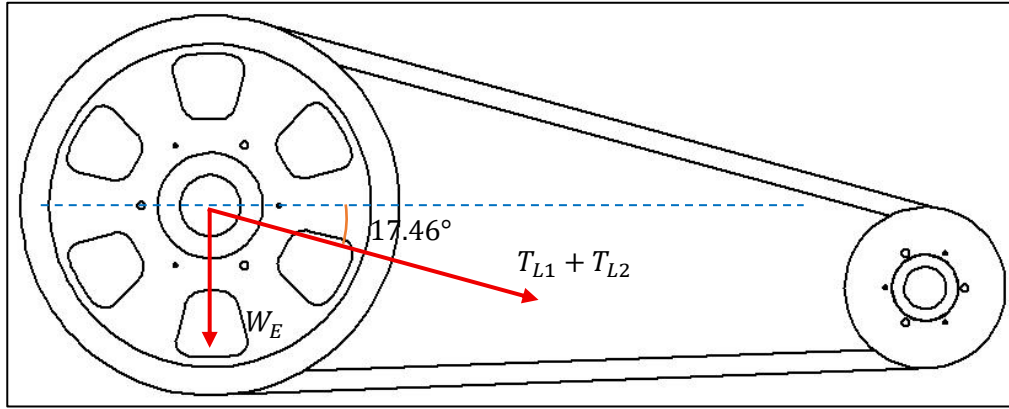
Las fuerzas tangenciales sobre los conjuntos descortezadoras eran provocadas por el par, el tambor de golpeo y la correa. Los valores de $K_m = 1.5$ y $K_t = 1.0$ han sido seleccionado (Pandey, 2022)

3.3.3.1. Carga en el eje del descortezador

3.3.3.1.1. Fuerza ejercida por poleas.

La más grande (Polea 2) está conectada a la polea del eje del motor (Polea 1).

Figura 44. Diagrama de cuerpo libre de la polea 2 conectada a la polea 1 (Polea del eje del tambor)



Nota. Elaboración propia.

Donde la correa trapezoidal esta inclinada a 17.46° con respecto a la horizontal, por lo que hay dos tipos de fuerzas que actúan sobre la polea, verticales y horizontales. Los valores de tensión, tienen que ver con las tensiones calculadas para el primer sistema que son $T_t = 287.792N$ y $T_s = 32.752N$ respectivamente, y el peso de la polea más grande (PQ 1-3V200) es de 5.5lb (Intermec, 2023) y del buje QD-SDS es de 0.7kg (Intermec, 2025) entonces:

$$W_E = \left(5.5lb \left(\frac{1kg}{2.2046lb} \right) + 0.7 \right) \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 31.341N.$$

Hallamos la fuerza vertical, reemplazamos en la ecuación (47),

$$F_{EV} = 31.341 + (287.792 + 32.752) \times \text{Sen}(17.46^\circ)$$

$$F_{EV} = 127.517N$$

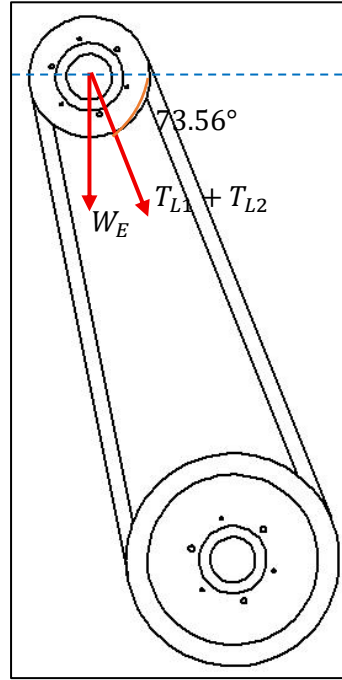
Hallamos la fuerza horizontal, reemplazamos en la ecuación (48),

$$F_{EH} = (287.792 + 32.752) \times \text{Cos}(17.46^\circ)$$

$$F_{EH} = 305.775N$$

La más pequeña (Polea 4) está conectada a la polea del eje auxiliar (Polea 3).

Figura 45. Diagrama de cuerpo libre de la polea 4 conectada a la polea 3 (Polea del eje auxiliar).



Nota. Elaboración propia.

Donde la correa trapezoidal está inclinada a 73.56° con respecto a la horizontal. Los valores de tensión, tienen que ver con las tensiones calculadas para el segundo sistema que son $T_t = 791.947N$ y $T_s = 79.433N$ respectivamente, y el peso de la polea más pequeña (PQ 1-3V85) es de 1.1lb (Intermec, 2023) y del buje QD-JA es de 0.1kg (Intermec, 2025) entonces:

$$W_E = \left(1.1lb \left(\frac{1kg}{2.2046lb} \right) + 0.1 \right) \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 5.876N.$$

Hallamos la fuerza vertical, reemplazamos en la ecuación (47),

$$F_{EV} = 5.876 + (791.947 + 79.433) \times \text{Sen}(73.56^\circ)$$

$$F_{EV} = 841.631N$$

Hallamos la fuerza horizontal, reemplazamos en la ecuación (48),

$$F_{EH} = (791.947 + 79.433) \times \text{Cos}(73.56^\circ)$$

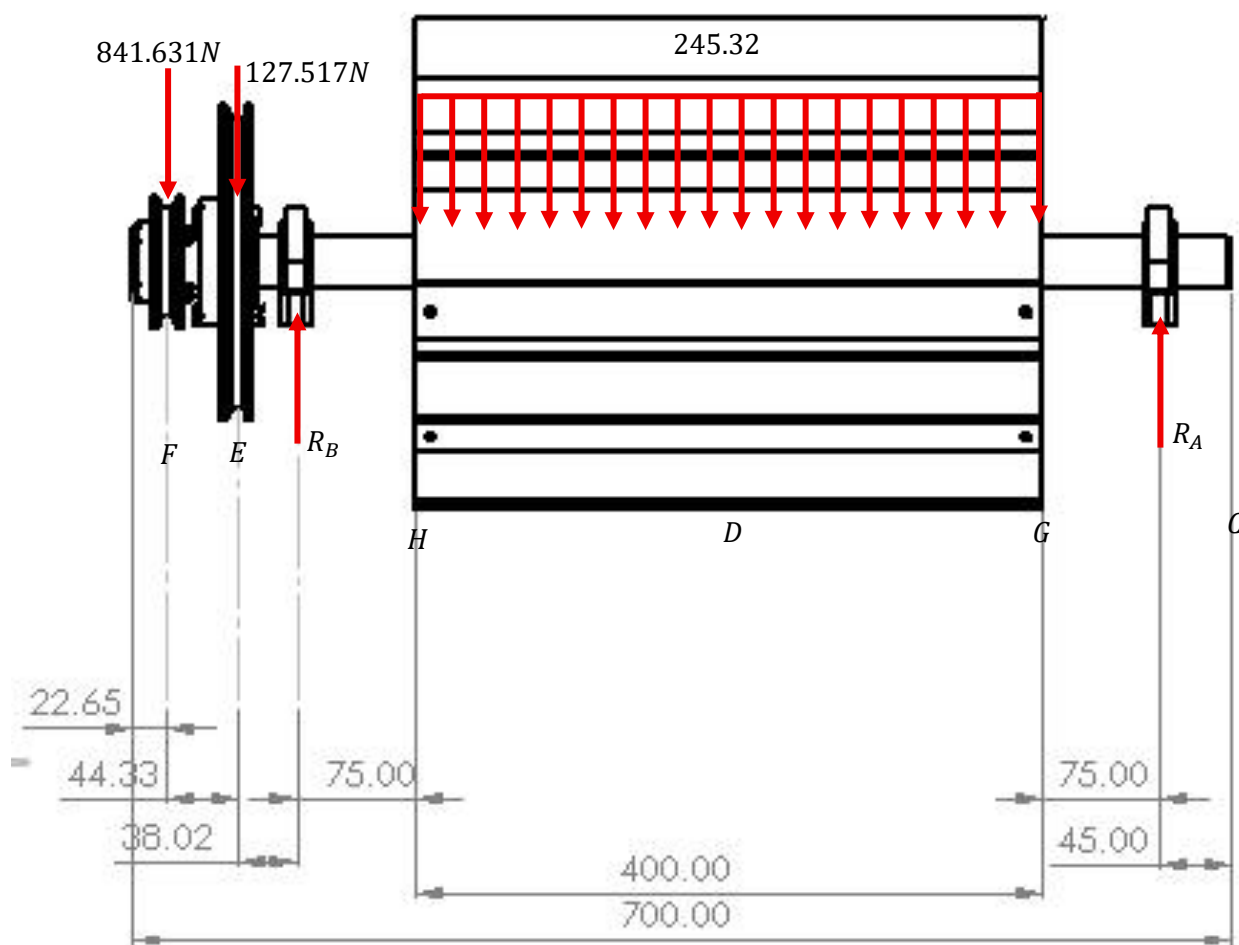
$$F_{EH} = 246.61N$$

3.3.3.1.2. Fuerza ejercida por el tambor descortezador

El peso del tambor se midió como $7\text{ kg} = 7 \times 9.81 = 68.67\text{ N}$ con un radio de 125 mm, y la fuerza tangencial del tambor fue calculado como 176.65 N según el diseño del tambor (Pandey, 2022).

$$F_D = 68.67 + 176.65 = 245.32\text{ N}$$

Figura 46. Diagrama de cuerpo libre de cargas verticales sobre el eje del tambor.



Nota. Elaboración propia.

3.3.3.1.3. *Determinación del diámetro del eje del descortezador*

A partir de la **Figura 46** podemos realizar una sumatoria de fuerzas con respecto al eje y con el objetivo de calcular la fuerza de las resistencias RA y RB.

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{AV} + R_{BV} = 841.631 + 127.517 + 245.32$$

$$R_{AV} + R_{BV} = 1214.468N \dots \dots (I)$$

El momento sobre el soporte fijo fue cero. Por lo tanto, tomemos un momento acerca del punto A.

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{BV} \times 550 = (245.32 \times 275) + (127.517 \times 588.02) + (841.631 \times 632.35)$$

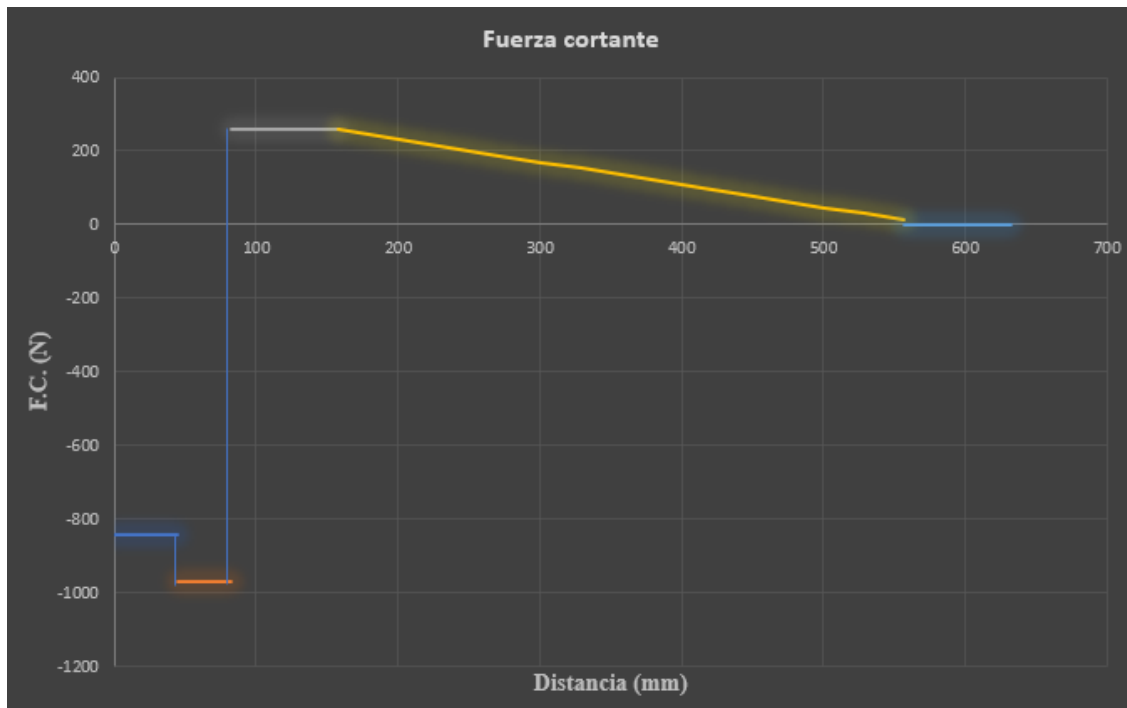
$$R_{BV} = 1226.638N$$

Reemplazamos en la ecuación 1,

$$R_{AV} + 1226.638 = 1214.468$$

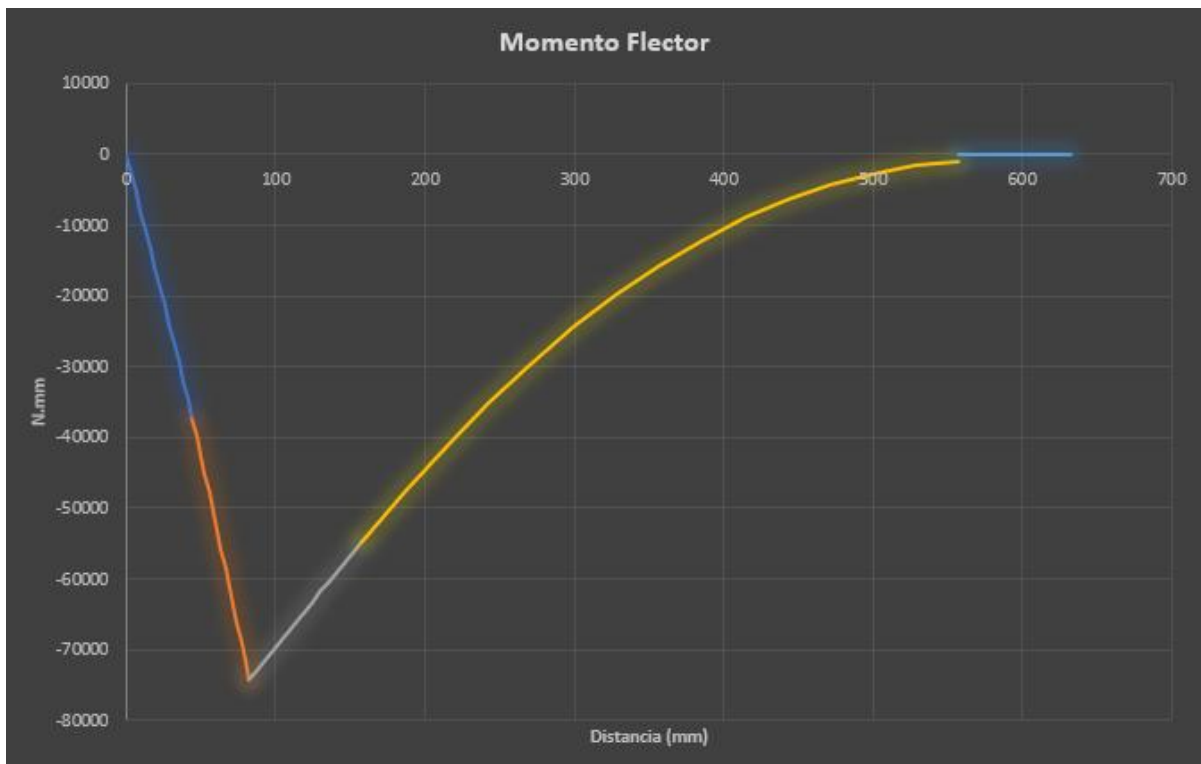
$$R_{AV} = -12.17N = 12.17N(\downarrow)$$

Figura 47. Diagrama de la fuerza cortante del eje verticalmente.



Nota. Elaboración propia.

Figura 48. Diagrama del momento flector del eje verticalmente.

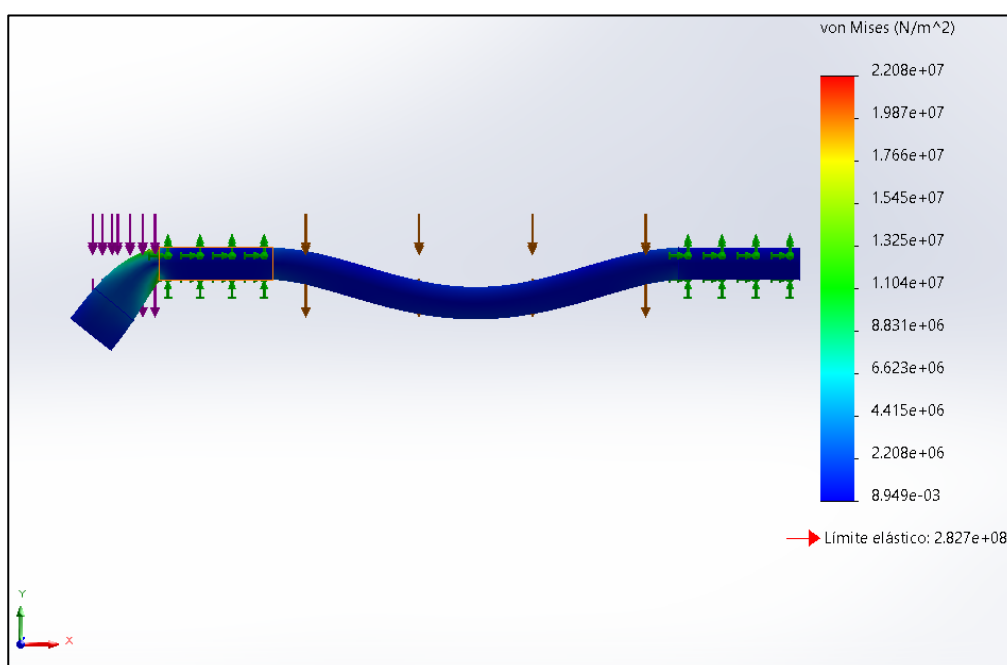


Nota. Elaboración propia.

Tabla 39. Valores de fuerza cortante y momento flector obtenidos en cada punto del eje y.

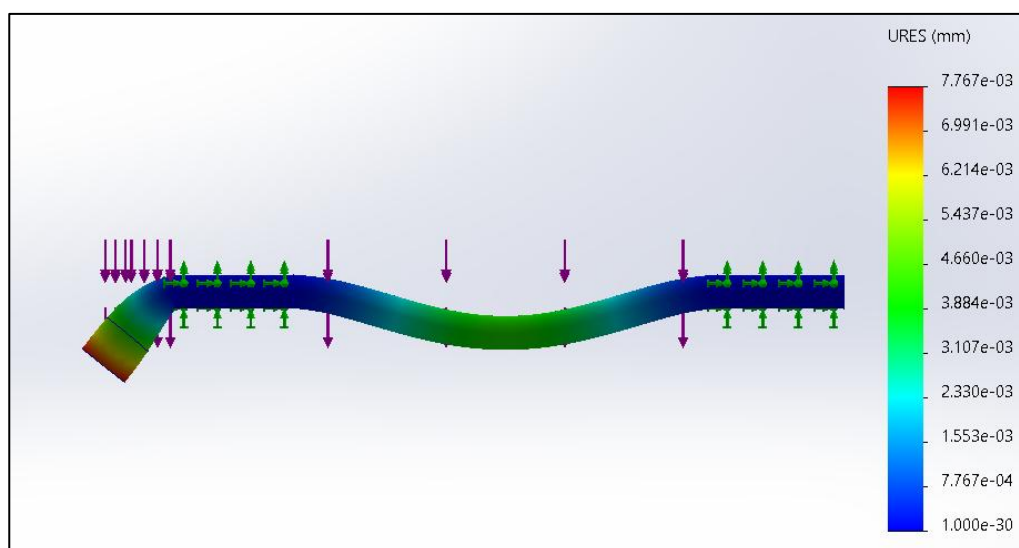
Puntos	V	M
F	-841.631	0
E	-969.148	-37309.5
B	257.49	-74156.51
H	257.38	-54853.41
G	0	52.53
A	0	52.53

Nota. Elaboración propia.

Figura 49. Diagrama de tensiones de von Mises sobre el eje.

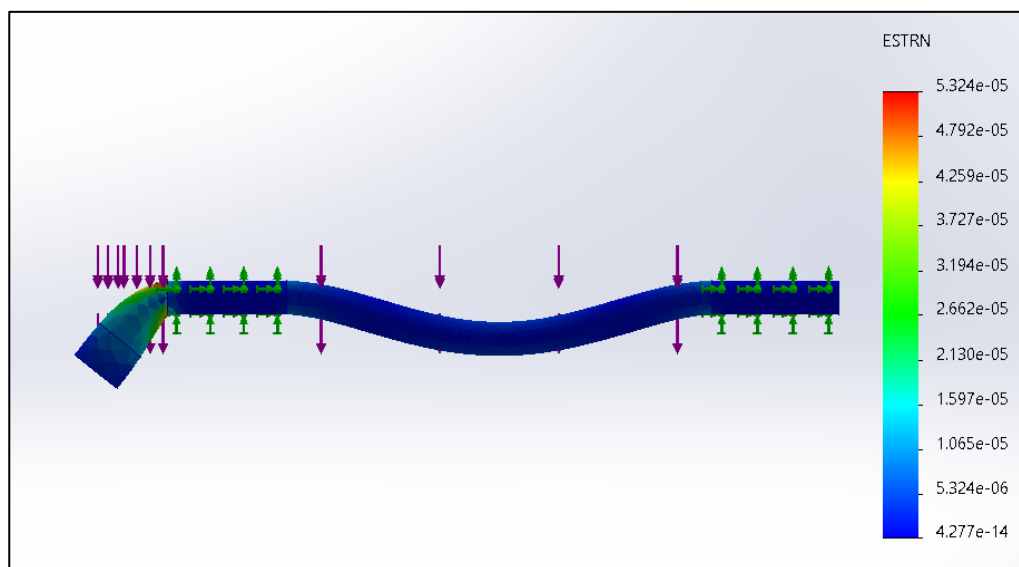
Nota. El máximo esfuerzo equivalente alcanza un valor aproximado de $2.21 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, concentrándose principalmente en las zonas cercanas a los apoyos, se observa que las tensiones generadas se encuentran muy por debajo del límite elástico, lo que indica que el material trabaja completamente dentro del régimen elástico. Elaboración propia.

Figura 50. Diagrama de desplazamiento total (URES) sobre el eje.



Nota. El desplazamiento máximo es del orden de $7.77 \times 10^{-3} \text{ mm}$, donde el efecto de la flexión es mayor debido a la carga aplicada, pero siendo un valor despreciable en relación con la longitud total del eje, lo que indica una alta rigidez estructural. Elaboración propia.

Figura 51. Diagrama de deformación unitaria (ESTRN) sobre el eje.



Nota. Muestra valores máximos cercanos a 5.32×10^{-5} , concentrados en las zonas donde se presentan mayores esfuerzos de flexión, siendo valores de deformaciones muy pequeñas, propias de un comportamiento elástico lineal, lo que confirma que el material no experimenta deformaciones significativas.

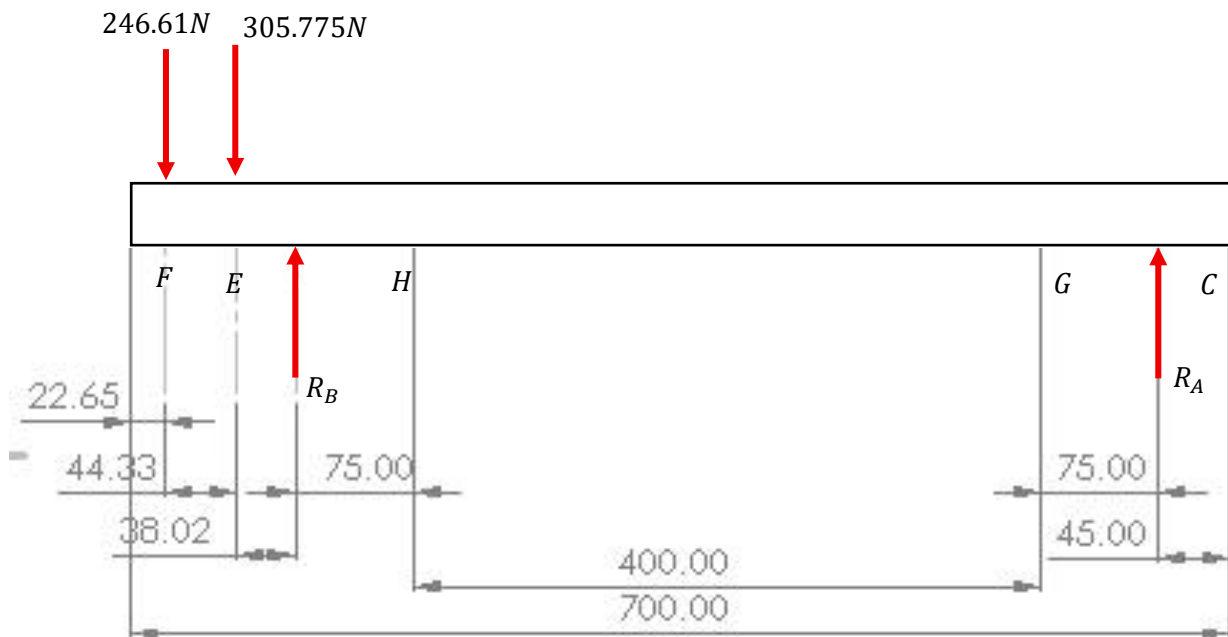
Realizaremos una sumatoria de fuerzas con respecto al eje x con el objetivo de calcular la fuerza de las resistencias RA y RB.

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{HA} + R_{HB} = 305.775 + 246.61$$

$$R_{HA} + R_{HB} = 552.385N \dots \dots (II)$$

Figura 52. Diagrama de cuerpo libre de cargas horizontales sobre el eje del tambor.



Nota. Elaboración propia.

El momento sobre el soporte fijo fue cero. Por lo tanto, tomemos un momento acerca del punto A.

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{HB} \times 550 = (305.775 \times 588.02) + (246.61 \times 632.35)$$

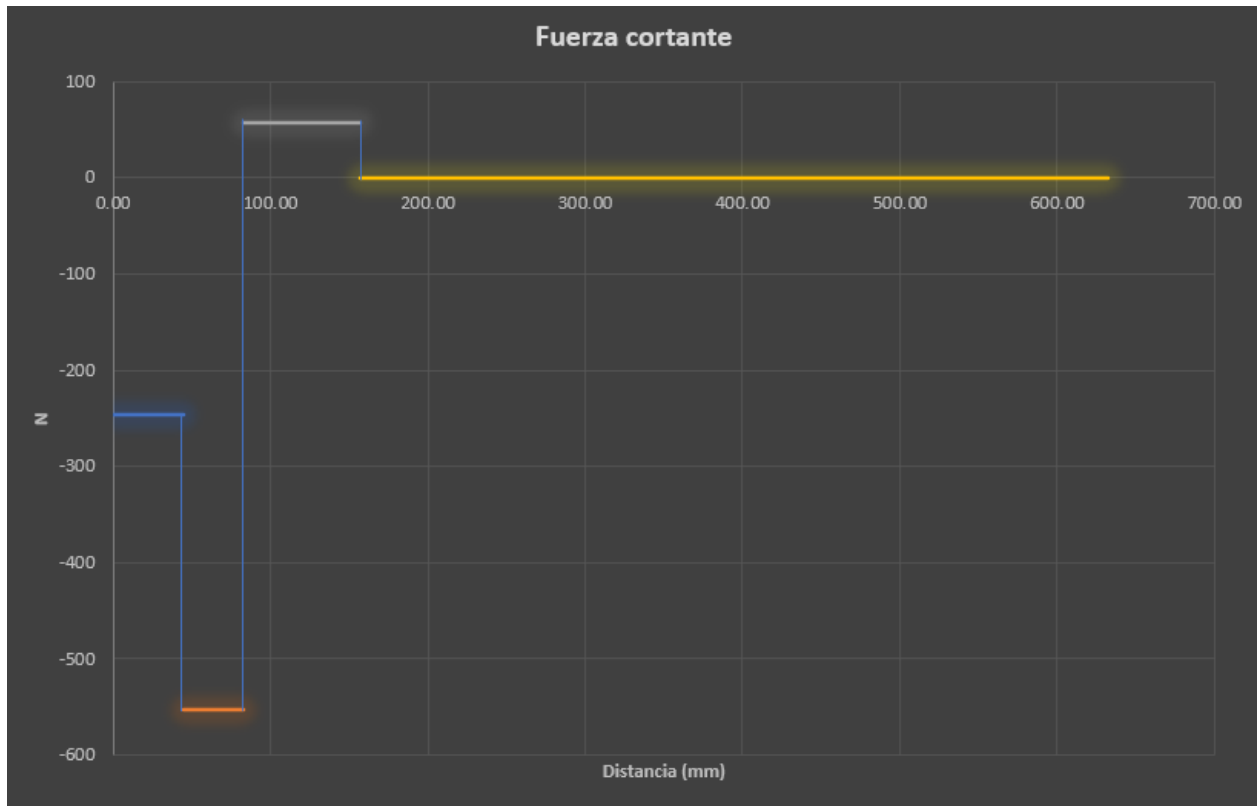
$$R_{HB} = 610.447N$$

Reemplazamos en la ecuación II,

$$R_{HA} + 610.447 = 552.385N$$

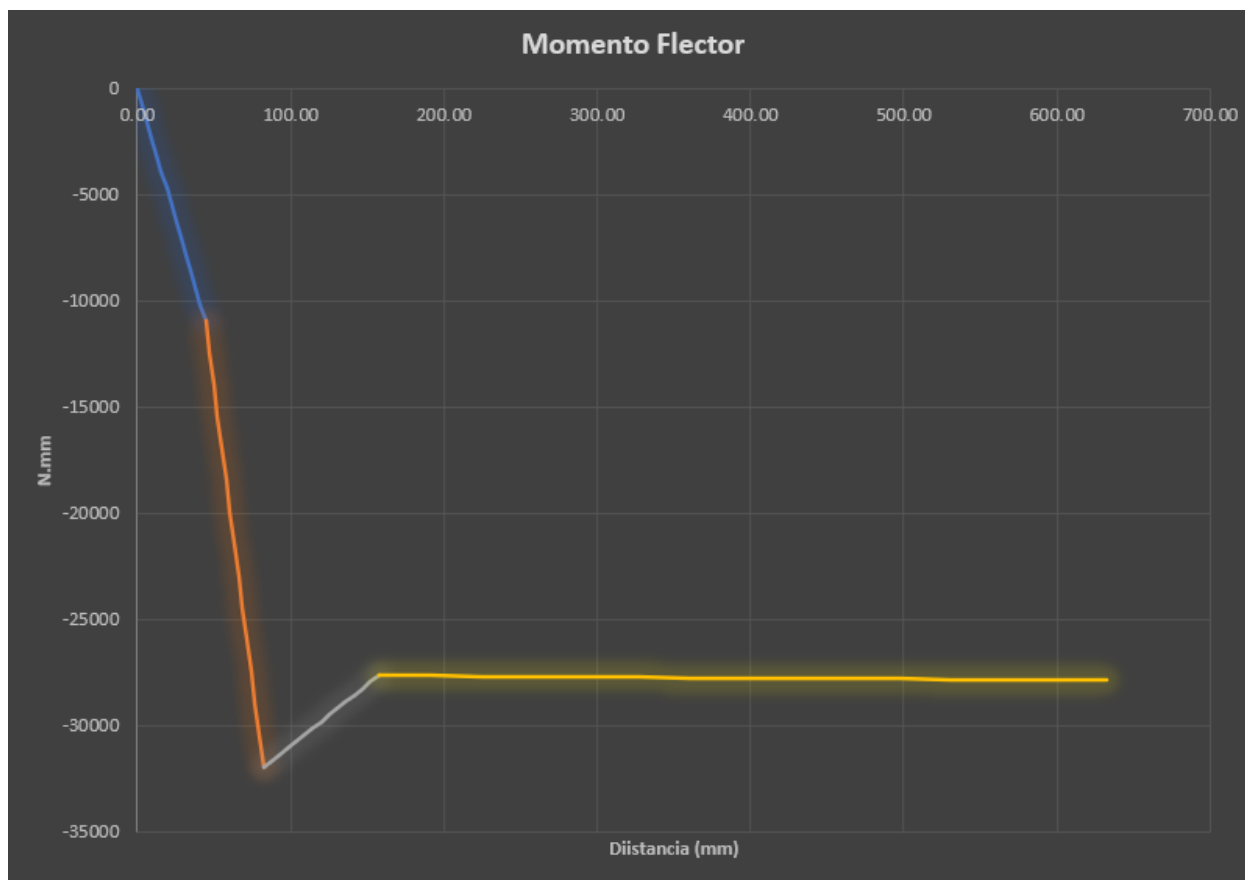
$$R_{HA} = -58.062N = 58.062N(\leftarrow)$$

Figura 53. Diagrama de la fuerza cortante del eje horizontal.



Nota. Elaboración propia.

Figura 54. Diagrama del momento flector del eje horizontal.



Nota. Elaboración propia.

Tabla 40. Valores de fuerza cortante y momento flector obtenidos en cada punto del eje x.

Puntos	V	M
F	-246.61	0
E	-552.385	-10932.22
B	57.615	-31933.9
A	-0.45	-27825.10

Nota. Elaboración propia.

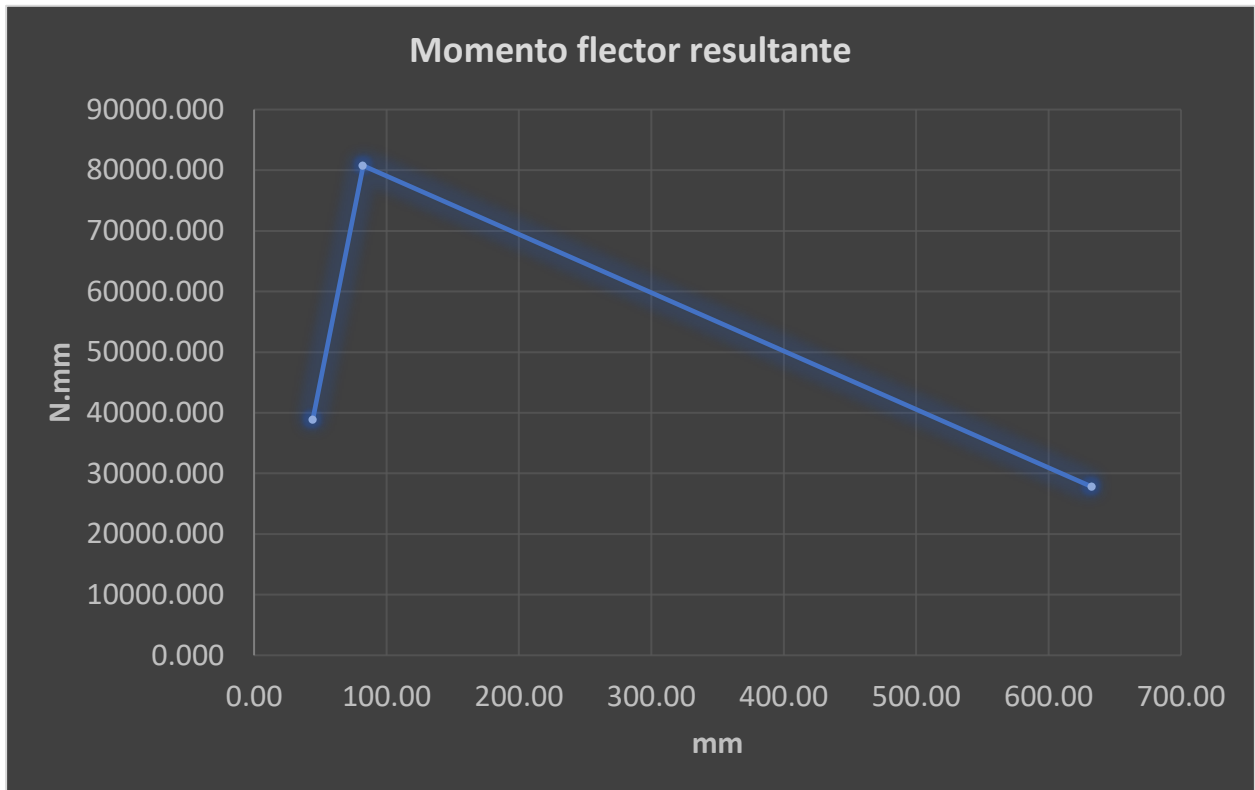
Hallamos el momento flector resultante en el punto A, B y E, para ello reemplazamos en la ecuación (49),

$$M_A = \sqrt{(52.53)^2 + (-27825.1)^2} = 27825.149 \text{ N.mm}$$

$$M_B = \sqrt{(-74156.51)^2 + (-31933.9)^2} = 80740.087 \text{ N.mm}$$

$$M_E = \sqrt{(-37309.5)^2 + (-10932.22)^2} = 38878.174 N.mm$$

Figura 55. Diagrama del momento flector resultante del eje del tambor.



Nota. Elaboración propia.

El par requerido en la polea más grande, reemplazamos en la ecuación (51)

$$T_L = (287.792 - 32.752) \times 0.230 = 58.659 N.m$$

Y para la polea pequeña,

$$T_S = (791.947 - 79.433) \times 0.085 = 60.564 N.m$$

Por lo tanto, el par máximo para un diseño seguro del eje se utilizó $60.564 N.m$, reemplazamos en la ecuación (50),

$$T_e = \sqrt{(1.5 \times 80.74)^2 + (1 \times 60.564)^2} = 135.409 N$$

3.3.4. Diseño de la estructura

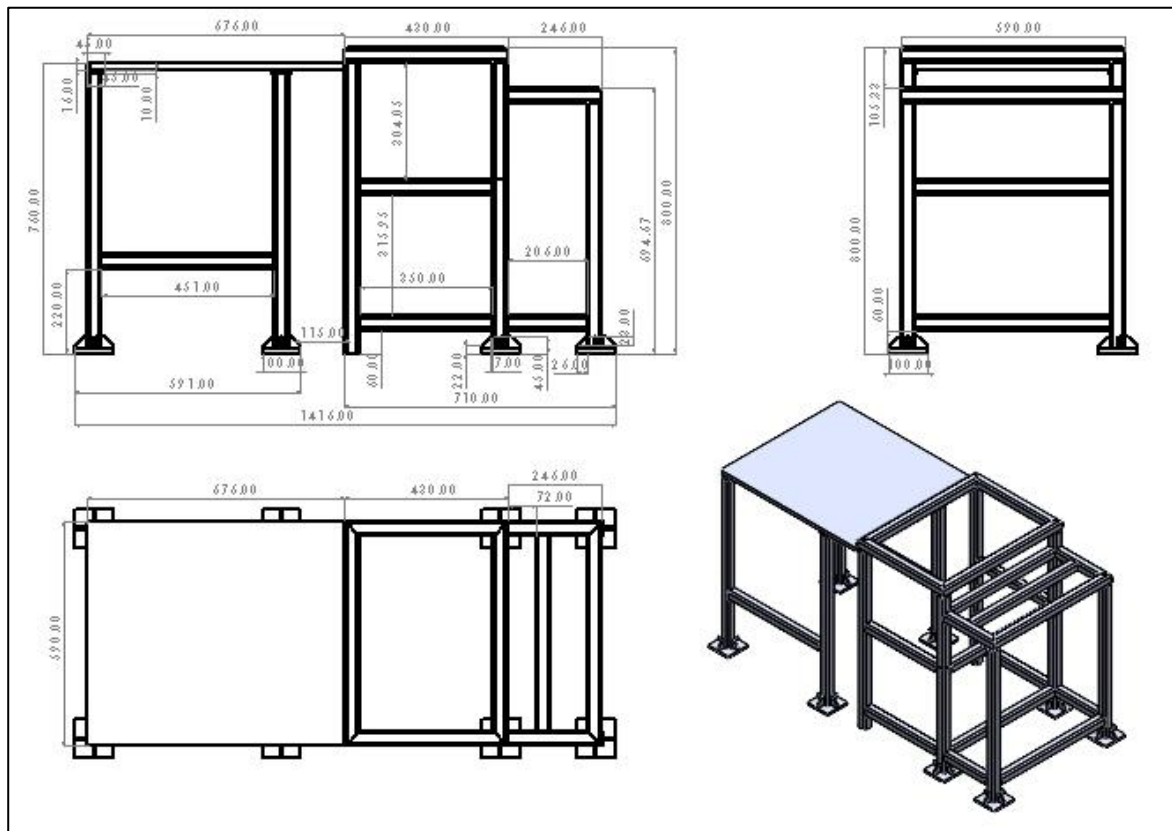
Tabla 41. Material de la estructura.

<i>Propiedad</i>	<i>Tubo cuadrado MS (acero al carbono)</i>	<i>Acero inoxidable AISI 304</i>	<i>Aluminio estructural</i>
<i>Límite de fluencia (MPa)</i>	250 – 350	~215	~240
<i>Resistencia a la tracción (MPa)</i>	400 – 550	~505	~290
<i>Módulo de elasticidad (GPa)</i>	200	193	69
<i>Rigidez estructural</i>	Alta	Alta	Baja
<i>Resistencia al impacto</i>	Alta	Media	Baja
<i>Resistencia a la corrosión</i>	Baja–media	Muy alta	Alta
<i>Peso</i>	Alto	Alto	Bajo
<i>Facilidad de soldadura</i>	Alta	Media	Media
<i>Costo</i>	Bajo	Alto	Medio–alto
<i>Disponibilidad</i>	Alta	Media	Media

Nota. Elaboración propia.

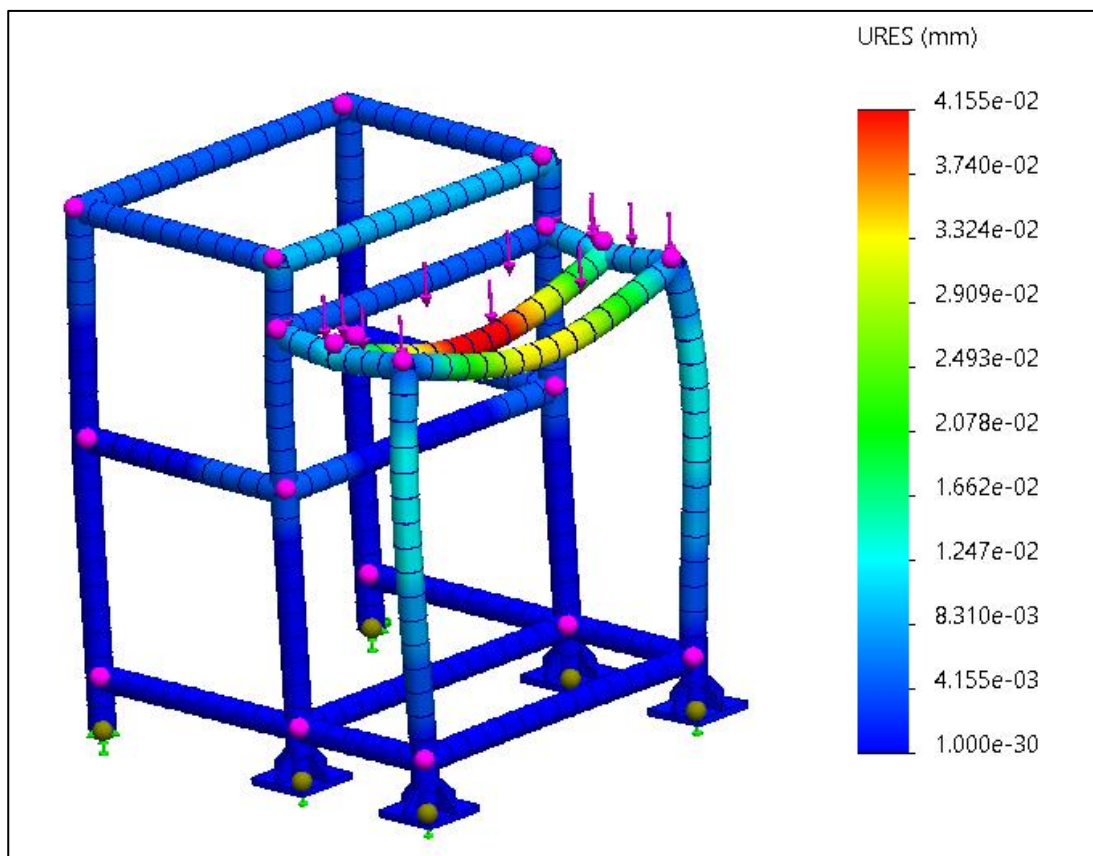
El tubo cuadrado MS es la mejor opción para la estructura, debido a su alta rigidez, resistencia mecánica, facilidad de soldadura y bajo costo, siendo más adecuado que el acero inoxidable y el aluminio para las condiciones de operación de la máquina. De la **Tabla 24.** la estructura debe soportar una carga de 608.22N que equivale a 62 Kg.

Figura 56. *Vista seccional e isométrica de la estructura.*



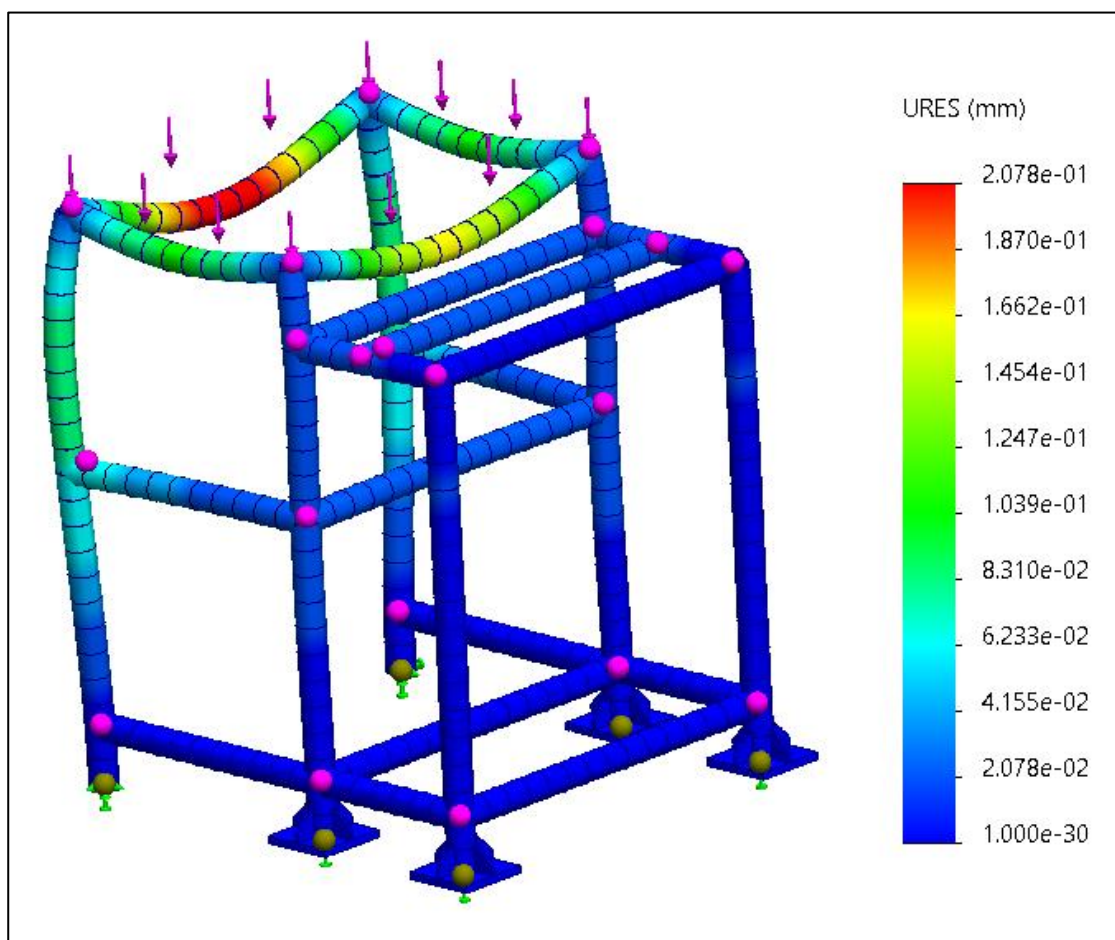
Nota. Elaboración propia.

Figura 57. Simulación estática de la parte donde ira el motor.



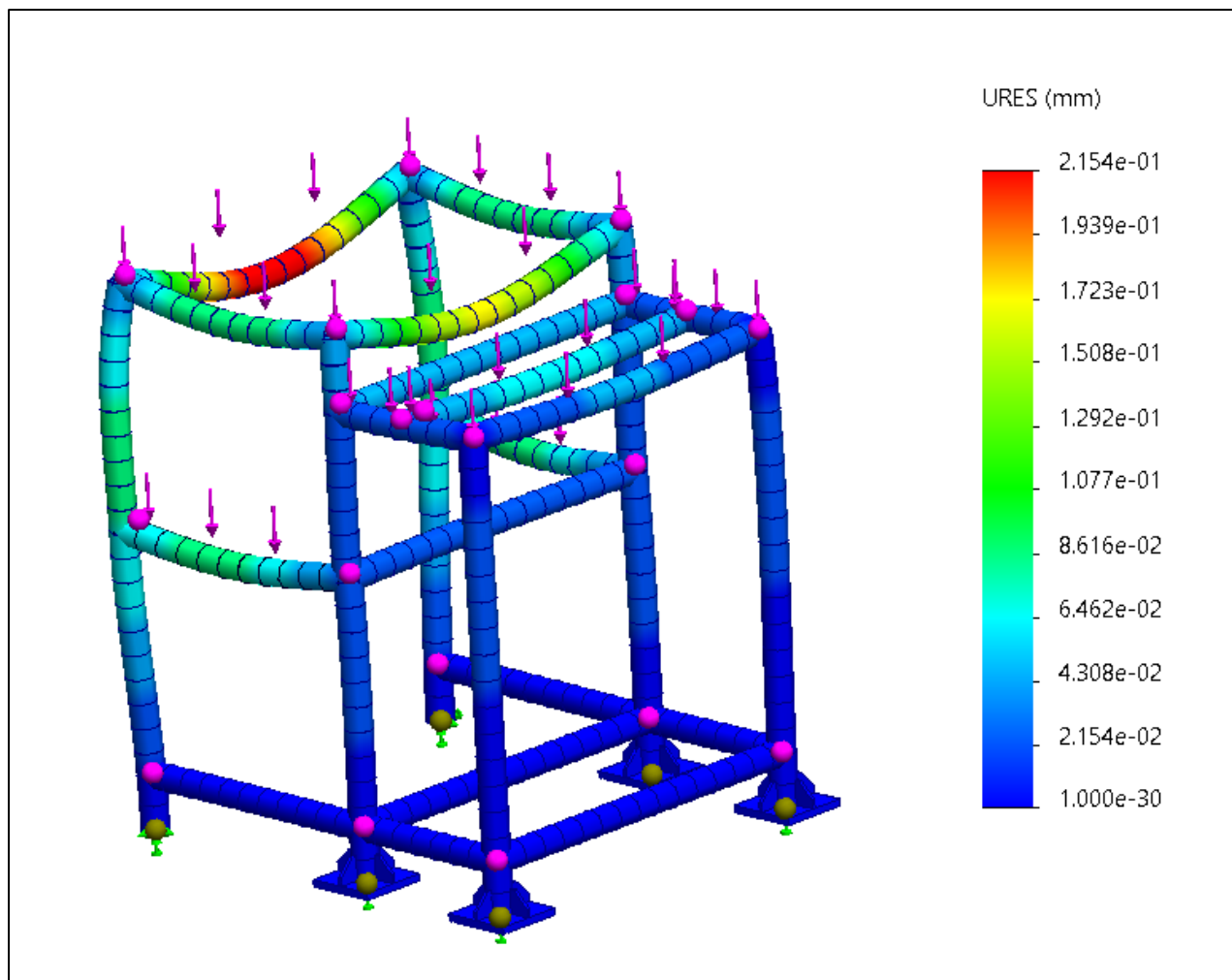
Nota. Se ha probado con 20kgf, los resultados del análisis estático indican que la estructura presenta un desplazamiento máximo aproximado de 0.042 mm en la zona de soporte del motor, valor que se encuentra ampliamente dentro de los límites admisibles para estructuras metálicas de soporte de maquinaria. Elaboración propia.

Figura 58. Simulación estática de la parte donde ira el eje del tambor.



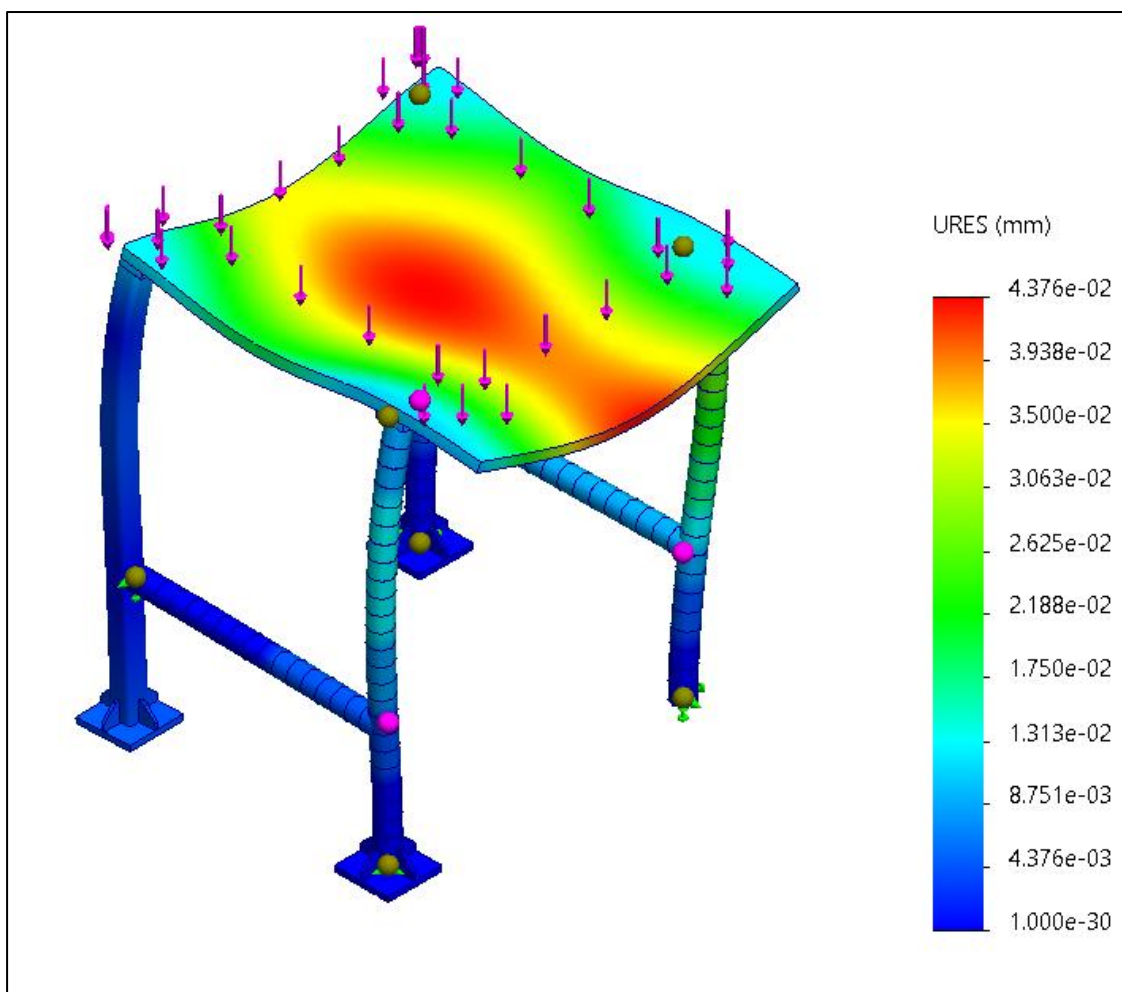
Nota. En la zona donde se ubicará el eje de descortezado, se aplicó una carga concentrada de 1220 N, obteniéndose un desplazamiento estático máximo de 0.207751 mm, este valor se mantiene dentro de límites admisibles, por lo que no compromete la alineación del eje. Elaboración propia.

Figura 59. Simulación estática de la primera estructura.



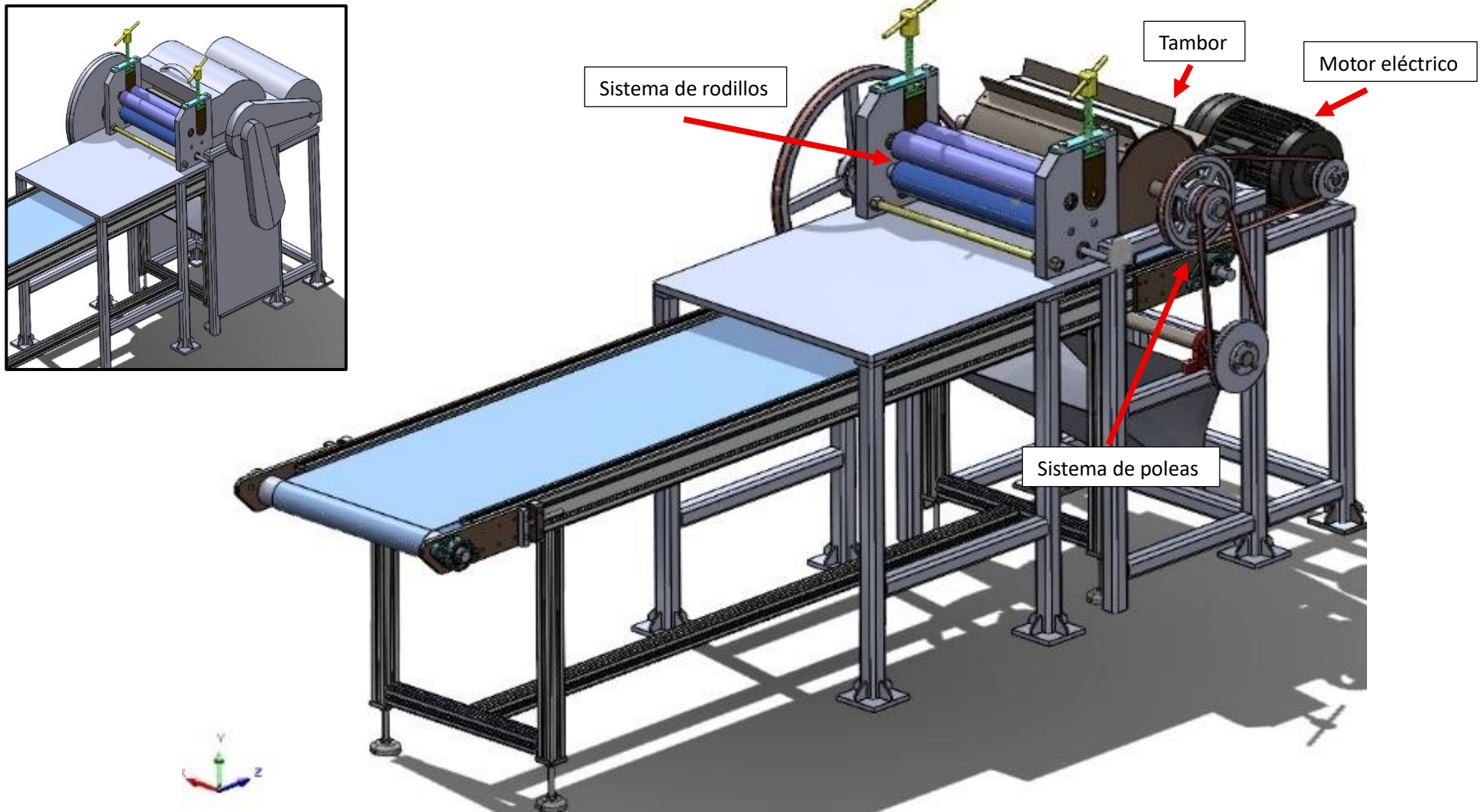
Nota. Análisis general del desplazamiento estático. Elaboración propia.

Figura 60. *Simulación estática de la segunda estructura.*



Nota. Análisis general del desplazamiento estático. Elaboración propia.

Figura 61. *Diseño propuesto de la máquina extractora de biofibra para el mejoramiento del proceso de desfibrado.*



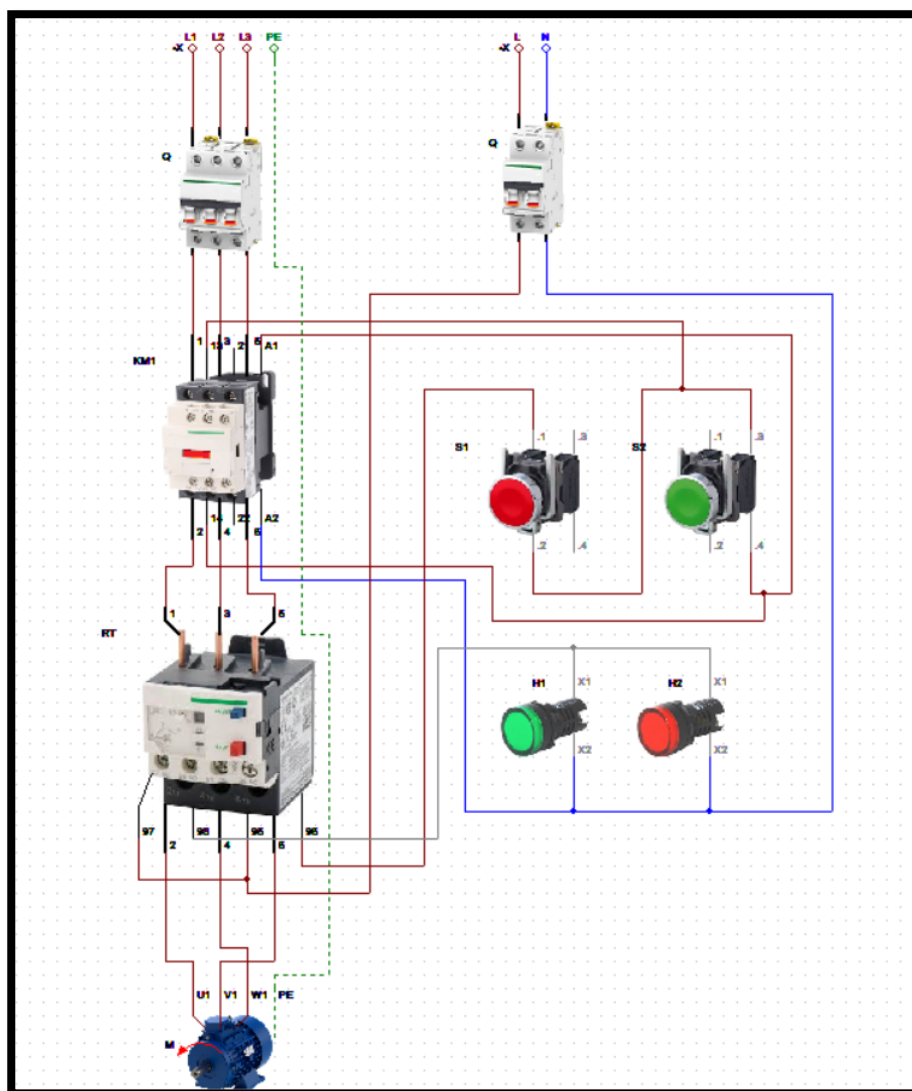
Nota. El diseño presentado incorpora mejoras respecto a la máquina existente, orientadas a incrementar la productividad y reducir el contacto directo del operario con el pseudotallo. Elaboración propia.

3.4 Diseño eléctrico

3.4.1. Funcionamiento del sistema en estado de encendido

Cuando el sistema se encuentra en operación, la activación del pulsador de arranque permite energizar la bobina del contactor, cerrando los contactos del circuito de potencia y alimentando el motor eléctrico. En este estado, el motor acciona el tambor desfibrador en el sentido de giro establecido en el diseño, permitiendo el proceso de separación de la biofibra del pseudotallo. Como se muestra en la Figura 62, el encendido del indicador luminoso verde señala visualmente que el sistema se encuentra en funcionamiento normal, facilitando la supervisión del estado operativo de la máquina por parte del operador y reduciendo posibles errores durante el uso del equipo.

Figura 62. Sistema eléctrico de la desfibradora en estado de funcionamiento (encendido) en CAdE_SIMU



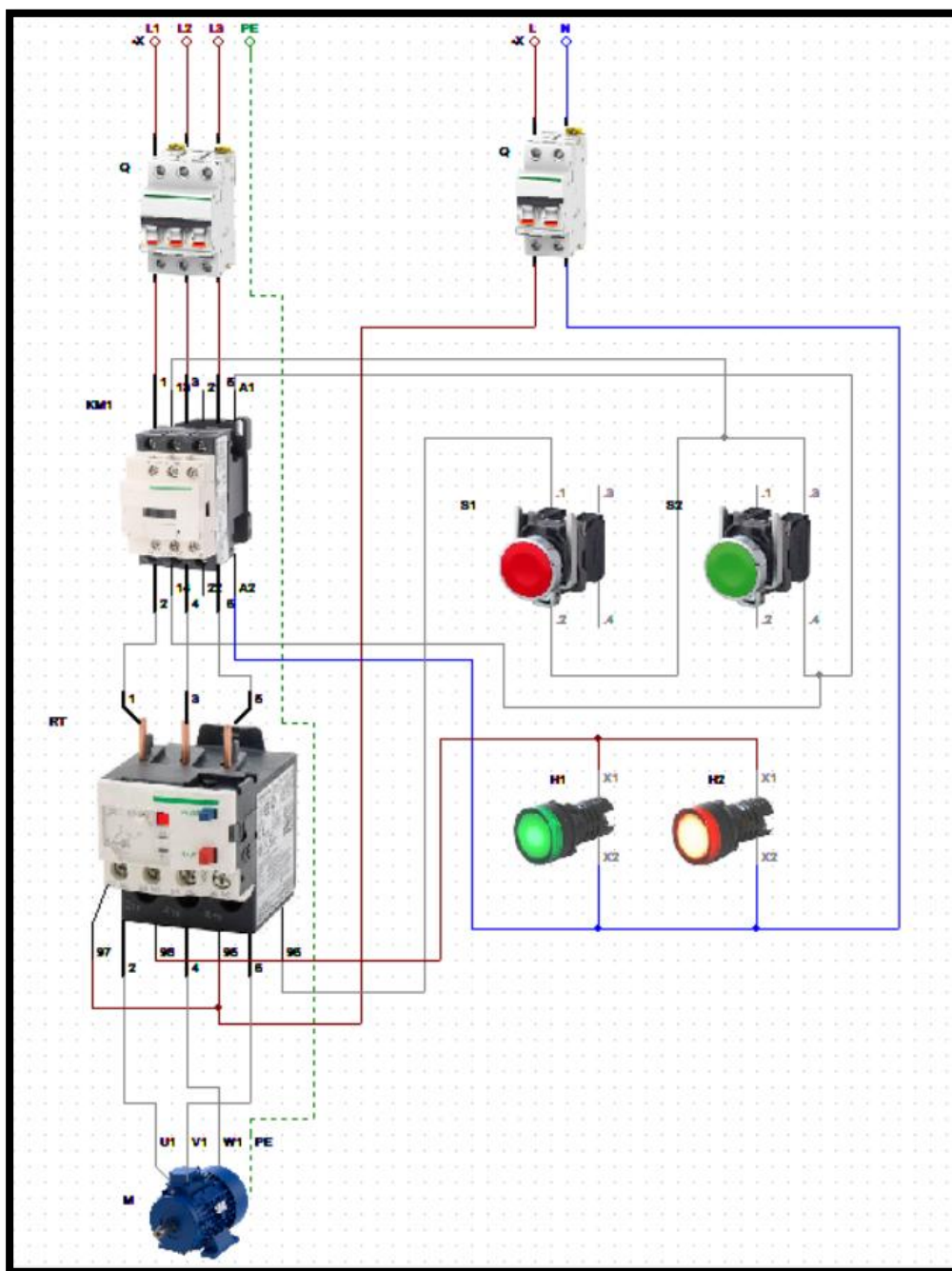
Obtenido de: Elaboración propia.

3.4.2. Funcionamiento del sistema en estado de paro y condición de protección

El sistema eléctrico también ha sido diseñado para detener su funcionamiento de manera segura, ya sea por acción directa del operador o ante una condición de sobrecarga. Al presionar el pulsador de paro, el circuito de mando se abre, desenergizando el contactor y cortando el suministro eléctrico al motor.

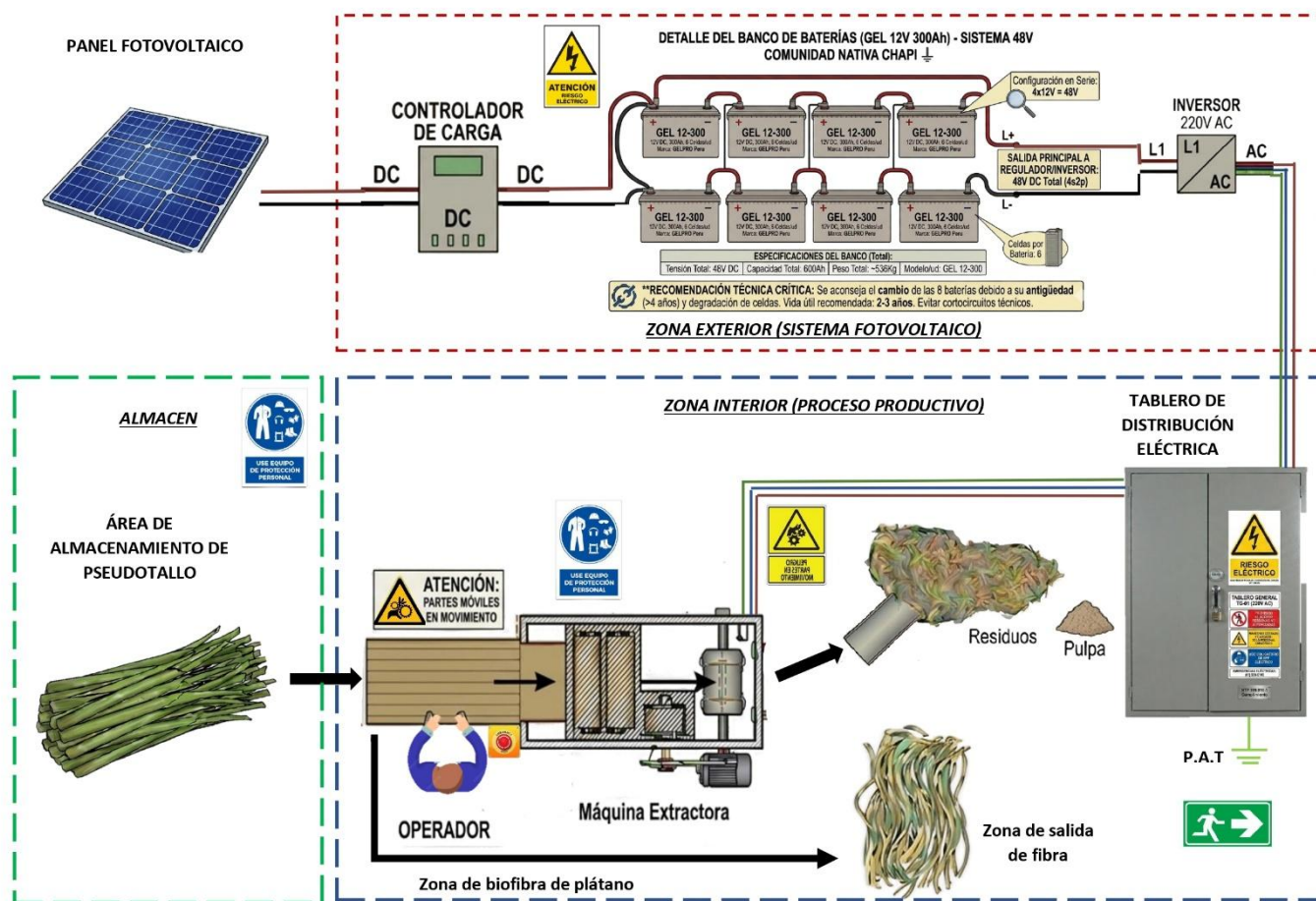
Asimismo, en caso de una sobrecarga, el relé térmico actúa automáticamente abriendo su contacto auxiliar en el circuito de mando, lo que provoca la detención inmediata del sistema y la activación del indicador luminoso rojo, señalizando una condición de falla. Esta situación se observa en la Figura 63, evidenciando el correcto funcionamiento de los sistemas de protección incorporados, tal como se recomienda en el diseño de maquinaria desfibradora (Shinde et al., 2022).

Figura 63. Sistema eléctrico de la desfibradora en estado de paro y protección por sobrecarga en CAdE_SIMU



Obtenido de: Elaboración propia

Figura 64. Distribución de la máquina y disposición de equipos en el área de operación



3.5 Evaluación económica

Para determinar el costo total de la máquina, se ha realizado una estimación económica considerando dos componentes principales: el costo de los materiales y el costo de fabricación.

Tabla 42. Costo total de la máquina.

Item	Descripción	Especificaciones	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
1	Hoja de metal MS	Calibre 18, 8x4 pies de largo	1	S/ 70.00	S/ 70.00
2	Tubo cuadrado MS	Calibre 18, 40pies(40x40x5mm)	13	S/ 40.00	S/ 520.00
3	Placa de metal MS	1500x1500x8mm	2	S/ 50.00	S/ 100.00
4	Eje polaco MS	32mm (1000mm de longitud)	2	S/ 25.00	S/ 50.00
5	Tubo sin costura de metal MS	φ15x3000mm	1	S/ 75.00	S/ 75.00
6	Rodamiento	de bolas 6202	5	S/ 11.00	S/ 55.00
		UCP 206	5	S/ 22.00	S/ 110.00
7	Polea	3.3" con buje JA	3	S/ 93.00	S/ 279.00
		3.7" con buje JA	1	S/ 93.00	S/ 93.00
		4.1" con buje SH	1	S/ 127.00	S/ 127.00
		6" con buje SH	1	S/ 127.00	S/ 127.00
		8" con buje SDS	1	S/ 147.00	S/ 147.00
		17.7" con buje SH	1	S/ 127.00	S/ 127.00
8	Engranaje recto	2M 30T 20PA 30FW	3	S/ 160.00	S/ 480.00
		4M 30T 20PA 30FW	2	S/ 160.00	S/ 320.00
9	Correa trapezoidal	A48, A42, A29, B64	4	S/ 20.60	S/ 82.40
10	Tuerca	de perno	3	S/ 1.30	S/ 3.90
11	Latón	20x20x20mm	2	S/ 15.00	S/ 30.00
12	Motor monofásico	2 hp y 1425 rpm	1	S/ 800.00	S/ 800.00
13	Perfil aluminio T-slot	40x40x503mm	4	S/ 76.00	S/ 304.00
		40x40x1500mm	1	S/ 236.00	S/ 236.00
		40x40x405mm	4	S/ 76.00	S/ 304.00
		40x40x2000mm	2	S/ 236.00	S/ 472.00
14	Banda transportadora	400x2113mm PVC DUNLOPFLEX 2 telas	1	S/ 420.00	S/ 420.00
15	SopORTE de rodamiento	UCFL206 φ25mm	4	S/ 76.00	S/ 304.00
16	Rodamiento rígido de bolas	6206 φ25mm	4	S/ 33.50	S/ 134.00
17	Pintura	Anticorrosiva	1	S/ 62.00	S/ 62.00
18	Tornillería	Pernos M8+tuerca+arandelas	20	S/ 1.00	S/ 20.00
19	Interruptor termomagnético	32 A, curva C, 6kA, 220V	1	S/ 38.00	S/ 38.00
20	Contacto	25A	1	S/ 36.00	S/ 36.00
21	Relé Térmico	16A	1	S/ 169.35	S/ 169.35
22	Pulsador	Normalmente cerrado, 22mm (Stop y Start)	2	S/ 5.94	S/ 11.88
23	Indicador LED	Power ON, STOP	2	S/ 8.00	S/ 16.00
24	Caja montaje	Multicompartimiento	1	S/ 29.90	S/ 29.90
25	Bornes de conexión	Barra de bornes	1	S/ 4.76	S/ 4.76
26	Cable eléctrico	14 AWG	10	S/ 3.10	S/ 31.00
27		10 AWG	8	S/ 6.00	S/ 48.00
28	Accesorios de conexión	Terminales, tuercas, arandelas	1	S/ 40.00	S/ 40.00
29	Protector de tierra	Conductor verde	4	S/ 3.30	S/ 13.20
30	Canaleta	PVC 20 mm	6	S/ 8.90	S/ 53.40
31	Costo total del material				S/ 6,343.79
32	Costo de fabricación (30%)				S/ 1,903.14
33	Costo total de la máquina				S/ 8,246.93

Nota. Los precios unitarios considerados para la estimación del costo total de la máquina se detallan en los anexos del presente documento. Elaboración propia.

3.5.1. Costo fijo

Tabla 43. Costo total de la máquina.

<i>Item</i>	<i>Informe detallado</i>	<i>Valores</i>
1	Costo de la máquina	S/ 8246.93
2	Vida útil de la máquina (año)	10
3	Uso anual (Horas de trabajo por año)	768
4	Valor de rescate, (10% del costo de la máquina)	S/ 824.69
5	Tasa de interes (Anual)	10%

Nota. Elaboración propia.

La depreciación, reemplazamos en la ecuación (52),

$$D = \frac{8246.93 - 8246.93 \times 0.10}{10 \times 768} = 0.966 \text{ soles/hora}$$

Interés, reemplazamos en la ecuación (53),

$$I = \frac{8246.93 + 824.69}{2} \times \frac{0.10}{768} = 0.591 \text{ soles/hora}$$

Costo fijo total es,

$$\text{Costo fijo total} = 0.966 + 0.591 = 1.557 \text{ soles/hora}$$

3.5.2. Costo Variable

3.5.2.1. Costo de reparación y mantenimiento

Reemplazamos en la ecuación (54),

$$\text{Reparación y mantenimiento} = \frac{8246.93}{768} \times 0.10 = 1.074 \text{ soles/hora}$$

3.5.2.2. Salario laboral

$$L_c = 2 \times \frac{64}{8} = 16 \text{ soles/hora}$$

$$\text{Costo variable total} = 1.074 + 16 = 17.074 \text{ soles/hora}$$

3.5.3. Costo de operación

Reemplazamos en la ecuación (55),

$$CO = 1.557 + 17.074 = 18.631 \text{ soles/hora}$$

La capacidad de producción de la máquina extractora de biofibra de plátano proyectada es de 10.8 kg/h (Pandey, 2022). El costo de producción por kg de producción es de

$$\frac{18.631 \text{soles/h}}{10.8 \text{kg/h}} = 1.725 \text{soles/kg}$$

3.5.4. Punto de equilibrio

Tabla 44. *Parámetros del punto de equilibrio.*

<i>Ítem</i>	<i>Informe detallado</i>	<i>Valores</i>
1	Costo fijo (CF)	S/ 1.557
2	Costo variable (VC)	S/ 17.074
3	$VC + 20\% \times VC = OH$ (Costos indirectos)	S/ 20.489
4	$OH \times 20\%$ de beneficio	S/ 4.098
5	Cargo por contratación personalizada	S/ 24.586

Nota. Elaboración propia.

Reemplazamos en la ecuación (56),

$$BEP = \frac{1.557 \times 768}{24.586 - 17.074} = 159.176 \text{ h/año}$$

3.5.5. Periodo de recuperación

Reemplazamos en la ecuación (58),

$$ANP = (24.586 - 17.074) \times 768 = 5769.58 \text{ soles/año}$$

Reemplazamos en la ecuación (57)(58),

$$PBP = \frac{8246.93}{5769.58} = 1.429 \text{ años} \cong 1 \text{ año } 5 \text{ meses}$$

Tabla 45. *Economía de costos de la máquina extractora de biofibra de plátano.*

<i>Ítem</i>	<i>Detalles</i>	<i>Cantidad</i>
1	Costo de la máquina	S/ 8246.93
2	Vida útil de la máquina (año)	10
3	Uso anual (Horas de trabajo por año)	S/ 768.00
4	Costo fijo (CF)	S/ 1.557
5	Costo variable (VC)	S/ 17.074
6	Costo de operación	S/ 18.631
7	Costo total de operación	S/ 1.725
8	Punto de equilibrio	159.176
9	Periodo de recuperación	1.429

Nota. Elaboración propia.

La evaluación económica se realizó considerando una capacidad de producción referencial de 10.8 kg/h, tomada como base para la estimación de los indicadores económicos del diseño propuesto. Bajo este supuesto, se proyecta una producción anual de 8294.4 kg, lo que permitiría distribuir los costos operativos en un mayor volumen de producto. Estos resultados constituyen una estimación teórica del desempeño económico de la máquina y sirven como referencia para evaluar la viabilidad económica preliminar del diseño, quedando sujetos a validación mediante la construcción y evaluación experimental de un prototipo.

3.5.6. Evaluación Van/TIR

3.5.6.1. Flujo de egresos

Se determina considerando costo de la máquina y los costos operativos asociados al funcionamiento de la máquina extractora de biofibra. El costo operativo anualmente es,

$$COA = 768 \times 18.631 = 14308.608 \text{ soles}$$

Para el primer año, el egreso anual es,

$$EA1 = 8246.93 + 14308.608 = 22555.42 \text{ soles}$$

Tabla 46. *Flujo de egreso.*

<i>Flujo de egreso</i>	
<i>Año</i>	<i>Egresos</i>
1	S/ 22,555.42
2	S/ 14,308.50
3	S/ 14,308.50
4	S/ 14,308.50
5	S/ 14,308.50
6	S/ 14,308.50
7	S/ 14,308.50
8	S/ 14,308.50
9	S/ 14,308.50
10	S/ 14,308.50

Nota. Elaboración propia.

3.5.6.2. Flujo de ingresos

El ingreso anual se mantiene constante durante la vida útil del proyecto, ya que depende directamente de la capacidad de operación de la máquina y del precio del servicio establecido, se ha determina considerando el precio del servicio de extracción de biofibra por hora y las horas de operación anual de la máquina. El ingreso anual se calcula como,

$$IA = 24.586 \times 768 = 18882.277 \text{ soles}$$

Tabla 47. *Flujo de ingreso.*

<i>Flujo de ingresos</i>	
<i>Año</i>	<i>Ingresos</i>
1	S/ 18,882.277
2	S/ 18,882.277
3	S/ 18,882.277
4	S/ 18,882.277
5	S/ 18,882.277
6	S/ 18,882.277
7	S/ 18,882.277
8	S/ 18,882.277
9	S/ 18,882.277
10	S/ 18,882.277

Nota. Elaboración propia.

3.5.6.3. Flujo de efectivo Neto

El flujo de efectivo neto del proyecto se ha determinado a partir de la diferencia entre los ingresos anuales generados por la operación de la máquina y los egresos asociados a su funcionamiento.

Tabla 48. *Flujo de efectivo neto.*

Flujo-Efectivo Neto	
Año	Efec. Neto
1	-S/ 3,673.147
2	S/ 4,573.780
3	S/ 4,573.780
4	S/ 4,573.780
5	S/ 4,573.780
6	S/ 4,573.780
7	S/ 4,573.780
8	S/ 4,573.780
9	S/ 4,573.780
10	S/ 4,573.780

Nota. Elaboración propia.

Tabla 49. *Flujo de caja*

Año	Flujo de caja
0	-S/ 8,246.93
1	-S/ 3,673.147
2	S/ 4,573.780
3	S/ 4,573.780
4	S/ 4,573.780
5	S/ 4,573.780
6	S/ 4,573.780
7	S/ 4,573.780
8	S/ 4,573.780
9	S/ 4,573.780
10	S/ 4,573.780

Nota. Elaboración propia.

Considerando una tasa de interés anual del 10%, reemplazamos en la ecuación (59) y (60)

$$\text{Tasa de descuento (K)} \quad 10\%$$

$$TIR > K$$

TIR	29%	RENTABLE
VAN	S/ 12359.77	GANANCIAS

Los resultados de la evaluación económica muestran que, bajo las condiciones y supuestos considerados en el diseño, la TIR alcanza un valor de 29%, superior a la tasa de descuento establecida. Asimismo, el VAN presenta un valor positivo de S/ 12,359.77. Estos indicadores sugieren una viabilidad económica favorable del diseño propuesto desde una perspectiva teórica. Sin embargo, dichos resultados corresponden a una proyección económica basada en parámetros de diseño y deberán ser validados mediante la construcción y evaluación experimental de un prototipo.

Se realizó la evaluación económica de la máquina existente implementada en la comunidad, desarrollada en el marco del proyecto impulsado por la Fundación CODESPA.

Tabla 50. Evaluación económica de la máquina existente.

Item	Informe detallado	Valores
1	Costo de la máquina	S/ 7,200.00
2	Vida útil de la máquina (año)	10
3	Uso anual (Horas de trabajo por año)	768
4	Valor de rescate, (10% del costo de la máquina)	S/ 720.00
5	Tasa de interes (Anual)	10%
6	Depreciación	S/ 0.844
7	Interés	S/ 0.516
8	Costo fijo	S/ 1.359
9	Costo de reparación y mantenimiento	S/ 0.938
10	Salario laboral	S/ 16
11	Costo Variable	S/ 16.938
12	Costo de operación	S/ 18.297
13	Capacidad de producción (kg/h)	7.5
14	Costo de producción	S/ 2.440
15	Venta de biofibra de plátano por kg	S/ 3
		TIR 21%

<i>VAN</i>	<i>S/ 6089.21</i>
-------------------	--------------------------

Nota. Elaboración propia.

Tabla 51. Comparación entre máquina existente y propuesta.

<i>Parámetro</i>	<i>Máquina existente</i>	<i>Máquina propuesta</i>
<i>Costo de la máquina (S/)</i>	<i>S/. 7200</i>	<i>S/8235.50</i>
<i>Capacidad de producción (kg/h)</i>	<i>7.5 kg/h</i>	<i>10.8 kg/h</i>
<i>Costo de producción</i>	<i>2.44 soles/kg</i>	<i>1.725 soles/kg</i>
<i>Costo de operación</i>	<i>18.297 soles/h</i>	<i>18.631 soles/h</i>
<i>Producción anual</i>	<i>5760 kg/año</i>	<i>8294.40 kg/año</i>
<i>VAN</i>	<i>S/6089.21</i>	<i>S/12359.77</i>
<i>TIR (%)</i>	<i>21%</i>	<i>29%</i>
<i>Interacción del operario</i>	<i>Alta</i>	<i>Reducida</i>

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con los parámetros considerados en el diseño y la evaluación realizada, la máquina propuesta proyecta una capacidad de producción referencial de 10.8 kg/h, superior a los 7.5 kg/h reportados en la referencia utilizada para la comparación. Bajo estas condiciones, se estima una reducción del costo de producción de 2.440 soles/kg a 1.725 soles/kg, debido a la mayor capacidad de procesamiento considerada en el análisis, además, el diseño incorpora mecanismos de alimentación y extracción que podrían disminuir el contacto directo del operario con el pseudotallo de plátano, contribuyendo potencialmente a mejorar las condiciones de seguridad y a reducir el esfuerzo físico durante la operación. Estos resultados corresponden a una evaluación teórica del diseño y deberán ser validados mediante pruebas experimentales en un prototipo funcional.

IV. DISCUSIÓN

La presente tesis se orienta al diseño de una máquina extractora de biofibra de pseudotallo de plátano, con un enfoque adaptado a condiciones productivas locales y a una escala no industrial. A diferencia de investigaciones que priorizan altos volúmenes de producción o configuraciones

industriales, este trabajo se centra en la viabilidad mecánica del sistema, la simplicidad constructiva y la adecuación del proceso de desfibrado a las propiedades físicas del pseudotallo.

En la tesis desarrollada por Espín y Tello (2015) se diseñó y construyó una desfibradora destinada al procesamiento de hojas y pseudotallos con fines industriales, empleando una estructura robusta y un sistema de accionamiento de mayor potencia. En contraste, en la presente investigación se optó por un diseño de menor escala, priorizando la eficiencia del desfibrado sin incrementar innecesariamente la potencia requerida. Esta diferencia responde principalmente al contexto de aplicación, ya que el diseño propuesto está orientado a un uso comunitario y a capacidades productivas moderadas.

Por su parte, Salgado (2017) desarrolló una máquina desfibradora específicamente para tallos de banano, logrando tiempos de procesamiento reducidos mediante un sistema mecánico de operación continua. Si bien el principio de desfibrado empleado guarda similitud con el adoptado en esta tesis, el diseño presentado en el presente trabajo pone mayor énfasis en la preservación de la integridad de la fibra, priorizando la calidad del material obtenido frente a la maximización de la velocidad de extracción.

En la investigación realizada por Khan (2020) se diseñó una máquina combinada para la extracción de fibra a partir de tallos de banano y hojas de piña, incorporando un sistema versátil capaz de procesar distintos tipos de biomasa vegetal. A diferencia de dicho enfoque, la presente tesis se concentró exclusivamente en el pseudotallo de plátano, lo que permitió optimizar el sistema de desfibrado considerando las características específicas de este material, reduciendo la complejidad mecánica y facilitando tanto su fabricación como su mantenimiento.

De manera similar, Poudel et al. (2019) y Shinde et al. (2022) reportan diseños de máquinas extractoras orientadas a incrementar la productividad mediante configuraciones ajustables y sistemas de transmisión más complejos. En comparación, el diseño desarrollado en esta tesis adopta un enfoque más conservador, donde la selección de componentes estándar y sistemas de transmisión por correas y poleas responde a criterios de disponibilidad local, bajo costo y facilidad de reemplazo, aspectos clave para su implementación en entornos rurales o semiindustriales.

En el caso de Veera et al. (2021), se presenta una máquina desfibradora de operación manual destinada a aplicaciones agrícolas, en la cual la reducción de costos se logra a expensas de

una mayor intervención del operador. En contraste, la presente tesis propone un sistema accionado eléctricamente, lo que permite reducir significativamente el esfuerzo físico del operador y mejorar las condiciones de seguridad durante el proceso de extracción, manteniendo una estructura mecánica relativamente simple.

Asimismo, Eredia (2024) desarrolló una máquina desfibradora para hojas de agave, alcanzando capacidades de producción comparables a las estimadas en este estudio, aunque aplicadas a un material vegetal distinto. Esta comparación permite evidenciar que, aun considerando diferencias en la morfología del material procesado, los parámetros de diseño seleccionados en la presente tesis —como la potencia del motor y el sistema de transmisión— se encuentran dentro de rangos técnicamente aceptables para procesos de desfibrado de biomasa vegetal.

Desde el punto de vista de las propiedades de la fibra obtenida, investigaciones como las de Mohan y Rao (2007) y Alves et al. (2013) señalan que la resistencia mecánica y la calidad de las fibras naturales dependen en gran medida del método de extracción y de los esfuerzos mecánicos aplicados durante el proceso. En concordancia con estos criterios, el diseño propuesto busca minimizar el daño estructural de la fibra durante el desfibrado, alineándose con los objetivos de obtener un material apto para aplicaciones artesanales y productivas.

En conjunto, el análisis comparativo tesis por tesis permite afirmar que el diseño desarrollado en el presente trabajo no busca replicar soluciones industriales de alta capacidad, sino adaptar principios de ingeniería mecánica previamente validados a un contexto específico de aprovechamiento del pseudotallo de plátano. Las diferencias observadas respecto a otros estudios responden principalmente a criterios de escala, tipo de material procesado y condiciones de operación, sin comprometer la funcionalidad ni la viabilidad técnica del sistema.

Finalmente, la discusión realizada confirma que la máquina extractora de biofibra diseñada constituye una alternativa técnicamente coherente y fundamentada, que se integra de manera adecuada al estado del arte existente y aporta una solución ajustada a las necesidades productivas locales, estableciendo una base sólida para futuras investigaciones orientadas a la optimización del proceso de desfibrado y a la mejora del desempeño del sistema.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El diseño CAD/CAE de la máquina para la extracción de biofibra de pseudotallo de plátano permitió desarrollar una solución técnica orientada a mejorar la eficiencia del proceso de extracción, reduciendo el tiempo de procesamiento en comparación con los métodos manuales utilizados en la comunidad de Santa Rosa de Pagkintsa, contribuyendo a incrementar la productividad y la capacidad de aprovechamiento del residuo agrícola.
- A partir del análisis de campo realizado en la comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa, se logró definir parámetros de diseño acordes a las condiciones locales, tales como disponibilidad de materia prima, características del pseudotallo y limitaciones operativas, lo que garantiza que la propuesta tecnológica sea funcional y adaptable al contexto real de la zona.
- La determinación y el dimensionamiento de los requerimientos mecánicos, eléctricos y de automatización permitieron asegurar que la máquina tenga la capacidad adecuada para la extracción eficiente de biofibra, obteniendo una fibra con mayor uniformidad y menor presencia de irregularidades respecto a los métodos tradicionales, lo que amplía sus posibilidades de aplicación en la fabricación de productos textiles.
- El diseño del sistema electrónico y de control propuesto posibilita una operación más segura, estable y repetible del proceso de extracción, reduciendo la dependencia de la fuerza manual y mejorando las condiciones de trabajo de los usuarios, lo que contribuye al desarrollo social y tecnológico de la comunidad.
- La evaluación económica realizada, bajo los parámetros considerados en el diseño, muestra indicadores financieros favorables, obteniéndose un VAN positivo y una TIR superior a la tasa de descuento establecida, que sugiere una viabilidad económica preliminar del diseño propuesto. El costo estimado de fabricación se encuentra dentro de un rango que podría facilitar su futura implementación en comunidades agrícolas. En ese sentido, el diseño plantea una alternativa con potencial para contribuir al aprovechamiento del pseudotallo de plátano; sin embargo, los resultados obtenidos corresponden a una proyección teórica y requieren validación mediante la construcción y evaluación experimental de un prototipo funcional.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar pruebas experimentales a escala real del prototipo, con el fin de validar los parámetros de operación definidos en el diseño, tales como la velocidad de los rodillos, la presión de extracción y el contenido de humedad del pseudotallo, permitiendo optimizar aún más el rendimiento y la calidad de la biofibra obtenida.
- Se sugiere evaluar la incorporación de sensores adicionales y sistemas de monitoreo que permitan un control más preciso del proceso de extracción, lo cual podría mejorar la eficiencia energética y la seguridad operativa de la máquina.
- Con ligeras modificaciones en el sistema de extracción y ajuste de parámetros, el diseño de la máquina podría adaptarse para el procesamiento de biofibras provenientes de otras plantas fibrosas, como sisal o hojas de piña, ampliando su campo de aplicación y su impacto económico.
- Se recomienda implementar programas de capacitación dirigidos a los usuarios finales de la comunidad, orientados al uso, mantenimiento preventivo y seguridad en la operación de la máquina, con el objetivo de prolongar su vida útil y asegurar un aprovechamiento adecuado de la tecnología propuesta.
- Para futuras investigaciones, se sugiere realizar un análisis comparativo entre la biofibra obtenida mediante el uso de la máquina diseñada y biofibras comerciales, evaluando propiedades mecánicas y de calidad, a fin de fortalecer su potencial de inserción en mercados textiles y productivos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROPERU. (2025). *La selva de ocho regiones soportará lluvia de moderada intensidad*. Recuperado el 15 de marzo de 2026, de <https://www.agroperu.pe/la-selva-de-ocho-regiones-soportara-lluvia-de-moderada-intensidad/>
- Aibitech Perú. (2026). *Venta de maquinaria, equipos y componentes industriales*. Recuperado el 10 de febrero de 2026, de <https://www.aibitech.com/>
- Akaaimo, D. I., & Raji, A. O. (2006). Some physical and engineering properties of *Prosopis africana* seed. *Biosystems Engineering*, 95(2), 197–205.
<https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.06.005>
- Albi. (2025). *Fajas y rodamientos industriales*. Recuperado el 20 de noviembre de 2025, de <https://albi.com.pe/>
- Alves, M., Castro, T., Martins, O., Andrade, F., & Toledo, R. (2013). The effect of fiber morphology on the tensile strength of natural fibers. *Journal of Materials Research and Technology*, 2(2), 149–157. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2013.02.003>
- Aquino, F., & Celis, J. (2019). *Diseño de una máquina desfibradora de fibra de vidrio con capacidad de 180 kg/h para el distrito de José Leonardo Ortiz, Chiclayo* [Tesis de pregrado, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6374>
- Arenas, E., & León, J. (2012). *Correas y poleas: Manual de cálculo y selección*. Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Industrial de Santander.
<https://www.studocu.com/co/document/universidad-industrial-de-santander/disenografico/manual-de-poleas-final-libro/27031763>
- Aria. (2025). *Módulo de elasticidad: una guía completa*. Recuperado el 05 de enero de 2026, de <https://www.madearia.com/>
- Aymachoque, L. (2024). *Informe técnico del proceso y funcionamiento de la máquina extractora de biofibra de pseudotallo de plátano*. Instituto de Investigación Cooperativo de Café y Cacao, Universidad Nacional de Jaén.
- BEP Ltd. (2025). *Proveedor de rodamientos, transmisiones de potencia y componentes*

- industriales*. Recuperado el 12 de octubre de 2025, de <https://bepltd.com/>
- Berklín Perú. (2026). *Motor eléctrico trifásico de 2 HP, 1750 rpm*. Recuperado el 18 de febrero de 2026, de <https://berklin.com.pe/products/motor-electrico-trifasico-de-2hp-1750rpm>
- Budynas, R., & Nisbett, J. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (9.^a ed.). McGraw-Hill.
<http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elementoMaquina/material/libroCabecera.pdf>
- CNC Perú. (2026). *Perfil T-Slot 4040 negro estructural para CNC y robótica*. Recuperado el 22 de enero de 2026, de <https://cnc.pe/producto/perfil-t-slot-4040-negro-estructural-cnc-y-robotica/>
- DIPAC. (2020). *Catálogo de productos de acero*. Recuperado el 22 de noviembre de 2025, de <https://dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf>
- Domínguez, L., Velasco, A., Jácome, P., & García, I. (2022). Alternativa de diseño para automatizar el proceso de desfibrado manual en la obtención de fibras naturales usando SolidWorks 2020. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 130–144.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3476
- Dunlop. (2025). *Manual de correas de transmisión industrial Dunlop*. Recuperado el 03 de diciembre de 2025, de <https://es.scribd.com/document/378494891/MANUAL-Correas-Dunlop-alumnos-pdf>
- Eredia, G. (2024). *Diseño de una máquina desfibradora de hojas de agave* [Tesis de pregrado, Carrera de Ingeniería Mecánica, Facultad de la Energía, Universidad Nacional de Loja].
<https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/28739>
- Espín, L., & Tello, J. (2015). *Diseño y construcción de una desfibradora de hojas y pseudotallos para obtener material lignocelulósico* [Tesis de pregrado, Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9221>
- Explainthatstuff. (2025). *How strain gauges work*. Recuperado el 28 de noviembre de 2025, de <https://www.explainthatstuff.com/straingauge.html>

- Ferretería Jireh. (2025). *Perno hexagonal de 1/2 pulgada por 2 1/2 pulgadas con tuerca*. Recuperado el 14 de octubre de 2025, de <https://ferreteriajireh.com.pe/p/perno-hexagonal-1-2x2-1-2-con-tuerca/3013>
- Fitsum, A., Mekasha, T., & Firew, G. (2019). Design and fabrication of areca fiber extraction machine. *SSRN Electronic Journal*. <https://ssrn.com/abstract=3391708>
- Geethamma, V., Mathew, K. T., Lakshminarayanan, R., & Thomas, S. (1998). Composite of short coir fibres and natural rubber: Effect of chemical modification, loading and orientation of fibre. *Polymer*, 39(6), 1483–1491. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(97\)00422-9](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(97)00422-9)
- Gobierno Regional de Amazonas. (2025). *Creación del servicio de transitabilidad entre las comunidades de Juan Velasco Alvarado – Pagkintsa – Bajo Pupuntas – Tsamajain, distrito de Nieva, provincia de Condorcanqui, Amazonas*.
- Grupo COINP S.A.C. (2026). *Soluciones eléctricas, automatización y distribución de materiales eléctricos*. Recuperado el 09 de marzo de 2026, de <https://grupocoinp.com/>
- HVH Industrial Solutions. (2025). *Distribución de componentes industriales para transmisión de potencia y automatización*. Recuperado el 17 de septiembre de 2025, de <https://hvhindustrial.com/>
- INEI. (2022). *Producción nacional*. Recuperado el 11 de enero de 2026, de <https://m.inei.gob.pe/>
- Inforegión. (2026). *Invierten S/1 millón en proyectos de cacao y plátano para comunidades awajún de Amazonas*. Recuperado el 08 de abril de 2026, de <https://inforegion.pe/>
- Intermec. (2025). *Bujes QD: ejes permisibles con cuñero estándar para sistemas de transmisión de potencia*. Recuperado el 19 de diciembre de 2025, de [https://www.intermec.com.co/Pdf/Ejes_Maximos_QD_Fin%20\(1\).pdf](https://www.intermec.com.co/Pdf/Ejes_Maximos_QD_Fin%20(1).pdf)
- Intermec. (2023). *Poleas en V para transmisión de potencia*. Recuperado el 04 de febrero de 2026, de <https://www.intermec.com.co/>
- Jordan. (2026). *Contactor Next Line 25A AC220V modelo NXC-25 (INA + INC) marca CHINT*. Recuperado el 21 de marzo de 2026, de <https://www.jordanperu.com/>
- Kamboj, P., Khurana, R., & Dixit, A. (2012). Farm machinery services provided by selected

- cooperative societies. *Indian Journal of Agricultural Economics*, 14(4), 123–133.
- Kepner, R. A., Bainer, R., & Barger, E. L. (2005). *Principles of farm machinery* (3rd ed.). CBS Publishers.
- Khan, F. (2020). *Design and fabrication of combined fiber extracting machine for banana stems and pineapple leaves* [Tesis de maestría, Department of Mechanical Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology].
<http://lib.buet.ac.bd:8080/xmlui/handle/123456789/5808>
- Khurmi, R. S., & Grupta, J. K. (2005). *Machine design* (14th ed.). Eurasia Publishing House.
<http://hdl.handle.net/123456789/1338>
- Martin. (s.f.). *Nomenclatura de poleas*. Recuperado el 07 de octubre de 2025, de
<https://es.martinsprocket.com/>
- Mayo Clinic. (2024). *Alergia al látex*. Recuperado el 13 de enero de 2025, de
<https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/latex-allergy/symptoms-causes/syc-20374287>
- Fundación “la Caixa”. (2024). *Jóvenes de la Amazonía transforman excedentes de plátano en empleo y sostenibilidad*. Recuperado el 2 de febrero de 2026, de
<https://mediahub.fundacionlacaixa.org/>
- Mesías Quijije, J. A. (2023). *Biopolímero a base del pseudotallo del plátano usado en empaques biodegradables* [Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí].
<https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/4651>
- Mohan, K., & Rao, K. M. (2007). Extraction and tensile properties of natural fibers: Vakka, date and bamboo. *Composite Structures*, 77, 288–295.
<https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2005.07.023>
- Networking Noticias. (2025). *Amazonas: productores obtienen biofibra y hojuelas del plátano a partir del aprovechamiento del pseudotallo*. Recuperado el 30 de noviembre de 2025, de
<https://networkingnoticias.pe/>
- Obregón, A., Saavedra, R., & Vela, R. (2022). Optimización del secado del pseudotallo de plátano

(*Musa paradisiaca*) y su potencial uso como material vegetal biodegradable.

<https://portal.amelica.org/>

Ortiz, E. (2021). *Ingeniería económica ¡para todos!* (1.^a ed.). Editorial Universidad de Nariño.

<https://sired.udenar.edu.co/7337/1/Ingenieria%20economica%20para%20todos.pdf>

Parkwood Skin Clinic. (2024). *Cómo controlar la urticaria colinérgica en climas cálidos*.

Recuperado el 18 de febrero de 2026, de <https://parkwoodskinclinic.com/>

Pandey, S. (2022). *Design, development and techno-economic evaluation of banana fiber extractor* [Tesis doctoral, Department of Farm Machinery and Power Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Indira Gandhi Krishi Vishwavidyalaya].

<https://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/5810213231>

Pedraza, C. (2019). *Caracterización de la fibra del pseudotallo de plátano como refuerzo y desarrollo de un material compuesto para fabricación de tejas* [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia].

<http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2768>

Polo, C. & Ordóñez, L. (2017). *Experimentación con la fibra de banano (*Musa acuminata*) para la innovación de las artesanías de la provincia de El Oro* [Tesis de pregrado, Facultad de Diseño, Arquitectura y Arte, Universidad del Azuay].

<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7154>

Portillo Robles, G. J. (2025). *Adsorción del azul de metileno aplicando pseudotallo de *Musa paradisiaca* L. en soluciones acuosas a nivel de laboratorio* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].

<https://repositorio.unas.edu.pe/items/007487a2-4990-463c-bc0a-f1860cf548e2>

Poudel, S., Chapai, S., Subedi, R. K., Giri, T. R., & Adhikari, S. (2019). Design, fabrication and testing of banana fibre extraction machine. *Journal of Innovations in Engineering Education*, 2(1), 165–173. <https://doi.org/10.3126/jiee.v2i1.36668>

PressPerú. (2025). *Economía circular: productores de Amazonas obtienen biofibra y hojuelas de plátano aprovechando la producción de descarte*. Recuperado el 06 de diciembre de 2025, de <https://pressperu.com/>

- Promart Homecenter. (2026). *Tienda de mejoramiento del hogar, construcción y venta de materiales y herramientas*. Recuperado el 12 de marzo de 2026, de <https://www.promart.pe/>
- Rajesh, B., Kousigan, A., Mithunraj, S., & Mohammed, S. (2023). Design and fabrication of banana fiber extraction machine. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 10(4), 230–234.
- Rodasur (2026). *Soporte con rodamiento tipo UCP206-18 DPI para aplicaciones industriales*. Recuperado el 25 de marzo de 2026, de <https://lima.rodasur.com/>
- Rojas, G. (2017). *Efecto del reemplazo por fibras de plátano en resina poliéster con fibra de vidrio sobre su resistencia al impacto* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/17267>
- Rueda, & Medina, R. (2017). *Paneles de yeso con fibra de banano y su uso en la construcción* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/17514>
- Saisac Mecatrónica. (2026). *Indicador LED de 220V para tableros eléctricos*. Recuperado el 14 de abril de 2026, de <https://mecatronica.saisac.pe/>
- Salgado, F. (2017). *Diseño y construcción de una máquina desfibradora de tallos de banano* [Tesis de pregrado, Carrera de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Internacional SEK]. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2181>
- Satyanarayana, K. G., Sukumaran, K., Kulkarni, A., Pillai, S., & Rohatgi, P. (1986). Fabrication and properties of natural fibre-reinforced polyester composites. *Materials Science and Engineering*, 17(4), 329–333.
- Shinde, P., Magade, P., & Magade, S. (2022). Design, development and testing of banana fiber extraction machine. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, 71(4), 1325–1339.
- Sigelec. (2026). *Borne de conexión simple de 6 mm² con tornillo tipo Viking 3 paso 8 mm*. Recuperado el 08 de marzo de 2026, de <https://www.sigelec.com.pe/>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2021). *Determinación del área de*

prestación de servicios del departamento de Amazonas (Informe técnico). Recuperado el 15 de octubre de 2025, de <https://geo.ceplan.gob.pe/>

Tamayo Abril, J. C., Abad B., K., Mogrovejo, X., & Rojas, F. (2012). *Experimentación y posibles aplicaciones de la fibra de banano al campo textil* [Tesis de pregrado, Facultad de Diseño, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/288>

Veera, C., Vignesh, K., Subash, V., Robinson, R., Ragashwar, M., & Panicker, C. T. J. (2021). Design and fabrication of manually operated banana fiber extracting machine for agriculture applications. *Materials Today: Proceedings*, 45, 8199–8202.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.095>

VII. DEDICATORIA

A mis padres, Anaximandro Vásquez Castillo y Olga Fernández Torres, por su ejemplo, apoyo incondicional y confianza permanente, pilares fundamentales de mi formación personal y profesional. Este logro les pertenece también a ustedes, por el respaldo constante, por los sacrificios silenciosos y por la confianza depositada en mí a lo largo de este camino, incluso cuando los obstáculos parecían mayores. A mis hermanas, por su acompañamiento constante y apoyo sincero en cada etapa del camino. A Dios, por brindarme la fortaleza, guía y sabiduría necesarias para alcanzar esta importante meta profesional.

Isac Aldair Vásquez Fernández

A Dios, por ser mi guía constante y por brindarme la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta importante etapa de mi vida. A mis padres, Heriberto Zapata Navarro y Anelida Díaz Becerra, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo permanente desde el inicio de mi formación profesional. Este logro es también fruto de su esfuerzo, paciencia y ejemplo de vida. A todas las personas que confiaron en mí a lo largo de este camino académico, brindándome palabras de aliento, motivación y apoyo en los momentos más desafiantes.

José Fernando Zapata Díaz

VIII. AGRADECIMIENTO

Extendemos nuestra sincera gratitud a nuestro asesor, Lenin Franchescoeth Núñez Pintado, por orientarnos e impulsarnos durante todo el desarrollo del presente proyecto de tesis. Su acompañamiento académico, disposición permanente y valiosos aportes fueron fundamentales para la correcta estructuración del trabajo, así como para la toma de decisiones técnicas y metodológicas que permitieron consolidar los objetivos planteados.

Expresamos un especial agradecimiento a nuestra coasesora, Carla Guianella Samaniego Lalangui, cuya guía y visión innovadora fueron determinantes desde la etapa inicial del proyecto. Su liderazgo en la pasantía tecnológica de innovación, desarrollada en el marco del proyecto, nos permitió conocer de cerca la realidad de las comunidades rurales, el trabajo en campo y las necesidades existentes, orientándonos de manera decisiva en la elección del tema de investigación.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Longitud primitiva nominal de las correas

Correa Nº.	Z		A		B		C		D		E	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
15			16,3	414								
16			17,3	439								
17			18,3	465								
18			19,3	490								
19			20,3	516								
20	19,5	495	21,3	541								
21			22,3	566								
22	21,5	546	23,3	592								
23	22,5	571	24,3	617								
24	23,5	596	25,3	643								
25			26,3	668								
26	25,5	647	27,3	693								
27			28,3	719								
28	27,5	698	29,3	744								
29	28,5	724	30,3	770	30,8	782						
30	29,5	749	31,3	795	31,8	808						
31	30,5	774	32,3	820	32,8	833						
32	31,5	800	33,3	846	33,8	859						
33	32,5	825	34,3	871	34,8	884						
34	33,5	851	35,3	897	35,8	909						
35	34,5	876	36,3	922	36,8	935						
36	35,5	901	37,3	947	37,8	960						
37	36,5	927	38,3	973	38,8	986						
38	37,5	953	39,3	998	39,8	1011						
39	38,5	978	40,3	1024	40,8	1036						
40	39,5	1003	41,3	1049	41,8	1062						
41	40,5	1028	42,3	1074	42,8	1087						
42	41,5	1024	43,3	1100	43,8	1113						
43	42,5	1080	44,3	1125	44,8	1138						
44	43,5	1104	45,3	1151	45,8	1163	46,9	1191				
45			46,3	1176	46,8	1189	47,9	1217				
46	45,5	1155	47,3	1201	47,8	1214	48,9	1242				
47			48,3	1227	48,8	1240	49,9	1267				
48	47,5	1206	49,3	1252	49,8	1265	50,9	1293				
49			50,3	1278	50,8	1290	51,9	1318				
50			51,3	1303	51,8	1316	52,9	1344				
51			52,3	1328	52,8	1341	53,9	1369				
52			53,3	1354	53,8	1367	54,9	1394				
53			54,3	1379	54,8	1392	55,9	1420				
54			55,3	1405	55,8	1417	56,9	1445				
55			56,3	1430	56,8	1443	57,9	1471				
56			57,3	1455	57,8	1468	58,9	1496				
57			58,3	1481	58,8	1494	59,9	1521				
58			59,3	1506	59,8	1519	60,9	1547				
59			60,3	1532	60,8	1544	61,9	1572				
60			61,3	1557	61,8	1570	62,9	1598				
61			62,3	1582	62,8	1595	63,9	1623				
62			63,3	1608	63,8	1621	64,9	1648				
63			64,3	1633	64,8	1646	65,9	1674				
64			65,3	1659	65,8	1671	66,9	1699				
65			66,3	1684	66,8	1697	67,9	1725				
66			67,3	1709	67,8	1722	68,9	1750				
67			68,3	1735	68,8	1748	69,9	1775				
68			69,3	1760	69,8	1773	70,9	1801				
69			70,3	1786	70,8	1798	71,9	1826				
70			71,3	1811	71,8	1824	72,9	1852				
71			72,3	1836	72,8	1849	73,9	1877				
72			73,3	1862	73,8	1875	74,9	1902				
73			74,3	1887	74,8	1900	75,9	1928				

Nota. Obtenido de (Dunlop, 2025)

Anexo 2. *Factor de corrección en función de la longitud de la correa.*

Referencia de la longitud nominal	SECCIÓN DE LA CORREA					
	Z	A	B	C	D	E
16	0,80					
24	0,83					
26	0,84	0,81				
31	0,89	0,84				
35	0,92	0,87	0,81			
38	0,93	0,88	0,83			
42	0,95	0,90	0,85			
46	0,97	0,92	0,87			
51	0,99	0,94	0,89	0,8		
55	1,00	0,96	0,9	0,81		
60		0,98	0,92	0,82		
68		1,00	0,95	0,85		
75		1,02	0,97	0,87		
80		1,04	0,98	0,89		
81		1,04	0,98	0,89		
85		1,05	0,99	0,9		
90		1,06	1,00	0,91		
96		1,08	1,02	0,92		
97		1,08	1,02	0,92		
105		1,10	1,04	0,94		
112		1,11	1,05	0,95		
120		1,13	1,07	0,97	0,86	
128		1,14	1,08	0,98	0,87	
144			1,11	1,00	0,9	
158			1,13	1,02	0,92	
173			1,15	1,04	0,93	
180			1,16	1,05	0,94	0,91
195			1,18	1,07	0,96	0,92
210			1,19	1,08	0,98	0,94
240			1,22	1,11	1,00	0,96
270			1,25	1,14	1,03	0,99
300			1,27	1,16	1,05	1,01
330				1,19	1,07	1,03
360				1,21	1,09	1,05
390				1,23	1,11	1,07
420				1,24	1,12	1,09
480					1,16	1,12
540					1,18	1,14
600					1,2	1,17
660					1,23	1,19

Nota. Obtenido de (Dunlop, 2025)

Anexo 3. *Factor de corrección para el ángulo de contacto.*

$\frac{(D_{pp} - d_{pp})}{C}$	FACTOR DE CORRECCION	
	poleas acanaladas	polea acanalada / plana
0,000	1,00	0,75
0,087	0,99	0,76
0,175	0,98	0,77
0,228	0,97	0,78
0,280	0,96	0,79
0,350	0,95	0,80
0,403	0,94	0,81
0,456	0,93	0,81
0,526	0,92	0,82
0,578	0,91	0,83
0,631	0,90	0,83
0,701	0,89	0,84
0,754	0,88	0,85
0,807	0,87	0,85
0,877	0,86	0,86
0,929	0,85	0,85
0,982	0,84	0,84
1,052	0,82	0,82
1,087	0,81	0,81
1,140	0,80	0,80
1,175	0,79	0,79
1,228	0,78	0,78
1,263	0,77	0,77
1,298	0,77	0,77
1,333	0,76	0,76
1,368	0,75	0,75
1,403	0,74	0,74
1,438	0,73	0,73
1,473	0,72	0,72
1,508	0,71	0,71
1,543	0,70	0,70
1,578	0,69	0,69

Nota. Obtenido de (Dunlop, 2025)

Anexo 4. Valores para realizar el diagrama de fuerza cortante y momento flector en el eje y.

VERTICALMENTE					X inicial	Xfinal	Puntos	V	M						
	A	B	C	D			F	-841.631	0						
Tramo 1	0.00	0.00	-841.63	0.00	0.00	44.33	E	-969.148	-37309.5						
Tramo 2	0.00	0.00	-969.15	5652.83	44.33	82.35	B	257.49	-74156.51						
Tramo 3	0.00	0.00	257.49	-95360.81	82.35	157.35	H	257.38	-54853.41						
Tramo 4	0.00	-0.307	353.99	-102953.18	157.35	557.35	G	0	52.53						
Tramo 5	0.00	0.000	0.00	52.53	557.35	632.35	A	0	52.53						

CARGAS VERTICALES															
	Tramo 1			Tramo 2			Tramo 3			Tramo 4			Tramo 5		
	x	V	M	x	V	M	x	V	M	x	V	M	x	V	M
1	0	-841.631	0	44.33	-969.148	-37309.502	82.35	257.49	-74156.509	157.35	257.3801	-54853.405	557.35	0	52.530
2	3.166	-841.631	-2664.964	47.046	-969.148	-39941.431	87.707	257.49	-72777.098	185.921	239.83724	-47750.300	562.707	0	52.530
3	6.333	-841.631	-5329.929	49.761	-969.148	-42573.360	93.064	257.49	-71397.687	214.493	222.29439	-41148.420	568.064	0	52.530
4	9.499	-841.631	-7994.893	52.477	-969.148	-45205.289	98.421	257.49	-70018.276	243.064	204.75153	-35047.764	573.421	0	52.530
5	12.666	-841.631	-10659.858	55.193	-969.148	-47837.218	103.779	257.49	-68638.866	271.636	187.20867	-29448.333	578.779	0	52.530
6	15.832	-841.631	-13324.822	57.909	-969.148	-50469.147	109.136	257.49	-67259.455	300.207	169.66581	-24350.126	584.136	0	52.530
7	18.999	-841.631	-15989.787	60.624	-969.148	-53101.076	114.493	257.49	-65880.044	328.779	152.12296	-19753.143	589.493	0	52.530
8	22.165	-841.631	-18654.751	63.340	-969.148	-55733.005	119.850	257.49	-64500.634	357.350	134.5801	-15657.385	594.850	0	52.530
9	25.331	-841.631	-21319.716	66.056	-969.148	-58364.934	125.207	257.49	-63121.223	385.921	117.03724	-12062.852	600.207	0	52.530
10	28.498	-841.631	-23984.680	68.771	-969.148	-60996.863	130.564	257.49	-61741.812	414.493	99.494386	-8969.543	605.564	0	52.530
11	31.664	-841.631	-26649.644	71.487	-969.148	-63628.793	135.921	257.49	-60362.401	443.064	81.951529	-6377.458	610.921	0	52.530
12	34.831	-841.631	-29314.609	74.203	-969.148	-66260.722	141.279	257.49	-58982.991	471.636	64.408671	-4286.598	616.279	0	52.530
13	37.997	-841.631	-31979.573	76.919	-969.148	-68892.651	146.636	257.49	-57603.580	500.207	46.865814	-2696.963	621.636	0	52.530
14	41.164	-841.631	-34644.538	79.634	-969.148	-71524.580	151.993	257.49	-56224.169	528.779	29.322957	-1608.552	626.993	0	52.530
15	44.330	-841.631	-37309.502	82.350	-969.148	-74156.509	157.350	257.49	-54844.759	557.350	11.7801	-1021.365	632.350	0	52.530

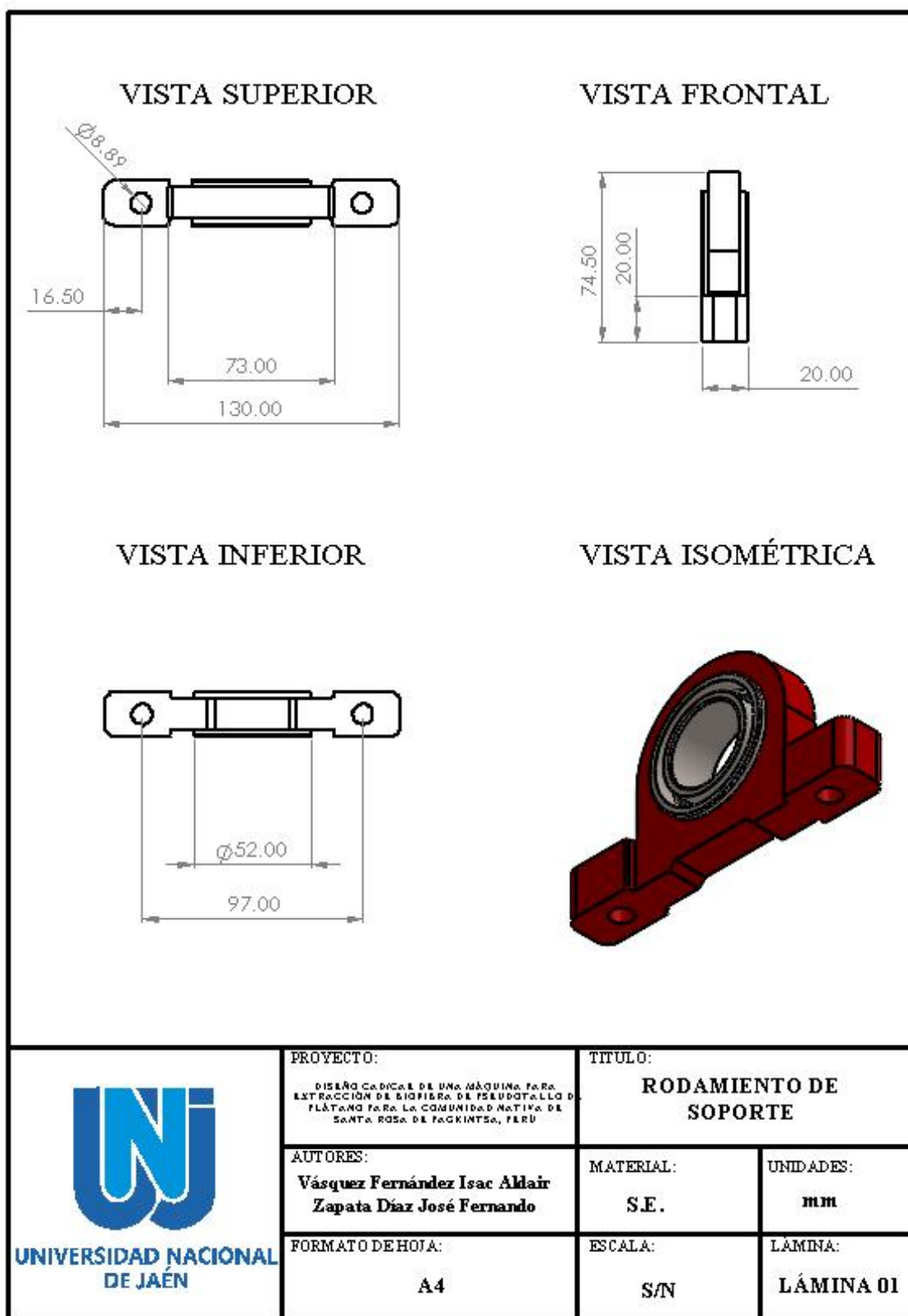
Nota. Elaboración propia.

Anexo 5. Valores para realizar el diagrama de fuerza cortante y momento flector en el eje x.

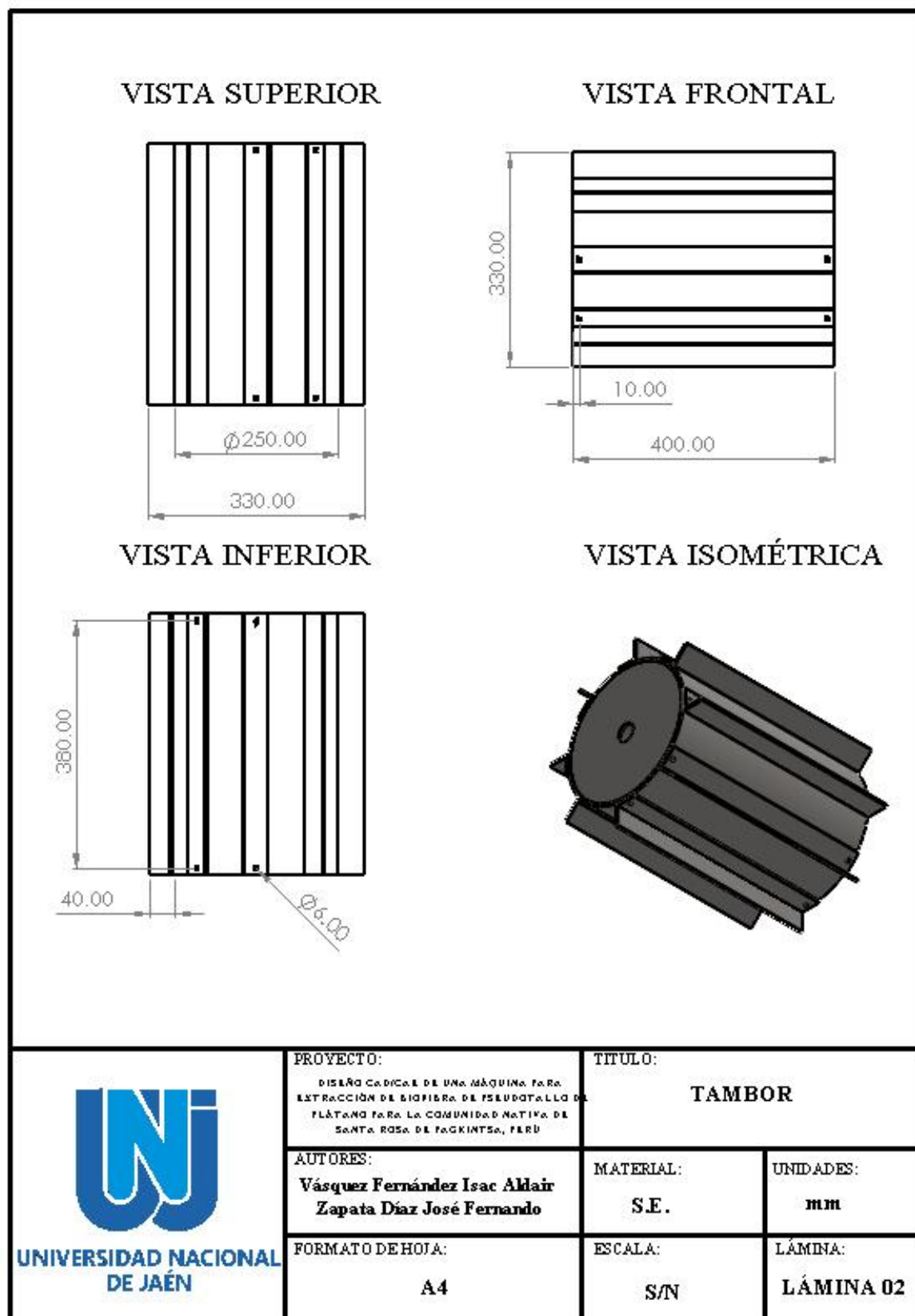
HORIZONTALMENTE					X inicial	Xfinal	Puntos	V	M			
	A	B	C	D			F	-246.61	0			
Tramo 1	0.00	0.00	-246.61	0.00	0.00	44.33	E	-552.385	-10932.22			
Tramo 2	0.00	0.00	-552.39	13555.01	44.33	82.35	B	57.615	-31933.9			
Tramo 3	0.00	0.00	57.62	-36678.49	82.35	157.35	A	-0.45	-27825.10			
Tramo 4	0.00	0.000	-0.45	-27542.44	157.35	632.35						
	CARGAS VERTICALES											
	Tramo 1			Tramo 2			Tramo 3			Tramo 4		
	x	V	M	x	V	M	x	V	M	x	V	M
1	0.00	-246.61	0	44.33	-552.385	-10932.221	82.35	57.615	-31933.899	157.35	-0.447	-27612.774
2	3.166	-246.61	-780.87295	47.046	-552.385	-12432.341	87.707	57.615	-31625.247	191.279	-0.447	-27627.940
3	6.333	-246.61	-1561.7459	49.761	-552.385	-13932.461	93.064	57.615	-31316.595	225.207	-0.447	-27643.106
4	9.499	-246.61	-2342.6189	52.477	-552.385	-15432.581	98.421	57.615	-31007.944	259.136	-0.447	-27658.272
5	12.666	-246.61	-3123.4918	55.193	-552.385	-16932.701	103.779	57.615	-30699.292	293.064	-0.447	-27673.438
6	15.832	-246.61	-3904.3648	57.909	-552.385	-18432.820	109.136	57.615	-30390.640	326.993	-0.447	-27688.604
7	18.999	-246.61	-4685.2377	60.624	-552.385	-19932.940	114.493	57.615	-30081.988	360.921	-0.447	-27703.770
8	22.165	-246.61	-5466.1107	63.340	-552.385	-21433.060	119.850	57.615	-29773.337	394.850	-0.447	-27718.937
9	25.331	-246.61	-6246.9836	66.056	-552.385	-22933.180	125.207	57.615	-29464.685	428.779	-0.447	-27734.103
10	28.498	-246.61	-7027.8566	68.771	-552.385	-24433.300	130.564	57.615	-29156.033	462.707	-0.447	-27749.269
11	31.664	-246.61	-7808.7295	71.487	-552.385	-25933.420	135.921	57.615	-28847.381	496.636	-0.447	-27764.435
12	34.831	-246.61	-8589.6025	74.203	-552.385	-27433.539	141.279	57.615	-28538.729	530.564	-0.447	-27779.601
13	37.997	-246.61	-9370.4754	76.919	-552.385	-28933.659	146.636	57.615	-28230.078	564.493	-0.447	-27794.767
14	41.164	-246.61	-10151.348	79.634	-552.385	-30433.779	151.993	57.615	-27921.426	598.421	-0.447	-27809.933
15	44.330	-246.61	-10932.221	82.350	-552.385	-31933.899	157.350	57.615	-27612.774	632.350	-0.447	-27825.099

Nota. Elaboración propia.

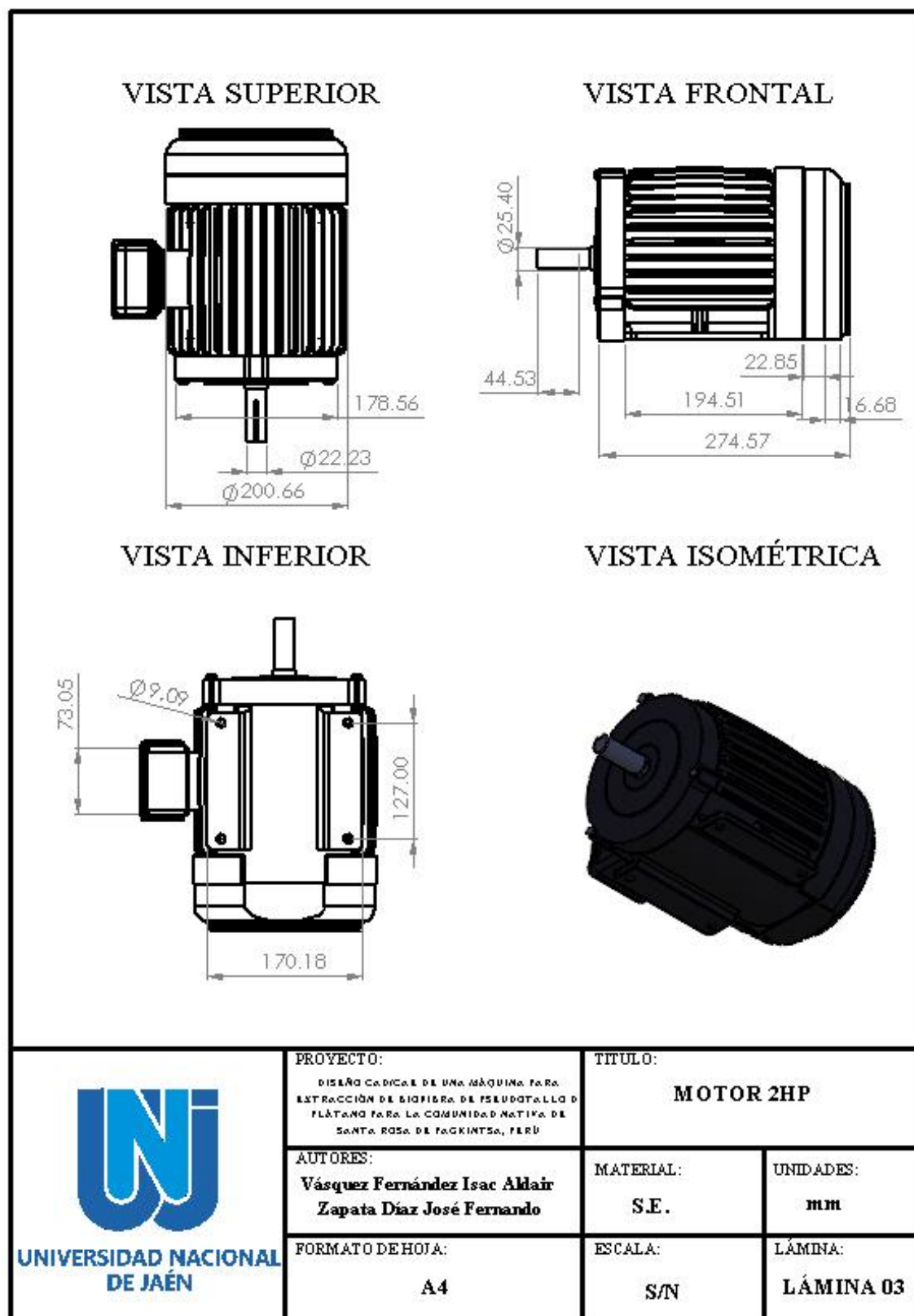
Anexo 6. Plano del rodamiento de soporte de los ejes.



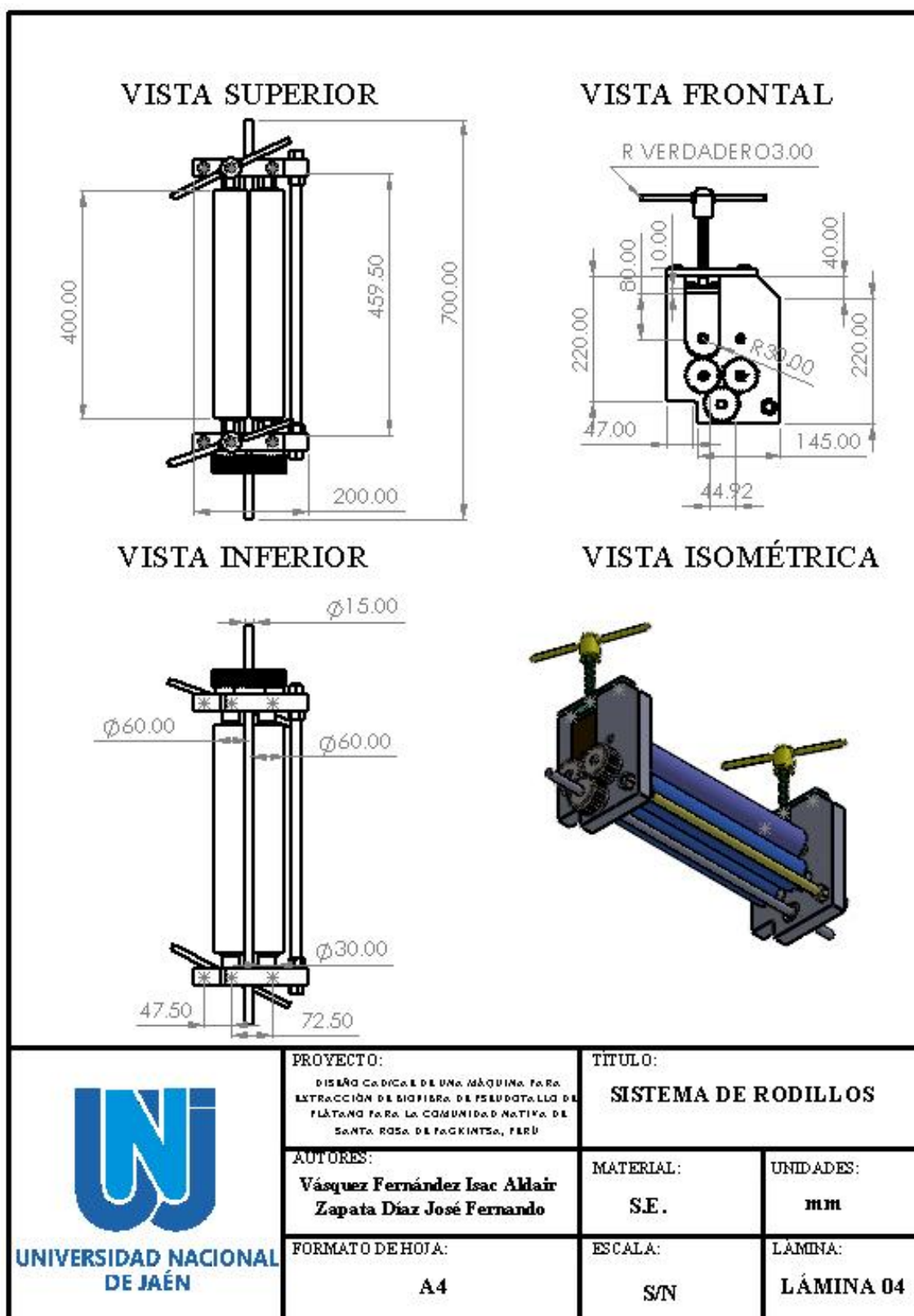
Anexo 7. Plano del tambor.



Anexo 8. Plano del motor de 2HP.



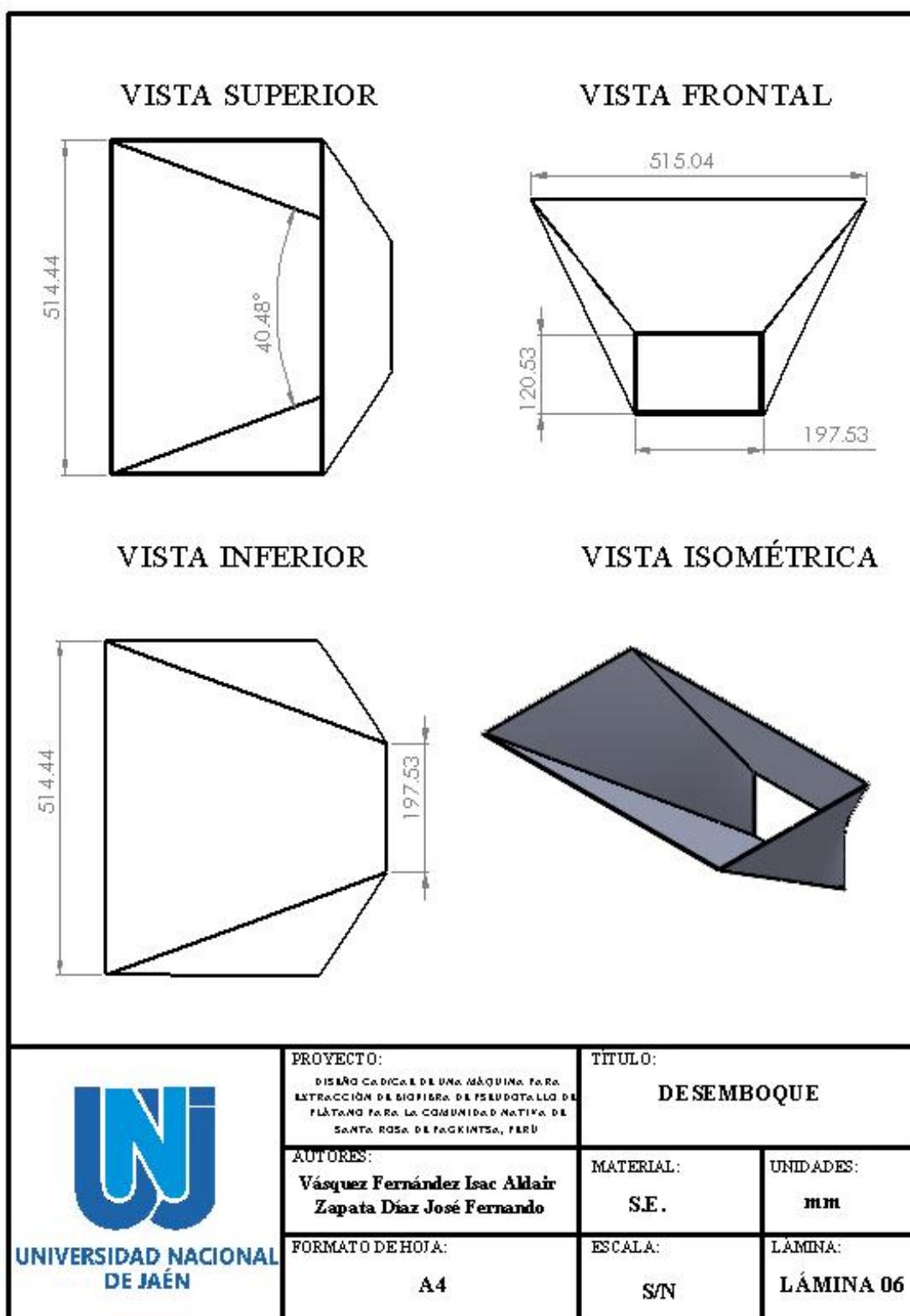
Anexo 9. Plano del sistema de rodillos.



Anexo 10. Plano de banda transportadora.



Anexo 11. Plano de desemboque.



Anexo 12. *Sistema Fotovoltaico en la comunidad Santa Rosa de Pagkintsa.*



Nota. Elaboración propia.

Anexo 13. Rodamiento rígido de bolas 6202.



RODAMIENTO RIGIDO DE BOLAS 1 HIL. 6202-2RSCM 15X35X11 MM-KOYO

S/ 11.00

- 1 +

AÑADIR AL CARRITO

COMPRAR AHORA



Nota. Obtenido de (Albi, 2025)

Anexo 14. Polea UCP 206

UCP206-18



UCP206-18 – DPI

S/22.00

DPI

✓ 74 disponibles

- 1 +

AÑADIR AL CARRITO

Compare

Add to wishlist

SKU: 3608-010761

Categoría: CHUMACERAS

Share: [f](#) [in](#)

Nota. Obtenido de (Rodasur, 2026).

Anexo 15. Buje JA.



MASTERDRIVE

Buje QD Masterdrive JA1.1/16

Tamaño JA, orificio 1.1/16, desmontable rápidamente, buje montable en reversa con material de hierro dúctil, sin tornillo de fijación sobre la ranura de la llave.

Precio: **\$15.04** cada

Normalmente se envía en: 1 día

— 1 +

AGREGAR

Nota. Para las poleas de 3.3” y 3.7” se selecciona un buje tipo JA de 2 pulgadas, debido a que esta dimensión corresponde a una configuración estándar dentro de este tipo de acoplamiento. Obtenido de (HVH Industrial Solutions, 2025).

Anexo 16. Buje SH.



MASTERDRIVE

Buje QD Masterdrive SH15/16

Tamaño SH, orificio 15/16, desmontable rápidamente, buje montable en reversa con material de hierro dúctil, sin tornillo de fijación sobre la ranura de la llave.

MPN: SH15/16

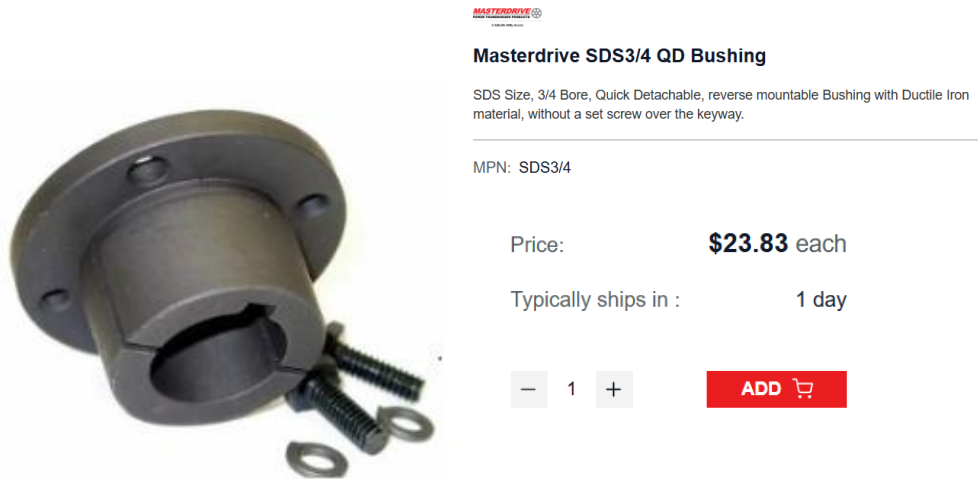
Precio: **\$20,52** cada

Normalmente se envía en: 1 día

— 1 +

AGREGAR

Nota. Para las poleas de 4.1” y 6” y 17.7” se selecciona un buje tipo SH de 2 11/16 pulgadas, al tratarse de una medida estandarizada para este tipo de acoplamiento. Obtenido de (HVH Industrial Solutions, 2025).

Anexo 17. Buje SDS.

Nota. Para la polea de 17.7" se selecciona un buje de 3 1/8 pulgadas, correspondiente a una dimensión estandarizada para este tipo de aplicación. Obtenido de (HVH Industrial Solutions, 2025).

Anexo 18. Costo unitario de bujes importados.

INFORME DE IMPORTACIÓN DE BUJES



1. OBJETIVO

Determinar el costo unitario de los bujes importados considerando a compra consolidada, distribuyendo los costos de envío y seguro entre todas las unidades adquiridas, con el fin de obtener un costo realista para su incorporación en el análisis económico del proyecto.



2. RESUMEN DE PRODUCTOS IMPORTADOS

Buje	Tipo	Precio base (USD)	Cantidad (unid.)	Total por producto (USD)
JA	JA	15.04	1	15.04
SH	SH	20.53	1	20.53
SDS	SDS	23.83	1	23.83
TOTAL PRODUCTOS				59.40 USD

i NOTA

Bajo el criterio de compra consolidada, los costos de envío y seguro se distribuyen entre todas las unidades adquiridas, obteniendo un factor de incremento aproximado del 67% respecto al precio base del producto.

3. COSTOS DE IMPORTACIÓN

Concepto	Monto (USD)
Total productos (precio base)	59.40
Costo de envío internacional	30.00
Seguro internacional	10.00
COSTO TOTAL IMPORTADO	89.40 USD



4. FACTOR DE INCREMENTO

CÁLCULO DEL FACTOR DE INCREMENTO

Fórmula:

$$\text{Factor} = \frac{\text{Costo total importado}}{\text{Total productos (precio base)}}$$

Aplicación:

$$\text{Factor} = \frac{59.40 + 40.00}{59.40} = 1.67$$

Cada producto aumenta ≈ 67%



El costo unitario estimado de los bujes tipo JA, SH y SDS incluye tanto el valor comercial del producto como los gastos asociados a su importación, permitiendo una aproximación más realista para su incorporación en el análisis económico del proyecto.

5. PRECIO FINAL UNITARIO IMPORTADO

Buje	Tipo	Precio base (USD)	Precio importado (USD)	Precio en soles (S/.)	Observación
	JA	15.04	25.10	S/ 93	i Incluye producto, envío y seguro (prorrateado)
	SH	20.53	34.28	S/ 127	
	SDS	23.83	39.79	S/ 147	



Tipo de cambio utilizado: 1 USD ≈ 3.70 PEN



Nota: Los costos de envío y seguro pueden variar según la cantidad importada, proveedor logístico y condiciones internacionales al momento de la compra.

Nota. Elaboración propia.

Anexo 19. Engranajes rectos 2M 30T 20PA 30FW.**S20/30B 2 Mod x 30 Tooth Metric Spur Gear in Steel**

S/55.00



Nota. Obtenido de (BEP Ltd., 2025).

Anexo 20. Engranajes rectos 4M 30T 20PA 30FW.**S40/30B 4 Mod x 30 Tooth Metric Spur Gear in Steel**

S/187.00



Nota. Obtenido de (BEP Ltd., 2025).

Anexo 21. Costo unitario de engranajes rectos importados.

INFORME DE IMPORTACIÓN DE ENGRANAJES





OBJETIVO

Determinar el costo total y unitario de los engranajes importados, considerando los costos de productos y los gastos asociados a la importación.



1. COSTO DE PRODUCTOS

Tipo	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
2M – 30T	3	16	48
4M – 30T	2	55	110
Total productos	5	—	158 USD



DETALLE DE PRODUCTOS

- **2M – 30T:** engranaje de módulo 2 mm, 30 dientes.
- **4M – 30T:** engranaje de módulo 4 mm, 30 dientes.
- **Cantidad total:** 5 piezas.

2. COSTO DE IMPORTACIÓN

Concepto	Explicación	Valor (USD)
 Envío internacional	Pedido pequeño (≈ 5 piezas metálicas)	20.00
 Seguro	Protección básica del envío (~2%)	3.00
 Impuestos (IGV + arancel)	Aplicado al total importado	30.00
Total adicional	—	53 USD



NOTA

Los impuestos incluyen IGV (18%) y arancel aplicable según la partida arancelaria del producto.



3. COSTO TOTAL



$158 + 53 = 211 \text{ USD}$ $\approx \text{S/ } 800$

4. COSTO UNITARIO



$800 / 5 =$
S/ 160
por engranaje (aprox)



RESUMEN GENERAL

El costo total estimado para la importación de 5 engranajes (3 unidades 2M–30T y 2 unidades 4M–30T) incluyendo envío, seguro e impuestos es de aproximadamente S/ 800, lo que resulta en un costo unitario aproximado de S/ 160 por engranaje.



 Tipo de cambio utilizado: 1 USD ≈ 3.79 PEN

Fecha del informe: 21/04/2025

Nota. Elaboración propia.

Anexo 22. Correa trapezoidal.

rtal!



Fajas Correas Trapezoidal 13x875mm V Dentada Bosch 1987947652

Fajas Correas Trapezoidal 13x875mm V Dentada Bosch 1987947652

S/.20,60 Impuestos incluidos

Cantidad

1



COMPRAR

✓ **DISPONIBLE**

Aceptamos Yape Plin | Tarjeta Visa Mastercard |
Transferencia BCP BBVA Banco de la Nacion



Nota. Obtenido de (Aibitech Perú, 2026).

Anexo 23. Tuerca.



Lo más nuevo

SM

SKU: 10003008

Perno Hexagonal 1/2x2 1/2 Con Tuerca

S/ 1.30 x unidad Precio incluye IGV

Venta por Volumen con Envío por Agencia a Todo el Perú

Compra Mínima Por Producto: S/ 500.00

- ✓ Facturación Inmediata
- ✓ Tiempo de Despacho: En 1 a 2 días hábiles
- ✓ Despachos en Lima y Envíos a Provincia (Puesto en Agencia)
- ✓ Aceptamos Yape, Plin, Transferencias BCP e Interbank
- ✓ Envíos desde Lima por Agencia: Shalom, Marvisur, etc

Cotizar Por Volumen

Tienda En Chinch:

Nota. Obtenido de (Ferretería Jireh, 2025)

Anexo 24. Tuerca.

BERKLIN

**MOTOR
ELECTRICO
TRIFÁSICO
DE 2HP
1750RPM**

~~S/. 799.00 PEN~~ S/. 539.99 PEN




Nota. Obtenido de (Berklin Perú, 2026).

Anexo 25. Perfil aluminio T-slot 500mm.

Perfil T-SLOT 4040 negro | estructural CNC y robótica

Desde **S/ 52.90**

Compra Perfil de Aluminio T-SLOT 4040 anodizado negro. Alta resistencia, versatilidad y estética profesional para CNC, robótica y estructuras industriales.

Modelo:

Perfil T-SLOT 4040 anodizado negro de 50 cm. Ligero y resistente, ideal para refuerzos, prototipos y estructuras modulares pequeñas.

S/ 75.90 Incluido IGV

- 1 + [COMPRAR](#) [Consultar stock / Soporte](#)

Nota. Perfil aluminio 40x40x503mm y perfil aluminio 40x40x405mm. Obtenido de (CNC Perú, 2026).

Anexo 26. Perfil aluminio T-slot 2000mm.



Perfil T-SLOT 4040 negro | estructural CNC y robótica

Desde **S/ 52.90**

Compra Perfil de Aluminio T-SLOT 4040 anodizado negro. Alta resistencia, versatilidad y estética profesional para CNC, robótica y estructuras industriales.

Modelo: Negro - 50 cm / 4040T50B

Perfil T-SLOT 4040 anodizado negro de 50 cm. Ligero y resistente, ideal para refuerzos, prototipos y estructuras modulares pequeñas.

S/ 75.90 Incluido IGV

- 1 +

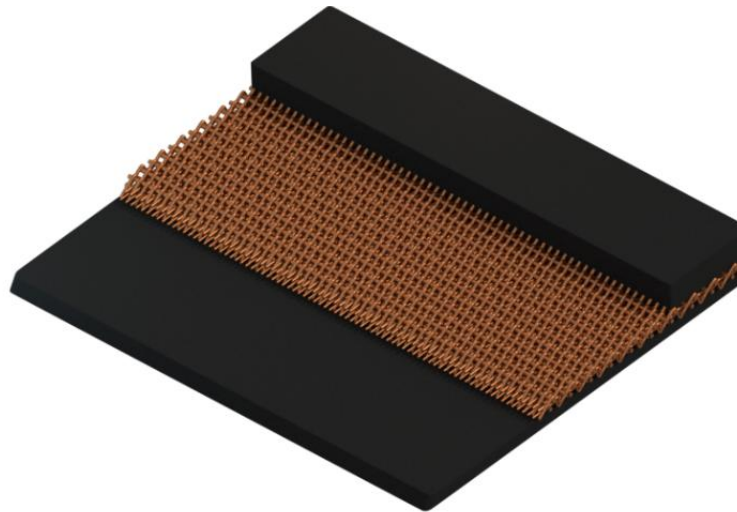
COMPRAR

Consultar stock / Soporte



Nota. Perfil aluminio 40x40x1500mm y 40x40x2000mm. Obtenido de (CNC Perú, 2026).

Anexo 27. Banda transportadora de PVC de dos capas



Nota. Obtenido de (Dunlop, 2025)

Anexo 28. Cálculo de costo de la banda transportadora de PVC de dos capas

INFORME DE COSTO

BANDA TRANSPORTADORA





1. DESCRIPCIÓN

La banda transportadora empleada corresponde a una banda de PVC de dos capas (tipo EP), utilizada en sistemas de transporte continuo debido a su resistencia mecánica, flexibilidad y durabilidad frente a condiciones de trabajo industrial.

Este tipo de bandas se fabrica a medida según dimensiones y características requeridas, por lo que no se comercializa como producto estándar con precio fijo.



ESTRUCTURA DE LA BANDA (TIPO EP)



- Cobertura superior (PVC)
- Tela de poliéster (EP)
- Tela de poliéster (EP)
- Cobertura inferior (PVC)



2. CÁLCULO DEL COSTO

CONCEPTO		VALOR
	Área de la banda	0.845 m ²
	Precio referencial	\$100 / m ²
	Subtotal	\$84.5
	Costo en soles	S/ 320
	Ajuste (corte + empalme + instalación)	+30%
 TOTAL ESTIMADO		S/ 420



VENTAJAS

- Alta resistencia mecánica
- Flexibilidad y adaptabilidad
- Durabilidad en condiciones industriales
- Adecuada para transporte continuo de materiales



NOTA

El precio puede variar según el proveedor, espesor, número de capas y características técnicas específicas de la banda.





CONCLUSIÓN

El costo estimado de la banda transportadora de PVC de dos capas (tipo EP) es de aproximadamente S/ 420, considerando el precio referencial, corte, empalme e instalación.



Los precios son referenciales y pueden variar según el proveedor y las condiciones del mercado.

Nota. Elaboración propia.

Anexo 29. Soporte de rodamiento UCDL 6206.

UCFL206D1



UCFL206D1 – NTN

S/76.00

NTN

✓ 50 disponibles

- 1 +

AÑADIR AL CARRITO

↔ Compare

♡ Add to wishlist

SKU: 3504-010008

Categoría: CHUMACERAS

Share: [f](#) [in](#)

Nota. Obtenido de (Rodasur, 2026).

Anexo 30. Rodamiento rígido de bolas 6206



RODAMIENTO 6206-2RS1/C3-SKF

S/ 33.50

- 1 +

AÑADIR AL CARRITO

⚡ COMPRAR AHORA

♡

↔ Añadir para comparar

Nota. Obtenido de (Albi, 2025)

Anexo 31. Pintura anticorrosiva.



Anticorrosivo Blanco 1 galón

VENCEDOR | SKU: 26603

Compartir

Retira Hoy Llega Mañana

S/ 62.00

Precio online

− 1 +

Agregar

Métodos de entrega

Llega mañana
Desde S/7.99
[Ingresa aquí tu ubicación](#)

Retira el 21 de abril
En tiendas Promart y otros puntos
[Ingresa aquí tu ubicación](#)

Consultar stock

¡Compra con tranquilidad! Tienes hasta 90 días desde la recepción de tu producto para realizar tus cambios y devoluciones..

¡Solicita tu tarjeta Sipl y accede a todas las ofertas disponibles en la web!
[Pídelala aquí](#)

Nota. Obtenido de (Promart Homecenter, 2026).

Anexo 32. Tornillería.



Perno hexagonal + Tuerca CG2 1/4x1 1/2" x 4 unidades

SM | SKU: 18024

Compartir

Retira Hoy Llega Mañana

S/ 4.00

Precio online

− 1 +

Agregar

Métodos de entrega

Llega mañana
Desde S/4.99
[Ingresa aquí tu ubicación](#)

Retira el 21 de abril
En tiendas Promart y otros puntos
[Ingresa aquí tu ubicación](#)

Consultar stock

Nota. Obtenido de (Promart Homecenter, 2026).

Anexo 33. Interruptor termomagnético.



Interruptor Termomagnético 2x32A 220V-10KA Bticino

BTICINO | SKU: 17198

Compartir

Retira Hoy Llego Mañana

S/ 37.90

Precio online

TOP VENTAS

1

Agregar

Métodos de entrega

Llega mañana
Desde S/4.99
[Ingresa aquí tu ubicación](#)

Retira el 21 de abril
En tiendas Promart y otros puntos
[Ingresa aquí tu ubicación](#)

Consultar stock

¡Compra con tranquilidad! Tienes hasta 90 días desde la recepción de tu producto para realizar tus cambios y devoluciones...

¡Completa tu compra!

Nota. Obtenido de (Promart Homecenter, 2026).

Anexo 34. Contactor.



-31%

CÓD: 1005103

Marca: Chint

**Contactor (Next Line) 25a Ac220v
Nxc-25 (Negro) 220v 50/60hz 1na +
1nc Chint**

S/ 51.00

S/ 35.30

El precio incluye I.G.V

Contactor

Descargar ficha técnica

20 en Stock

1

Añadir al Carrito

Nota. Obtenido de (Jordan, 2026).

Anexo 35. Rele térmico.



3RU2126-4AB0 Rele De Sobrecarga Termico
Reg. 11-16A 1Na+1Nc T. S0, Clase 10

Código: 1004513

SIEMENS

Ref./Fab: 3RU2126-4AB0

Cant.Disponible: 19

Unid.Med: UNIDAD Ver Stock Por Local

Precio Inc. IGV: S/ 169.35

Nota. Obtenido de (Grupo COINP S.A.C., 2026).

Anexo 36. Pulsador NC.



NP2-BA42 Pulsador Rasante Metal Rojo
Ø22Mm 1Nc 574843

Código: 573890

CHINT

Ref./Fab: NP2-BA42

Cant.Disponible: 254

Unid.Med: UNIDAD Ver Stock Por Local

Precio Inc. IGV: S/ 5.94

- 1 +

Agregar Al Carrito

Comprar Ahora

En existencias

Descargar Ficha [1000948.Pdf]

Nota. Obtenido de (Grupo COINP S.A.C., 2026).

Anexo 37. Indicador LED.



Inicio / MECANISMOS/ACTUADORES/RODAMIENTOS / INDICADOR LED 220V

INDICADOR LED 220V

S/8.00

CARACTERISTICAS

- Contenido del paquete: 1 x LED luz indicadora; Color de la luz: verde
- Nombre del producto: LED indicador luz; Color: Amarillo, rojo y verde
- Material: Plástico, Partes Eléctricas; Color de la carcasa: Negro, Verde
- Diámetro de la rosca de montaje: 21 mm/0,8 «

1

Añadir al carrito

Compra via WhasApp

Nota. Obtenido de (Saisac Mecatrónica, 2026)

Anexo 38. Indicador LED.



Caja de Paso Metálica Jormen Liviana 10x10x4' Plata 0.9mm

JORMEN | SKU: 10693

Compartir

Retira Hoy Llega Mañana

S/29.90

Precio online

1

Agregar

Métodos de entrega

Llega mañana
Desde S/4.99
Ingresa aquí tu ubicación

Retira el 21 de abril
En tiendas Promart y otros puntos
Ingresa aquí tu ubicación

Consultar stock

¡Compra con tranquilidad! Tienes hasta 90 días desde la recepción de tu producto para realizar tus cambios y devoluciones..

Nota. Obtenido de (Promart Homecenter, 2026)

Anexo 39. Bornes de conexión.



LEGRAND

**BORNE DE CONEXIËN SIMPLE
6MM2 - C/TORNILLO - VIKING3-
PASO 8MM**

Código: 037162

> **S/ 4.76**

Precio incluye I.G.V.

- 1 +

Agregar al carrito

Nota. Obtenido de (Sigelec, 2026)

Anexo 40. Cable eléctrico 14 AWG



Carrete Cable Thw 14 Awg Rojo - Venta por metro lineal
Indeco

INDECO | SKU: 145906 Compartir

s/**3.10** Precio online x m

Metro lineal

- 1 m +

Agregar

Métodos de entrega

 **Llega el Miércoles 22 de Abril**
Desde S/14.99
[Ingresa aquí tu ubicación](#)

 **Retira el 22 de abril**
En tiendas Promart y otros puntos
[Ingresa aquí tu ubicación](#)

 [Consultar stock >](#)

 ¡Solicita tu tarjeta Sip! y accede a todas las ofertas disponibles en la web!
[¡Pídelo aquí!](#)

Nota. Obtenido de (Promart Homecenter, 2026).

Anexo 41. Cable eléctrico 10 AWG azul.

Cable Thw-90 450/750v 10 Awg Celsa Azul -
Venta por metro lineal

CELSA | SKU: 147719 Compartir

s/ **6.00** Precio online x m

Metro lineal

— 1 m +

 **Agregar**



**THW-90 BH
10 AWG**

Nota. Obtenido de (Promart Homecenter, 2026).

Anexo 42. Cable eléctrico 10 AWG verde.

Cable THW-90 +plus 450/750 V 12 AWG Amarillo/Verde
Indeco

INDECO | SKU: 139837 Compartir

[Retira hoy](#) [Llega Mañana](#)

s/ **3.30** x m. Precio online

— 1 +  **Agregar**

Métodos de entrega

 **Llega mañana**
Desde S/7.99
[Ingresa aquí tu ubicación](#)

 **Retira el 21 de abril**
En tiendas Promart y otros puntos
[Ingresa aquí tu ubicación](#)

 [Consultar stock](#)

 **¡Compra con tranquilidad!** Tienes hasta 90 días desde la recepción de tu producto para realizar tus cambios y devoluciones.

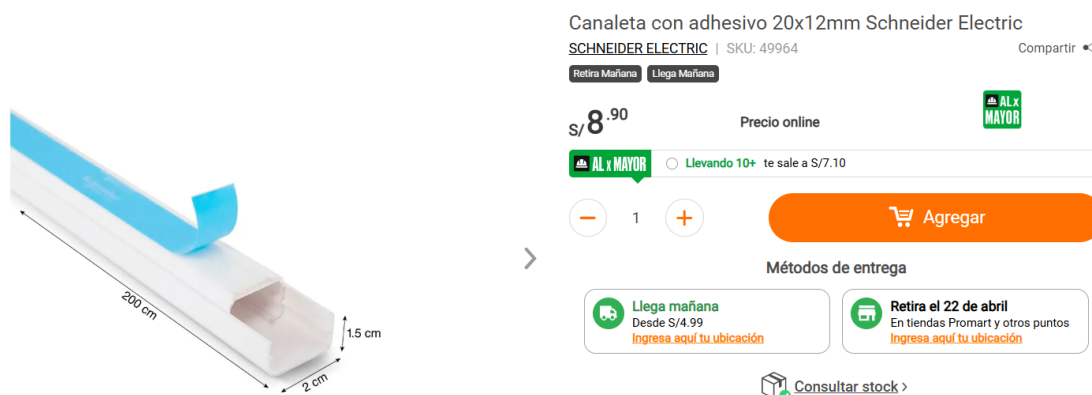
¡Completa tu compra!



INDECO S.A. THW-90 +PLUS Cable - Sección - 450/750V

Nota. Obtenido de (Promart Homecenter, 2026).

Anexo 43. Canaleta PVC.



Nota. Obtenido de (Promart Homecenter, 2026)

Anexo 44. *Muestras de biofibra de pseudotallo de plátano clasificadas según calibre (#4, #6 y #8), obtenidas mediante el proceso de extracción y posterior secado.*



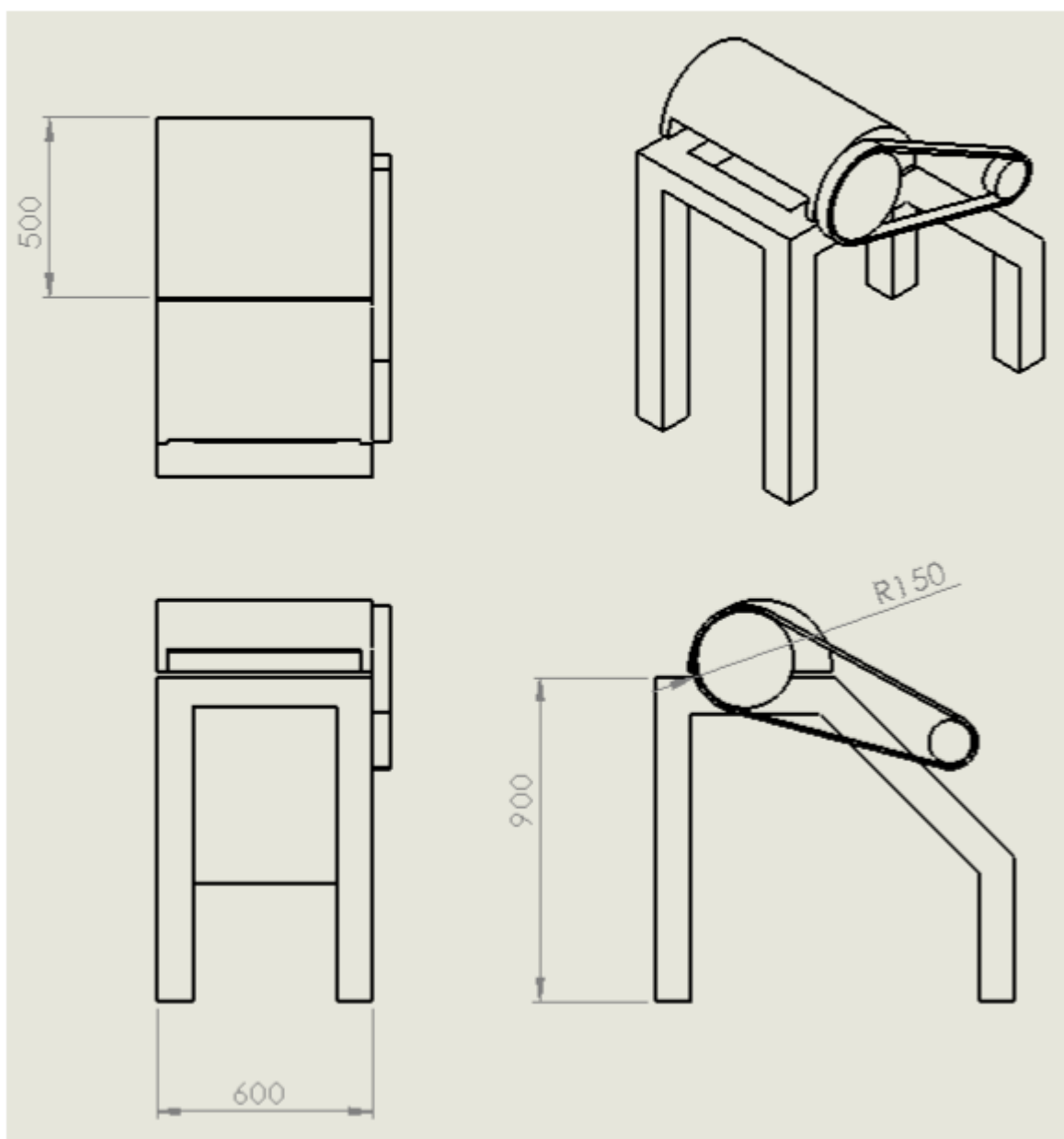
Nota. Las fibras presentan variaciones en espesor y textura, lo que permite su selección según el tipo de aplicación artesanal o textil. Obtenido de (MediaHub, 2024).

Anexo 45. Producto artesanal (bolso) elaborado a partir de biofibra de pseudotallo de plátano por una integrante de la comunidad nativa de Santa Rosa de Pagkintsa.



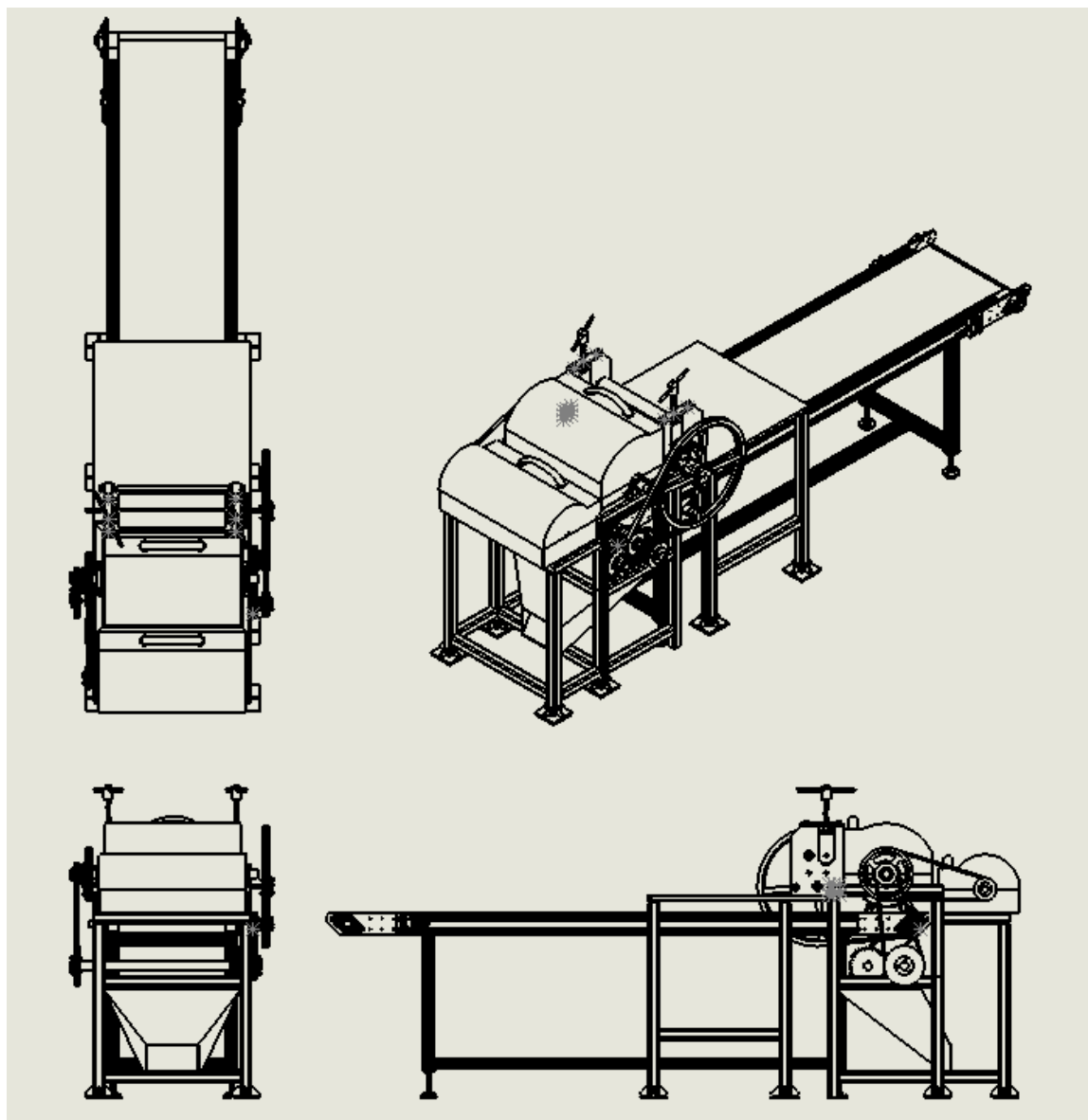
Nota. Obtenido de (MediaHub, 2024).

Anexo 46. *Vista isométrica de máquina extractor de biofibra-CODESPA*



Nota. Obtenido de (Aymachoque, 2024).

Anexo 47. *Vista isométrica del diseño de la máquina extractora de biofibra de pseudotallo de plátano del proyecto.*



Nota. El diseño propuesto conserva la configuración estructural de la máquina existente, evidenciando una alta similitud en la disposición de sus componentes, lo que facilita su adaptación, implementación y mejora sin modificar significativamente las condiciones de operación originales. Elaboración propia.

Anexo 48. Solicitud del proyecto de máquina extractora de biofibra – UNJ

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Jaén, 29 de enero del 2024

CARTA N°001– 2024-UNJ-MJTV

SEÑOR:

Ing. Carla Samaniego Lalangui.
Coordinadora del Proyecto Escalado de Prototipos – UNJ.

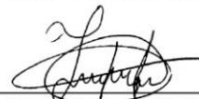
ASUNTO : SOLICITO INFORMACIÓN DEL PROYECTO DE MAQUINA EXTRACTORA DE BIOFIBRA DE PSEUDOTALLO DE PLÁTANO.

Estudiante de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN, carrera profesional de Ing. Mecánica y Eléctrica, JOSÉ FERNANDO ZAPATA DÍAZ, alumno del octavo ciclo, con código universitario 2020130003, identificado con el DNI N°72686158 con el debido respeto me presento y expongo:

Que por concluir la pasantía tecnológica de investigación en la cual fui participe, Siendo el Proyecto ESCALADO DE PROTOTIPOS INNOVADORES DE NEGOCIOS INCLUSIVOS Y FORTALECIMIENTO DE SERVICIOS FINANCIEROS PARA ECOSISTEMAS DE EMPRENDIMIENTO EN ÁREA RURALES DEL PERÚ, financiado por Fundación La Caixa en esta casa de estudio superior. He estado explorando soluciones innovadoras en el campo de extracción de biofibra de pseudotallo de plátano, y el proyecto ha captado mi atención. Me gustaría conocer más detalles sobre las especificaciones técnicas de la máquina, sus características distintivas, beneficios para los productores de plátano y cualquier información relevante que puedan proporcionar. solicito se me brinde información del proyecto “MAQUINA EXTRACTORA DE BIOFIBRA DE PSEUDOTALLO DE PLÁTANO” con el objetivo de enriquecer mi trabajo de investigación de proyecto de tesis titulada “DISEÑO DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EXTRACCIÓN DE BIOFIBRA DE PSEUDOTALLO DE PLÁTANO PARA LA COMUNIDAD NATIVA DE SANTA ROSA DE PAGKINTSA, DISTRITO DE NIEVA, PROVINCIA CONDORCANQUI, REGIÓN AMAZONAS, PERÚ” para optar el título de ingeniero de mecánica y eléctrica.

POR LO EXPUESTO

Ruego a Ud. Acepte mi petición por ser justa.



José Fernando Zapata Díaz
72686158

Nota. Carta de solicitud. Elaboración propia.