



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA
DESFIBRADORA SEMIAUTOMÁTICA DE FUERCRAEA ANDINA
(CABUYA BLANCA) PARA EL SECTOR ARTESANAL DEL
CANTÓN GUANO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES:

GEOVANNY SANTIAGO MOYÓN GADVAY

JORGE LEONARDO SUNTAXI PACHACAMA

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA
DESFIBRADORA SEMIAUTOMÁTICA DE FUERCRAEA ANDINA
(CABUYA BLANCA) PARA EL SECTOR ARTESANAL DEL
CANTÓN GUANO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: GEOVANNY SANTIAGO MOYÓN GADVAY

JORGE LEONARDO SUNTAXI PACHACAMA

DIRECTOR: Ing. LUIS SANTIAGO CHOTO CHARIGUAMAN

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Geovanny Santiago Moyón Gadway & Jorge Leonardo Sntaxi Pachacama

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, Geovanny Santiago Moyón Gadvay y Jorge Leonardo Suntaxi Pachacama, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 1 de diciembre de 2023



Geovanny Santiago Moyón Gadvay

060421133-4



Jorge Leonardo Suntaxi Pachacama



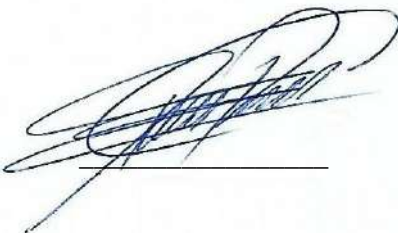
172340072-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MECÁNICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA DESFIBRADORA SEMIAUTOMÁTICA DE FUERCRAEA ANDINA (CABUYA BLANCA) PARA EL SECTOR ARTESANAL DEL CANTÓN GUANO** , realizado por el señores: **GEOVANNY SANTIAGO MOYÓN GADVAY Y JORGE LEONARDO SUNTAXI PACHACAMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Viteri Núñez MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-01
Ing. Luis Santiago Choto Chariguaman DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-01
Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-01

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a toda mi familia y amigos quienes siempre me han brindado su apoyo incondicionalmente en los momentos más difíciles.

Santiago

El presente trabajo lo dedico principalmente a mi madre María Fabiola S. y mi hija Leonela S. quien ha sido el pilar fundamental e inspiración para poder cumpliendo mi meta, mis hermanos y hermanas los cuales han sido un ejemplo de superación día tras día en mi vida estudiantil, mi novia Elsa R. gracias al apoyo incondicional. De no ser por ustedes este logro no habría sido posible.

Jorge

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a mi familia, quienes me han brindado su apoyo a lo largo del proceso académico. También agradecer a mis compañeros y amigos por los momentos compartidos dentro y fuera de la institución. Además, quiero agradecer a mi tutor y asesor por su apoyo constante. Finalmente, quiero mostrar mi gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme brindado la oportunidad de formarme académicamente dentro de sus instalaciones.

Santiago

En esta etapa de mi vida, quiero agradecer primero a Dios por darme la vida y la oportunidad de poder estudiar, a mi madre María Fabiola Suintaxi quien siempre me han dado su amor y sobre todo el ejemplo de lucha y perseverancia, a mis hermanos y hermanas por siempre apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida. Además, quiero agradecer a todas esas personas importantes que en el transcurso de mi vida estudiantil he ido conociendo, me han brindado su amistad sincera, dejando en mí buenos recuerdos y sobre todo muchos aprendizajes. Muchas gracias por todo.

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Carrera de Ingeniería Mecánica y a sus docentes principalmente a nuestros tutor y miembro quienes nos han dado su conocimiento para iniciar nuestra vida profesional.

Finalmente quiero agradecer a mi familia porque siempre estuvieron ahí con sus consejos y motivación.

Jorge

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	xx
SUMMARY.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. <i>Justificación Tecnológica</i>	3
1.3.2. <i>Justificación Económica</i>	3
1.3.3. <i>Justificación Social</i>	3
1.3.4. <i>Justificación Ecológica</i>	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2. <i>Objetivo Especifico</i>	4

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1. Cabuya.....	5
2.1.1. <i>Cabuya Blanca (Furcraea andina)</i>	5
2.1.1.1. <i>Hoja de Furcraea andina</i>	6
2.1.1.2. <i>Características de la hoja</i>	7
2.1.1.3. <i>Propiedades Mecánicas de la fibra</i>	7
2.1.1.4. <i>Aplicaciones</i>	8
2.2. Métodos de Desfibrado.....	9
2.2.1. <i>Método manual</i>	9

2.2.1.1.	<i>Sistema de Enriado</i>	9
2.2.1.2.	<i>Tallado</i>	9
2.2.2.	<i>Desfibrado por máquina</i>	10
2.2.2.1.	<i>Motor</i>	11
2.2.2.2.	<i>Mesa</i>	11
2.2.2.3.	<i>Sistema de transmisión</i>	12
2.2.2.4.	<i>Tambor Desfibrador de Searby</i>	12
2.2.3.	<i>Perchero o Mesa de Trabajo</i>	13
2.2.4.	<i>Tolva de descarga</i>	13
2.2.5.	<i>Cubierta</i>	14
2.3.	Parámetros de operación	14
2.3.1.	<i>Fuerza para el desfibrado</i>	14
2.3.2.	<i>Velocidad en el rotor</i>	15
2.3.3.	<i>Tambor desfibrador</i>	16
2.3.3.1.	<i>Cilindro</i>	16
2.3.3.2.	<i>Cuchillas</i>	17
2.3.3.3.	<i>Discos Redondos</i>	17
2.4.	Materiales	18
2.4.1.	<i>Aceros Inoxidables</i>	18
2.4.1.1.	<i>Aceros inoxidables Austeníticos</i>	19
2.4.2.	<i>Aceros al carbono</i>	19
2.4.2.1.	<i>Aceros de bajo carbono</i>	20
2.4.2.2.	<i>Acero al medio carbono</i>	20
2.4.2.3.	<i>Aceros de alto carbono</i>	21
2.4.3.	<i>Acero galvanizado</i>	21
2.5.	Automatismos industriales	22
2.5.1.	<i>Automatismos cableados</i>	22
2.5.1.1.	<i>Elementos de mando</i>	22
2.5.1.2.	<i>Elementos de Señalización</i>	22
2.5.1.3.	<i>Elementos de Protección</i>	23
2.5.2.	<i>Esquemas en automatismo industrial</i>	23
2.5.2.1.	<i>Esquema de Mando</i>	23
2.5.2.2.	<i>Esquema de potencia</i>	24
2.5.3.	<i>Automatismos Programables</i>	24
2.5.3.1.	<i>Autómata Programables</i>	24

2.5.3.2.	<i>Estructura del autómata programable</i>	24
2.5.3.3.	<i>Unidad central de procesos (CPU)</i>	25
2.5.3.4.	<i>Fuente de alimentación</i>	25
2.5.3.5.	<i>Entradas y Salidas digitales</i>	25
2.5.3.6.	<i>Entradas y salidas analógicas</i>	26
2.5.3.7.	<i>Equipos de Programación</i>	26
2.5.3.8.	<i>Periféricos</i>	26

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	27
3.1.	Metodología del diseño	27
3.2.	Definición del Producto (Máquina)	27
3.2.1.	<i>Casa de la calidad</i>	28
3.2.1.1.	<i>Voz del usuario</i>	28
3.2.1.2.	<i>Voz del ingeniero</i>	28
3.2.1.3.	<i>Competencia del producto (máquina)</i>	28
3.2.2.	<i>Especificaciones técnicas</i>	32
3.3.	Diseño Conceptual	32
3.3.1.	<i>Análisis funcional</i>	33
3.3.1.1.	<i>Nivel 0</i>	33
3.3.1.2.	<i>Nivel 1</i>	33
3.3.1.3.	<i>Generación de alternativas</i>	33
3.3.1.4.	<i>Método original corregido de cada criterio</i>	37
3.4.	Diseño de materialización	40
3.5.	Diseño de detalle	41
3.5.1.	<i>Parámetros de diseño</i>	41
3.5.1.1.	<i>Composición de la cabuya</i>	41
3.5.1.2.	<i>Composición química de la hoja de cabuya</i>	41
3.5.1.3.	<i>Configuración de las condiciones para la selección del material en un Software de materiales</i>	42
3.5.2.	<i>Selección del material</i>	43
3.5.2.1.	<i>Índice de rigidez efectiva</i>	43
3.5.2.2.	<i>Índice de costo y propiedades mecánicas</i>	46
3.6.	Diseño y validación del equipo	47

3.6.1.	<i>Diseño de la Cuchilla</i>	47
3.6.1.1.	<i>Peso de la cuchilla</i>	51
3.6.2.	<i>Soporte de las cuchillas</i>	51
3.6.2.1.	<i>Placa Circular</i>	51
3.6.2.2.	<i>Buje</i>	52
3.6.2.3.	<i>Peso del Soporte</i>	52
3.6.3.	<i>Potencia para el desfibrado</i>	52
3.6.4.	<i>Sistema de transmisión</i>	53
3.6.4.1.	<i>Cálculo de la Potencia</i>	54
3.6.4.2.	<i>Selección del tipo de sección adecuada</i>	54
3.6.4.3.	<i>Cálculo de la Relación de transmisión</i>	55
3.6.4.4.	<i>Determinar el diámetro de las poleas</i>	55
3.6.4.5.	<i>Cálculo de la longitud de la correa</i>	55
3.6.4.6.	<i>Distancia entre Centro</i>	56
3.6.4.7.	<i>Potencia básica de la correa</i>	57
3.6.4.8.	<i>Factor de corrección C1 y C3</i>	58
3.6.4.9.	<i>Cálculo de la potencia de la banda</i>	60
3.6.4.10.	<i>Cálculo del número de correas requerido</i>	60
3.6.5.	<i>Fuerza de tensión en las bandas</i>	60
3.6.5.1.	<i>Velocidad lineal</i>	60
3.6.5.2.	<i>Fuerza centrífuga</i>	61
3.6.5.3.	<i>Potencia que se transmite por banda</i>	61
3.6.5.4.	<i>Ángulo de contacto</i>	62
3.6.6.	<i>Diseño del eje</i>	63
3.6.6.1.	<i>Fuerzas que actúan en el eje</i>	63
3.6.6.2.	<i>Análisis en el plano XY</i>	64
3.6.6.3.	<i>Análisis en el plano ZX</i>	65
3.6.6.4.	<i>Diagrama de Momento Torsor</i>	66
3.6.6.5.	<i>Análisis del Punto Crítico C</i>	67
3.6.7.	<i>Selección y Dimensión de las chavetas</i>	72
3.6.7.1.	<i>Chaveta para el Diámetro A</i>	74
3.6.7.2.	<i>Chaveta para el Diámetro B</i>	75
3.6.8.	<i>Velocidades en las poleas</i>	76
3.6.9.	<i>Selección de chumaceras</i>	77
3.6.9.1.	<i>Vida nominal básica</i>	77

3.6.10.	<i>Selección de pernos de las cuchillas</i>	78
3.6.10.1.	<i>Análisis a cortante</i>	79
3.6.11.	<i>Estructura</i>	83
3.6.12.	<i>Tornillo de bolas</i>	94
3.6.13.	<i>Motor de Corriente Continua</i>	95
3.6.13.1.	<i>Cálculo del torque del motor DC</i>	95
3.7.	Diseño eléctrico	100
3.7.1.	<i>Selección y dimensionamiento de los dispositivos electromecánicos para el arranque del motor eléctrico</i>	100
3.7.1.1.	<i>Corriente nominal del motor</i>	100
3.7.1.2.	<i>Contactor</i>	101
3.7.1.3.	<i>Interruptor Termomagnético</i>	101
3.7.1.4.	<i>Calibre del conductor</i>	102
3.7.2.	<i>Diseño del Circuito Eléctrico</i>	102
3.7.2.1.	<i>Esquema de potencia y mando para el arranque del motor eléctrico</i>	102
3.8.	Diseño del circuito electrónico	104
3.8.1.	<i>Fuente de alimentación para el microcontrolador ATMEGA328P</i>	104
3.8.2.	<i>Acondicionamiento del microcontrolador ATmega328P</i>	104
3.8.3.	<i>Acondicionamiento del Driver A4988</i>	105
3.8.4.	<i>Programación del microcontrolador ATmega328P</i>	105
3.9.	Construcción de la máquina desfibradora	107

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	111
4.1.	Análisis en el Software CAE ANSYS	111
4.1.1.	<i>Cuchilla</i>	111
4.1.1.1.	<i>Resultados obtenidos en la cuchilla por elementos finitos</i>	112
4.1.2.	<i>Eje</i>	113
4.1.2.1.	<i>Resultados Obtenidos del eje por método de elementos finitos</i>	114
4.1.3.	<i>Soporte de las cuchillas</i>	115
4.1.3.1.	<i>Resultados Obtenidos del soporte de cuchillas por elementos finitos</i>	116
4.2.	Análisis del proceso de desfibrado	118
4.2.1.	<i>Experimento 1</i>	118
4.2.2.	<i>Experimento 2</i>	118

4.2.3.	<i>Producción de fibra de cabuya</i>	119
4.2.3.1.	<i>Toma de medidas de la hoja de cabuya blanca</i>	119
4.3.	Análisis de Costos	122
4.3.1.	<i>Costos de Fabricación</i>	122
4.3.2.	<i>Costos de Mano de Obra</i>	122
4.3.2.1.	<i>Determinación de costo/hora para un técnico del sector metalmecánico.</i>	122
4.3.2.2.	<i>Determinación de costo/hora para un Ayudante del sector metalmecánico.</i>	123
4.3.3.	<i>Costo de materiales</i>	123
4.3.4.	<i>Costo directo Total</i>	125
4.3.5.	<i>Costo indirecto total</i>	125
4.3.6.	<i>Costo Total</i>	125
4.3.7.	<i>Análisis de Costo - beneficio</i>	125
4.3.7.1.	<i>Depreciación de la máquina desfibradora</i>	126
4.3.8.	<i>Punto de equilibrio Contable</i>	127
4.3.8.1.	<i>Costos Fijos</i>	127
4.3.8.2.	<i>Costos variables unitarios</i>	127
4.3.8.3.	<i>Cálculo del punto de equilibrio</i>	128
4.4.	Manual de Operación y Mantenimiento de la máquina	130
4.4.1.	<i>Información general</i>	130
4.4.2.	<i>Seguridad</i>	130
4.4.2.1.	<i>Precauciones</i>	130
4.4.2.2.	<i>Reglas Generales de Seguridad</i>	131
4.4.3.	<i>Mantenimiento</i>	131
4.4.3.1.	<i>Programa de mantenimiento</i>	131

CAPÍTULO V

5.1.	CONCLUSIONES	132
5.2.	RECOMENDACIONES	134

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Variedades del género <i>Furcraea</i>	6
Tabla 2-2: Parámetros promedio de la hoja	7
Tabla 2-3: Propiedades mecánicas y químicas de algunas fibras vegetales vs algunas fibras sintéticas.....	8
Tabla 2-4: Usos de la fibra <i>Furcraea</i> andina	8
Tabla 2-5: Propiedades mecánicas del acero inoxidable 304.....	19
Tabla 2-6: Propiedades mecánicas del ASTM A36	20
Tabla 2-7: Propiedades mecánicas AISI 4140	21
Tabla 2-8: Propiedades mecánicas del acero galvanizado	21
Tabla 3-1: Especificaciones técnicas	32
Tabla 3-2: Matriz morfológica.....	33
Tabla 3-3: Evaluación de peso específico de cada criterio	38
Tabla 3-4: Evaluación del peso específico del criterio costo	38
Tabla 3-5: Evaluación del peso específico del criterio potencia.....	39
Tabla 3-6: Evaluación del peso específico del criterio protección de seguridad	39
Tabla 3-7: Evaluación del peso específico del criterio selección de material.....	39
Tabla 3-8: Evaluación del peso específico del criterio peso	39
Tabla 3-9: Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento	40
Tabla 3-10: Evaluación de alternativas	40
Tabla 3-11: Composición química de la cabuya	42
Tabla 3-12: Restricciones del material para el tambor desfibrador	42
Tabla 3-13: Medidas del soporte.....	52
Tabla 3-14: Medidas del buje.....	52
Tabla 3-15: Interpolación para determinar la potencia nominal para el diámetro menor	57
Tabla 3-16: Interpolación para determinar la potencia adicional de la relación de velocidades	58
Tabla 3-17: Interpolación para determinar el factor C1	58
Tabla 3-18: Interpolación para determinar el factor C3.....	59
Tabla 3-19: Peso de los elementos mecánicos que conforman la mesa deslizante.	95
Tabla 3-20: Características técnicas del contactor	101
Tabla 3-21: Características técnicas del interruptor termomagnético	101
Tabla 3-22: Conductor de cobre.....	102
Tabla 4-1: Medidas de las dimensiones de la hoja de cabuya blanca	120

Tabla 4-2: Prueba experimental de la producción de fibras de cabuya blanca	121
Tabla 4-3: Costos de fabricación	122
Tabla 4-4: Costo de mano de obra	123
Tabla 4-5: Costos de materiales	123
Tabla 4-6: Costo directo total.....	125
Tabla 4-7: Costo indirecto total	125
Tabla 4-8: Costo total.....	125
Tabla 4-9: Depreciación anual, acumulada y valor contable para la vida útil de la máquina	126
Tabla 4-10: Costos fijos	127
Tabla 4-11: Costos variables unitario	128
Tabla 4-12: Ingresos y costos.....	129
Tabla 4-13: Plan de mantenimiento de la desfibradora.....	131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Furcraea andina.....	5
Ilustración 2-2: Esquema de la hoja Agave Angustifolia Haw	7
Ilustración 2-3: Desfibrado, método manual: tallado	10
Ilustración 2-4: Desfibradora.....	10
Ilustración 2-5: Motor eléctrico trifásico asíncrono	11
Ilustración 2-6: Desalojo de residuos con salida frontal	12
Ilustración 2-7: Sistema de poleas.....	12
Ilustración 2-8: Partes del órgano desfibrador.....	13
Ilustración 2-9: Perchero o Mesa de trabajo.....	13
Ilustración 2-10: Desalojo de residuos con salida frontal	14
Ilustración 2-11: Cubierta.....	14
Ilustración 2-12: Diagrama del rotor	15
Ilustración 2-13: Dispositivos de mando eléctrico	22
Ilustración 2-14: Dispositivos de señalización	22
Ilustración 2-15: Dispositivos de protección.....	23
Ilustración 2-16: Esquema de mando de un arranque directo de un motor eléctrico trifásico ..	23
Ilustración 2-17: Esquema de potencia de un arranque directo de un motor eléctrico trifásico	24
Ilustración 2-18: Estructura de un autómatas programable	25
Ilustración 3-1: Método de diseño.....	27
Ilustración 3-2: Modelo de descortezadora equipada con las ruedas	29
Ilustración 3-3: Máquina extractora de fibra de sisal	30
Ilustración 3-4: Casa de la calidad	31
Ilustración 3-5: Organigrama Nivel 0	33
Ilustración 3-6: Organigrama Nivel 1	33
Ilustración 3-7: Desfibrador de lechuguilla.....	35
Ilustración 3-8: Desfibradora.....	36
Ilustración 3-9: Descortezadora portátil de sisal	37
Ilustración 3-10: Desfibradora de cabuya blanca	41
Ilustración 3-11: Selección del material resistente para el tambor desfibrador.....	45
Ilustración 3-12: Material óptimo para la construcción del tambor desfibrador	47
Ilustración 3-13: Análisis estático de la cuchilla	48
Ilustración 3-14: Diagrama de cuerpo libre de la cuchilla	48

Ilustración 3-15: Diagrama de corte de la cuchilla.....	49
Ilustración 3-16: Diagrama de momento flector de la cuchilla	50
Ilustración 3-17: Datos eléctricos de motores eléctricos de la marca Siemens	53
Ilustración 3-18: Factores de servicio para las condiciones de trabajo para los tipos de máquina accionada.....	54
Ilustración 3-19: Diagrama de tipos de correas	54
Ilustración 3-20: Diámetro de polea estándar para el eje rápido	55
Ilustración 3-21: Relaciones de velocidad con diámetro de polea estándar	55
Ilustración 3-22: Dimensiones de la longitud de bandas clásicas	56
Ilustración 3-23: Potencias nominales adicionales para el diámetro menor y la relación de velocidad.....	57
Ilustración 3-24: Factor de corrección C1 de la longitud de la correa	58
Ilustración 3-25: Arco de conexión de contacto factor C3.....	59
Ilustración 3-26: Parámetros de banda en V.....	61
Ilustración 3-27: Diagrama de cuerpo libre tridimensional del eje	64
Ilustración 3-28: Diagrama en el plano xy	64
Ilustración 3-29: Diagrama de fuerzas cortantes del plano xy	65
Ilustración 3-30: Diagrama de momentos cortantes en el plano xy	65
Ilustración 3-31: Diagrama de cuerpo libre en el plano zx	65
Ilustración 3-32: Diagrama de Fuerzas cortantes del plano zx.....	66
Ilustración 3-33: Diagrama de momentos cortantes en el plano zx.....	66
Ilustración 3-34: Diagrama Torsor	66
Ilustración 3-35: Parámetros en el factor de condición superficial	69
Ilustración 3-36: Factores de confiabilidad.....	70
Ilustración 3-37: Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.....	70
Ilustración 3-38: Dimensionamiento del eje del tambor desfibrador	72
Ilustración 3-39: Chavetero del eje y del cubo.....	73
Ilustración 3-40: Chaveta paralela DIN 6885.....	73
Ilustración 3-41: Longitud para chavetas paralela DIN 6885.....	73
Ilustración 3-42: Chaveta diseñada en SolidWorks.....	74
Ilustración 3-43: Poleas diseñadas en SolidWorks.....	76
Ilustración 3-44: Rodamiento Y con prisionero, ejes métricos	77
Ilustración 3-45: Características y medidas del soporte para el rodamiento seleccionado.....	78
Ilustración 3-46: Diagrama de Cuerpo libre de los pernos.....	79

Ilustración 3-47: Fuerzas cortantes primarias en el centroide del grupo de los pernos	79
Ilustración 3-48: Fuerzas cortantes secundarias en el centroide del grupo de los pernos	80
Ilustración 3-49: Diámetro y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino	82
Ilustración 3-50: Estructura de la máquina desfibadora.....	84
Ilustración 3-51: Modelo de la estructura en un Software CAD	84
Ilustración 3-52: Dimensiones del tubo estructural cuadrado	85
Ilustración 3-53: Dimensiones del perfil estructural L40X40X2	85
Ilustración 3-54: Aplicación de los perfiles en la estructura de la desfibadora.....	86
Ilustración 3-55: Peso superficial en la estructura de la desfibadora	86
Ilustración 3-56: Ancho tributario de la viga JL	87
Ilustración 3-57: Ancho tributario de la viga GL.....	88
Ilustración 3-58: Ancho tributario de la viga HK.....	89
Ilustración 3-59: Ancho tributario de la viga IJ.....	89
Ilustración 3-60: Carga superficial del peso del motor	90
Ilustración 3-61: Ancho Tributario de la viga RS y TS.....	91
Ilustración 3-62: Determinar los patrones de cargas	92
Ilustración 3-63: Combinación de cargas	92
Ilustración 3-64: Asignación de cargas a la estructura de la desfibadora	93
Ilustración 3-65: Resultados obtenidos de la razón demanda/capacidad	93
Ilustración 3-66: Deformaciones en la estructura de la desfibadora	94
Ilustración 3-67: Modelo de husillo de bolas.	94
Ilustración 3-68: Soporte fijo tipo BK.....	95
Ilustración 3-69: Sistema con tornillo de Bolas	96
Ilustración 3-70: Características técnicas del motor M49SP-1	100
Ilustración 3-71: Circuito eléctrico de mando y control del motor eléctrico.....	103
Ilustración 3-72: Conexión real del circuito eléctrico del motor.....	103
Ilustración 3-73: Circuito electrónico para alimentar el chip ATmega328P.....	104
Ilustración 3-74: Circuito electrónico para el acondicionamiento del ATmega328P.....	104
Ilustración 3-75: Acondicionamiento del driver del motor	105
Ilustración 3-76: Establecer los nombres de los pines del microcontrolador ATmega328P...	105
Ilustración 3-77: Establecer las entradas y salidas de los pines del ATmega328P	106
Ilustración 3-78: Proceso de ejecución del programa.....	107
Ilustración 3-79: Construcción de la estructura de la máquina desfibadora	107
Ilustración 3-80: Construcción del tambor desfibador.....	108
Ilustración 3-81: Ensamble del sistema mecánico para deslizar la mesa de apoyo.....	108

Ilustración 3-82: Construcción y ensamblaje del sistema de desfibrado.....	109
Ilustración 3-83: Proceso de pintado de las partes de la máquina desfibradora	109
Ilustración 3-84: Armado del tablero de control eléctrico.....	110
Ilustración 3-85: Ensamble final de la máquina desfibradora	110
Ilustración 4-1: Desfibradora de Cabuya blanca	111
Ilustración 4-2: Importación de la geometría y mallado de la cuchilla	112
Ilustración 4-3: Representación de las fuerzas y apoyos de la cuchilla.....	112
Ilustración 4-4: Resultado de las deformaciones en la cuchilla.....	112
Ilustración 4-5: Resultados de los esfuerzos de Von Mises	113
Ilustración 4-6: Resultado del factor de seguridad en la cuchilla.....	113
Ilustración 4-7: Importación y mallado del eje.....	114
Ilustración 4-8: Asignación de fuerzas y apoyos en el eje	114
Ilustración 4-9: Resultados de las deformaciones en el eje	115
Ilustración 4-10: Factor de seguridad en el eje.....	115
Ilustración 4-11: Importación y mallado del soporte de las cuchillas	116
Ilustración 4-12: Asignación de Fuerzas y apoyos en el soporte de las cuchillas	116
Ilustración 4-13: Deformaciones en el soporte de las cuchillas	117
Ilustración 4-14: Esfuerzos de Von Mises en el soporte de las cuchillas.....	117
Ilustración 4-15: Factor de Seguridad en el soporte de las cuchillas.....	117
Ilustración 4-16: Proceso para la obtención de fibra de cabuya	118
Ilustración 4-17: Recalibración para obtener la fibra de cabuya	119
Ilustración 4-18: Fibras obtenidas a partir de la hoja de cabuya blanca.....	121
Ilustración 4-19: Punto de equilibrio.....	130

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA PLANCHA

ANEXO B: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL EJE

ANEXO C: PESO DE LA POLEA MAYOR CALCULADO POR SOLIDWORKS

ANEXO D: PESO DE LA CUCHILLA CALCULADO POR SOLIDWORKS

ANEXO E: PESO DEL SOPORTE DEL TAMBOR CALCULADO POR SOLIDWORKS

ANEXO F: DIÁMETRO Y ÁREAS DE ROSCAS MÉTRICAS DE PASO GRUESO Y FINO

ANEXO G: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ELEMENTOS DE FIJACIÓN

ANEXO H: IMÁGENES DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESFIBRADORA

ANEXO I: PLANOS DE DETALLE

RESUMEN

Los pequeños artesanos realizan un procedimiento manual a la hoja de cabuya blanca para la obtención de fibras naturales para la elaboración de sogas, jáquimas, costales. Esta labor está compuesta por etapas: cortar, desespinar, aplastar, lavar y secar, generando un desgaste físico, y más de ello una demora de hasta 15 días. Por lo tanto, el objetivo fue diseñar y construir una máquina semiautomática para desfibrar hojas de cabuya blanca para el sector artesanal. Para ello se realizó una revisión bibliográfica para determinar las propiedades físicas y químicas de la hoja. Además, se analizó los parámetros de operación que debe disponer una máquina desfibradora. Utilizando la metodología QFD (Despliegue de la función de la calidad) y la matriz morfológica se establecen los requerimientos técnicos y la selección de la mejor alternativa de solución para el sistema de desfibrado, sistema de transmisión de potencia, sistema de calibración, sistema de control. Las cuchillas, los soportes y el eje del sistema de desfibrado fueron calculados teóricamente y modelado en el Software SolidWorks, se validó la resistencia y rigidez por el método de elementos finitos en el Software ANSYS. Además, se determinó la potencia del motor de corriente alterna para desfibrar y el torque del motor de corriente continua para el movimiento del sistema de calibración, con sus respectivos esquemas de conexión eléctrica de mando y potencia. Finalmente se construyó y se evaluó su funcionamiento, teniendo como resultado un desfibrado homogéneo de la hoja en un tiempo promedio de 25 segundos, la mayor cantidad de fibras se obtiene en un espacio de 1 a 2 mm entre la cuchilla y la mesa deslizable. Se concluye que la metodología implementada fue adecuada, ya que la máquina tiene la potencia suficiente para desfibrar hojas de cabuya blanca en un tiempo muy corto.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIA DE LA INGENIERÍA>, <MÁQUINA DESFIBRADORA>, <CABUYA BLANCA (*Furcraea Andina*)>, <METODOLOGÍA QFD>, <DISEÑO MECÁNICO>, <GUANO (CANTÓN)>.

2198-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The small artisans carry out a manual procedure on the white cabuya leaf to obtain natural fibers for the production of ropes, halters, and sacks. This work is made up of stages: cutting, de-thorning, crushing, washing and drying, generating physical wear and tear, and moreover a delay of up to 15 days. Therefore, the objective was to design and build a semi-automatic machine to shred white rope sheets for the artisanal sector. For this purpose, a bibliographic review was carried out to determine the physical and chemical properties of the leaf. In addition, the operating parameters that a shredding machine must have analyzed. Using the QFD (Quality Function Deployment) methodology and the morphological matrix, the technical requirements and the selection of the best alternative solution for the defiberation system, power transmission system, calibration system, control. The blades, supports and axis of the shredding system were theoretically calculated and modeled in SolidWorks Software, the strength and rigidity were validated by the finite element method in ANSYS Software. In addition, the power of the alternating current motor to defiber and the torque of the direct current motor for the movement of the calibration system were determined, with their respective control and power electrical connection schemes. Finally, it was built and its operation was evaluated, resulting in a homogeneous defiberation of the blade in an average time of 25 seconds, the greatest amount of fibers is obtained in a space of 1 to 2 mm between the blade and the sliding table. It is concluded that the methodology implemented was appropriate, since the machine has enough power to shred white rope sheets in a very short time.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <DEFIBRATOR MACHINE>, <CABUYA BLANCA (Furcraea Andina)>, <QFD METHODOLOGY>, <MECHANICAL DESIGN>, <GUANO (CANTON)>.



Lic. Luis Francisco Mantilla Cabrera Mgs.

C.I.: 0603747809

INTRODUCCIÓN

El proceso de producción de fibra de cabuya en las parroquias del Cantón Guano se lo realiza artesanalmente, iniciando con el corte y para luego desespinar las hojas, después lo ubican a lo largo de la carretera para que pueda ser aplastado la hoja con las ruedas de los vehículos, finalmente se lo deja reposar en cochas de agua a lo largo de 15 días o más para que se desprende los residuos orgánicos de la hoja y dejar al descubierto la fibra para luego golpearlo y lavarlo obteniendo así la fibra para realizar diversas artesanías como son las sogas, costales, etc.

Viendo el esfuerzo de las personas que realizan para la obtención de la fibra, es necesario diseñar y construir una máquina para desfibrar hojas de cabuya blanca, con un sistema de encendido controlado por dispositivos eléctricos y electrónicos, y la incorporación de materiales de acero aleado para prevenir la corrosión temprana en las partes que están en contacto con la hoja de cabuya blanca. La máquina debe ser capaz de producir fibras de cabuya en menor tiempo, y con el menor esfuerzo físico de la persona.

Esta máquina solo será útil para el desfibrado de hoja de cabuya blanca, con el propósito de reducir el esfuerzo físico del hombre, suprimir el tiempo de la obtención de fibra y tratar de mejorar los ingresos económicos de las personas que se dedican a las artesanías.

CAPÍTULO 1

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La cabuya se cultiva en las provincias de Chimborazo, Carchi, Azuay, Imbabura, Tungurahua, Pichincha y Bolívar. La siembra de esta planta se lo puede hacer en cualquier época, no necesita de mucho cuidado para su desarrollo, pero es recomendable abonar y regar agua cada cierto periodo para obtener una buena producción. En el año 2010 se registraron 2200 hectáreas de cabuya, en el cual se encuentra la cabuya blanca (Tixi, 2019, p. 14).

La hoja de cabuya blanca es cortada, para luego despojar las espinas de sus bordes y finalmente es desfibrado manualmente o por una máquina. La mayor producción de la fibra se lo realiza en Imbabura, específicamente en los siguientes sitios: Intag, Lita, Quiroga, Merced de Buenos Aires. Existen otros sectores que producen pequeñas cantidades para cubrir el consumo de su comunidad (Rubio y Rivadeneira, 1992, p. 66-68).

En Ecuador, la elaboración de artesanías con fibra de cabuya se realiza en diferentes provincias, en Chimborazo se fabrican diversas artesanías con la fibra, que son comercializados en la ciudad y fuera de la provincia. En el cantón Guano existen una parroquia conocida como San Gerardo, su población se dedica a la artesanía de la totora y cabuya, con la fibra de la cabuya realizan sogas, hilos, mantas para el embalaje de diferentes productos. Esta artesanía se mantiene hasta el día de hoy, las mujeres y los niños se dedican en mayor porcentaje a esta actividad, en los últimos años ha disminuido la demanda por la presencia de fibras sintéticas (Guano, 2020).

1.2. Formulación del Problema

En diferentes parroquias que se encuentran en Guano se dedican al sector artesanal, principalmente a realizar artesanías con fibras de cabuyas, esta fibra se obtiene artesanalmente, por lo cual es un proceso que requiere un gran esfuerzo de la persona que se dedica a esta actividad.

Por tal motivo se requiere diseñar y construir una máquina para obtener la fibra de la cabuya blanca, para luego lavar y secarla, con esto se lograría disminuir el tiempo y el esfuerzo de los artesanos.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Tecnológica

En una máquina desfibadora de cabuya blanca es necesario implementar sistemas mecánicos con un diseño resistente y un control eléctrico que permita realizar tareas de control a los dispositivos electromecánicos. También es importante que la máquina presente resistencia a agentes ambientales que produzcan corrosión, hoy en día existen aleaciones de acero que resistente a la oxidación y corrosión.

1.3.2. Justificación Económica

En el mercado existen diversas máquinas que sirven para obtener fibras, lo cual es costoso debido a que estas máquinas se fabrican fuera del Ecuador. Por tal razón se trata de construir una desfibadora de cabuya blanca económica que cumplan con las necesidades de las personas que trabajan en esta actividad.

1.3.3. Justificación Social

En la parroquia de San Gerardo se caracteriza por ser un lugar lleno de artesanías de diversa índole, una de ellas es la elaboración de chimbas, jáquimas, sogas, costales e hilos, con la fibra de cabuya blanca. Las personas que se dedican a esta labor consiguen la materia prima de dos formas: La primera es comprando el paco de cabuya y la segunda es procesando artesanalmente, la adquisición de pacos es lo más sencillo que se hace para obtener la fibra directamente, su valor es de aproximadamente \$60, la gente fabrica sus artesanías para comercializar en los mercados de la ciudad de Riobamba. Su ganancia por su labor es de \$100 por cada paco trabajado, por lo que solo se dedican mujeres y adolescentes en desarrollar las actividades artesanales. En la parroquia existe cultivos de la cabuya blanca que sirven como cercos de los terrenos, por tanto, se puede incentivar en cultivar esta planta para la producción de fibras para poder comercializar y trabajar en artesanías con el propósito de mejorar los ingresos económicos de las personas.

1.3.4. Justificación Ecológica

En la actualidad los polímeros han ganado terreno en la producción de sogas, costales, hilos. Esto se debe a que la materia prima es barata, pero al momento de desecharlo generan problemas ambientales como la contaminación de aire, agua; por su lenta degradabilidad y composición química. En cambio, las fibras naturales no se degradan rápidamente por lo cual no representan una amenaza en la contaminación del planeta.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar y Construir una máquina desfibadora semiautomática de Furcraea Andina (cabuya blanca) para los pequeños artesanos del Cantón Guano.

1.4.2. Objetivo Especifico

- Estudiar la hoja de la cabuya blanca con el fin de determinar la forma y propiedades mediante una revisión bibliográfica.
- Explicar los métodos utilizados para desfibrar la hoja de cabuya blanca.
- Identificar los parámetros de operación adecuados para el desfibrado de la hoja de cabuya blanca.
- Diseñar una máquina con el propósito de desfibrar la hoja aplicando software de diseño mecánico y eléctrico.
- Construir la máquina desfibrado de cabuya blanca para la obtención de fibras mediante la manufactura industrial.
- Evaluar los resultados del desfibrado de la hoja para comprobar el funcionamiento.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Cabuya

La planta de cabuya se puede cultivar en lugares que tenga una temperatura entre 8°C a 40 °C, el suelo para su cultivo puede ser seco y calcáreo. Se puede sembrar en cualquier región del Ecuador, por lo que es fácil industrializar su fibra. El Ecuador se tiene dos especies de cabuya: agave americana y furcraea andina (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas, 2015 p. 8).

La planta tiene su origen en América tropical, principalmente en la región andina de Colombia y Venezuela. En Ecuador se cultiva en gran cantidad en la provincia de Imbabura en las zonas de Intag, Guallupe, Lita, Cotacachi, Quiroga, Atuntaqui, Picaigua, Cubijés, Chota. Existen también cultivos en la provincia de Pichincha, Santo Domingo de los Colorados, Cotopaxi, entre otras. Puede utilizarse para la producción de textiles, jabón, leña, alimento de ganado, para divisiones de terreno (Checa y Jurado 2001 pp. 3-12).

2.1.1. Cabuya Blanca (*Furcraea andina*)

La furcraea andina o fique es una planta que puede alcanzar entre 2 a 7 m de altura, sus hojas crecen directamente del tronco y tienen un aspecto carnosos (Duque, 2011 p. 11). Su tronco es de 30 cm de espesor, hojas lineales de 150 a 200 cm y el ancho es de 8 a 14 cm (Wikiwand, 2011). La hoja es de color amarillo verdoso y su espesor máximo es de 3cm, debido que contiene una mínima cantidad de zumo, por lo tanto, su desfibrado es fácil de realizar (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas 2015, p. 9). La fibra obtenida es fina, blanca, dura y brillante (Wikiwand, 2011).



Ilustración 2-1: Furcraea andina

Fuente: (Wikiwand, 2011)

La cabuya blanca en Ecuador se distinguen variedades del género *furcraea* que se describirán a continuación:

Tabla 2-1: Variedades del género *Furcraea*

ESPECIE	CARACTERÍSTICAS			
	TRONCO	HOJAS	AGUIJONES	PRODUCCIÓN DE FIBRA
Macrofilia	*Corto *Altura aproximada 30 cm	*Color Verde *Cóncavas *Lisas por el haz y ásperas por el envés *Longitud de 150 a 200 cm *Ancho de 8 a 14 cm	*Marginales y curvados *Color Rojo *Longitud de 5 a 7 mm *Distancia de espina a espina 40 a 80 cm *Aguijón terminal diminuto.	*Una hoja de 3 a 4% de fibra anual
Andina	*Muy corto *Altura aproximada 20 cm	*Color Verde *Cóncavas o casi planas *Longitud de 120 a 170 cm *Ancho de 10 a 15 cm	*Marginales y encorvados hacia la punta de la hoja *Longitud de 5 a 8 mm *Distancia de espina a espina 15 a 20 cm.	*1 kg anual de una planta
Humboltiana	*Largo *Altura aproximada de 1 a 3 m	*Color verde claro o agregado *Casi plana *Longitud de 100 a 175 cm Ancho de 12 a 15 cm	*Marginales divergentes *Localizados en la mitad de la hoja. *Longitud de 2 a 5 mm *Distanciado de espina a espina 25 a 65 cm. *Algunas no poseen espinas	*600 a 1000 kg anuales por hectárea

Fuente:(Checa y Jurado, 2001, p. 5)

2.1.1.1. Hoja de *Furcraea andina*

La hoja está dispuesta alrededor del tallo de la planta, tiene una forma lineal lanceoladas y su longitud es aproximadamente 10 veces el ancho. Los bordes pueden estar lleno de espinos o completamente lisos (Checa y Jurado, 2001, p. 8).

Tabla 2-2: Parámetros promedio de la hoja

PARÁMETRO	PROMEDIO	Unidad
Masa	0,545	kg
Largo (con lomo)	1,220	m
Ancho (máximo)	0,109	m
Espesor (máximo)	0,022	m
Área de la sección transversal (70 mm desde el extremo trasero)	748	mm ²

Fuente: (Kanogu, Antony y Kiguru, 2011 p. 8)

2.1.1.2. Características de la hoja

La ilustración 2-2 muestra en un esquema la hoja de cabuya, mostrando las variables de su dimensión, donde, L_w es el ancho de la hoja, que varía al hacerse mayor en el centro de la hoja, su ancho es relativamente menor en la base y en el extremo de la punta. L_{th} representa el grosor de la hoja, que es la distancia desde su parte posterior hasta la superior, el grosor varía siendo mayor en la base y se va reduciendo a lo largo de su longitud siendo más pequeña en el final de la hoja. L_l representa la longitud de la hoja, ΔL representa la longitud para la empuñadura, por lo que no se desfibrara por razones de seguridad, C_l es la longitud que se desfibrara en la máquina. T_l es la longitud del espino que está en la punta de la hoja (Pérez del Rio et al., 2022, p. 293).

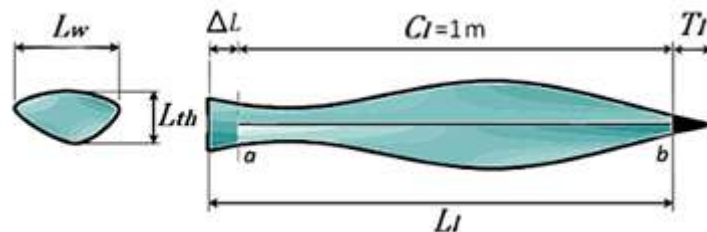


Ilustración 2-2: Esquema de la hoja Agave Angustifolia Haw

Fuente: (Pérez del Rio et al., 2022, p. 293)

2.1.1.3. Propiedades Mecánicas de la fibra

Las propiedades mecánicas de la fibra dependen de dos sustancias químicas, la celulosa y la lignina. La lignina se encarga de la protección de la fibra del medio ambiente y la celulosa determina su resistencia mecánica. Las propiedades mecánicas de las fibras indicadas en la tabla 2-3, es recopilada a partir de varios autores, son datos variables ya que no dependen del método de desfibrado sino también de su humedad que esta posea, por ende, las condiciones de secado son indispensables para no perder características de refuerzo de la fibra (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas, 2015 p. 14).

Tabla 2-3: Propiedades mecánicas y químicas de algunas fibras vegetales vs algunas fibras sintéticas.




Tipo de fibra	Especie	Diámetro (µm)	Densidad (g/cm ³)	Elongación %	Resistencia a la tracción (Mpa)	Módulo de Young (Gpa)	Humedad %	Lignina %	Celulosa %
Abacá	Musas textiles	50-280	1,30	2,5-3,7	400-1289	39-45	5-10	12-13	56-63
Cabuya	Furcraea cabuya	50-200	1,45	3,5-5,1	511-635	17-22	10-22	11	70
Piña	Ananás comosus	20-80	1,35	3-4	413-1627	34,5-82,5	13,5		
Banana	Musa sapientum	50-250	1,03	1-3,5	384	20-51	10-12	5	63-64
Vidrio	-	21,3	2,54	3	2000-3500	56-72	-	-	-
Carbono	-		1,4	1,4-1,8	4000	230-240	-	-	-

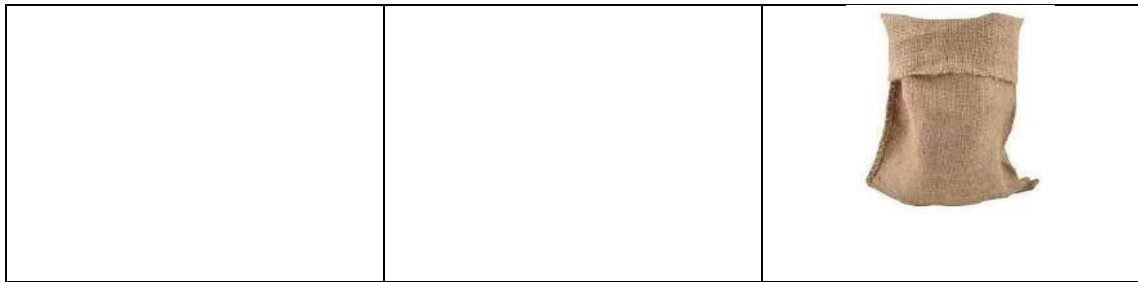
Fuente: (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas, 2015, p. 14)

2.1.1.4. Aplicaciones

Existen una gran variedad de artesanías que se puede elaborar con la fibra de cabuya, a continuación, se indicaran los usos más comunes en la provincia de Chimborazo:

Tabla 2-4: Usos de la fibra Furcraea andina

Campo	Uso	Imagen
Confección	Bolsos	
Cordeles	Hilos Sogas Costales	 



Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

2.2. Métodos de Desfibrado

2.2.1. Método manual

2.2.1.1. Sistema de Enriado

Se realiza atados de 5 o 10 hojas de cabuya amarrados fuertemente, luego se introducen en tanques o cochas de agua por un mes o en pequeños riachuelos durante 15 días. El objetivo de mantener mojado las hojas es para que se descomponga la goma y pulpa fácilmente luego de golpear o sacudir. Esta actividad es demorosa y requiere de gran esfuerzo de la persona para la obtención de la fibra. La calidad de la fibra es baja por lo que no es la ideal para trabajar (Checa y Jurado, 2001 p. 19). El proceso de Enriado es usado para hojas delgadas y flexible como la hoja de piña y el lino, sin embargo, se usa también para obtener fibras de tallos como el ramio y cañama. (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas 2015, p. 16).

2.2.1.2. Tallado

En el tallado se hace con una herramienta llamado raspador, está constituido de una pieza de madera provista de dos mangos, a la que se sujeta firmemente una cuchilla de metal o de hueso, la cual se usa para raspar la hoja a mano, el proceso tiene un rendimiento máximo de 6 libras diarias y los desperdicios que se generan sobrepasan el 50%. El procedimiento no es aplicado en la actualidad ya que es ineficaz y los costos de producción serían caros (Checa, Jurado, 2001 p. 19). Este proceso conlleva invertir un gran tiempo debido a que se realiza manualmente. Es usado para extraer fibras de hojas delgadas como la hoja de piña y cabuya (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas, 2015 p. 16).

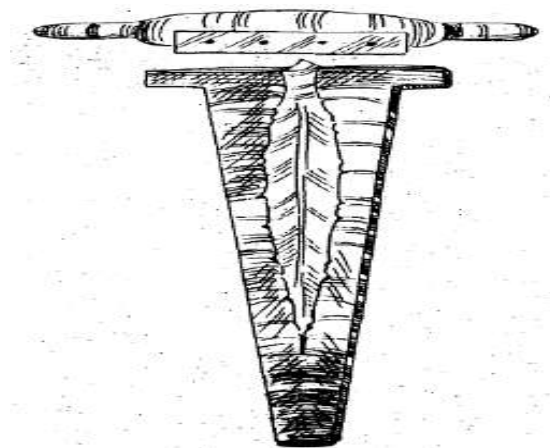


Ilustración 2-3: Desfibrado, método manual: tallado
Fuente: (Rubio y Rivadeneira, 1992, p. 70)

2.2.2. Desfibrado por máquina

La máquina está constituida por un motor de 3 a 6 Hp que impulsa por medio de un sistema de transmisión un tambor de 30 a 40 cm de diámetro, con 15 o 20 cuchillas usada para raspar, golpear y limpiar, eliminando así la pulpa y goma que acompaña a la fibra. El desfibrado por máquina comienza con la recolección de hojas, luego se clasifica de acuerdo a su grosor para la calibración de la máquina para cada motón. El operario desfibrara por partes la hoja, primero la mitad de la punta y luego la mitad de la base de la hoja. Deberán estar protegido con un delantal, guantes, gafas y botas de caucho para prevenir la irritación de la piel debido al contacto del jugo de la hoja con la piel (Checa, Jurado, 2001, p. 20). La fibra obtenida se lava con agua para eliminar completamente los residuos orgánicos producido durante el desfibrado, para luego poner a secar al sol (Ahmad et al., 2017, p. 210).

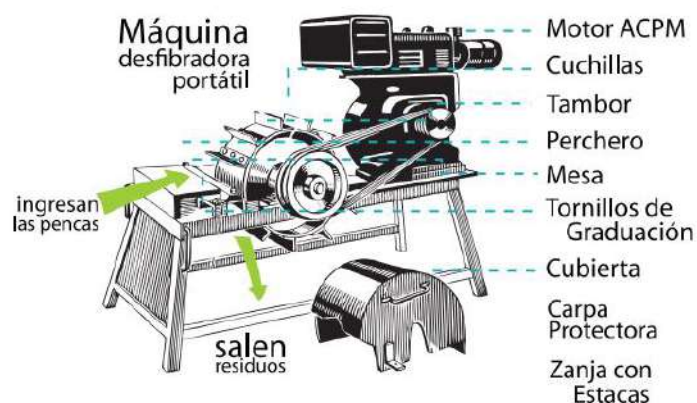


Ilustración 2-4: Desfibradora
Fuente: (Duque, 2011, p. 13)

Una máquina para desfibrar está compuesta de los siguientes elementos:

2.2.2.1. Motor

Es la fuente que genera el movimiento circular al tambor desfibrador por medio de un sistema de transmisión (Duque, 2011, p. 13). El motor puede ser: eléctrica, a gasolina.

Un motor eléctrico es un dispositivo electromecánico que la transforma la energía eléctrica en energía mecánica; son muy utilizados en la industria para impulsar distintas máquinas. Se conectan a la red eléctrica utilizando elementos adecuados de mando y protección eléctrica. El tipo de motor eléctrico más utilizado son los trifásicos asíncronos (Farina, 2018, p. 68).

Los motores eléctricos trifásicos asíncronos tienen la característica de que la velocidad a la que gira el rotor es menor que la velocidad de sincronismo. Son construidos para frecuencias de 50 y 60 Hz; para voltajes de 220V, 380V, 440V, 2300V, 6000V; muchos de estos motores bien equipados para trabajar a dos tensiones diferentes (Jaramillo Rodríguez y Peña Coronel, 2018, p.15).



Ilustración 2-5: Motor eléctrico trifásico asíncrono
Fuente: (Farina, 2018, p. 68)

2.2.2.2. Mesa

Se trata de una estructura de varilla en L de acero soldable, en su superficie superior se soporta el resto de los elementos de la máquina. La hoja ingresa por encima de la mesa y sus desperdicios se evacuan por el interior de la mesa (Duque, 2011, p. 13). Los soportes de la mesa están contruidos por un ángulo de 15° para que se mantenga firme sin perforar el piso (Cobix et al., 2022, p. 140).



Ilustración 2-6: Desalojo de residuos con salida frontal
Fuente: (Cobix et al., 2022, p. 140)

2.2.2.3. Sistema de transmisión

Un sistema de transmisión se encarga de transmitir la potencia del motor al tambor desfibrador, la mejor opción es por banda y polea debido a que reduce posibles vibraciones que se producen en la máquina cuando se encuentre en funcionamiento (Salgado, 2017, p. 22).

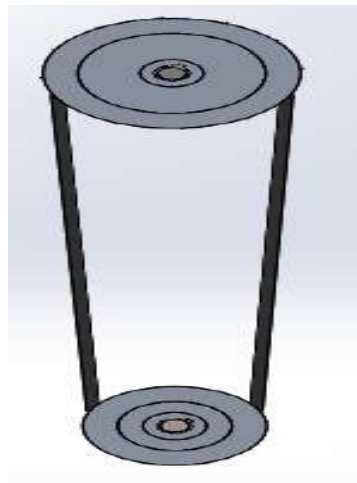


Ilustración 2-7: Sistema de poleas
Fuente: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

2.2.2.4. Tambor Desfibrador de Searby

El tambor desfibrador este compuesto por un cilindro con soportes para la colocación de cuchillas, que se encargan de golpear, raspar y limpiar la corteza de la hoja. Los residuos de la corteza caen en la tolva de descarga (Pérez del Río et al., 2013, p. 7). Es de fácil construcción y mantenimiento, si no hay mantenimiento del tambor puede existir oxidación en las cuchillas por los residuos orgánicos de la hoja (Cobix et al., 2022, p. 138).

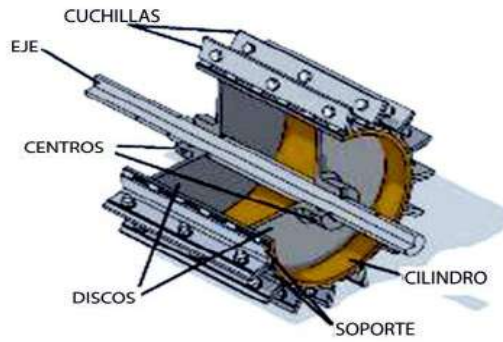


Ilustración 2-8: Partes del órgano desfibrador
Fuente: (Pérez del Río et al., 2013, p. 7)

2.2.3. *Perchero o Mesa de Trabajo*

Sirve de apoyo para la penca cuando está ingresando al tambor giratorio. El espacio del perchero y el tambor depende del grosor de la hoja, se gradúa con un tornillo de graduación (Duque, 2011, p. 13). La distancia entre el perchero y el tambor será un factor principal para evaluar la calidad de la fibra (Cobix et al., 2022, p. 142).

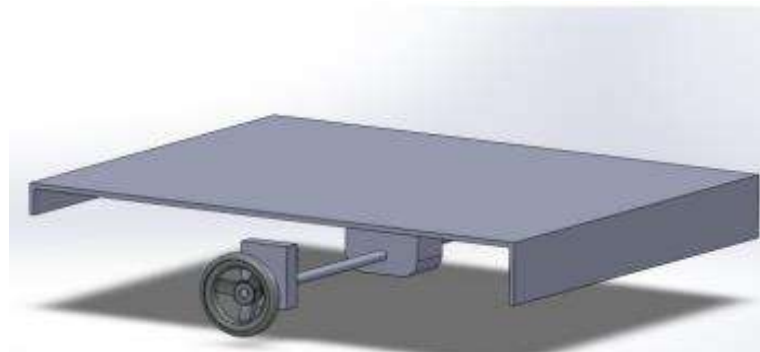


Ilustración 2-9: Perchero o Mesa de trabajo
Fuente: (Cobix et al., 2022, p. 142)

2.2.4. *Tolva de descarga*

Los residuos generados por el desfibrado serán evacuados por la parte frontal, perpendicular al eje del tambor. (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas, 2015, p. 66). Es de fácil construcción, los residuos tienen salida directa, por lo tanto, tienen poca probabilidad de que queden almacenados (Cobix et al., 2022, p. 140).

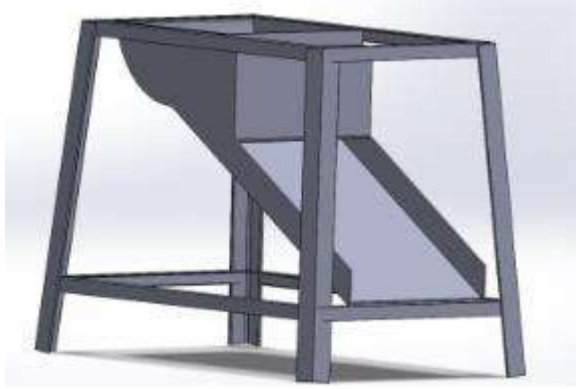


Ilustración 2-10: Desalojo de residuos con salida frontal

Fuente: (Cobix et al., 2022, p. 140)

2.2.5. *Cubierta*

Sirve para cubrir al tambor giratorio y se fija en la estructura de la mesa, para evitar accidentes que pueda afectar la integridad del operario (Duque, 2011. p. 13).

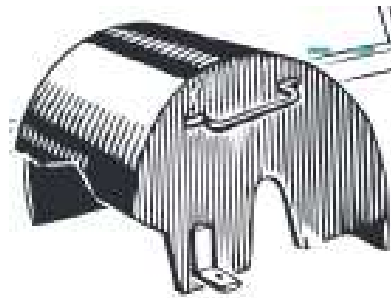


Ilustración 2-11: Cubierta

Fuente: (Duque, 2011, p. 13)

2.3. **Parámetros de operación**

2.3.1. *Fuerza para el desfibrado*

El desfibrado de las hojas corresponden a un proceso consecutivo de golpes que sufre la hoja para de esta forma ablandar su corteza, y retirar el material adherido. Como consecuencia de este proceso se deja al descubierto la fibra (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas, 2015, p. 75).

Para determinar la fuerza de desfibrado se usa la fórmula siguiente:

$$F = \frac{Te}{dr} \quad (2.1)$$

Donde:

F : Fuerza de desfibrado

Te : Torque en el eje del rotor

dr : Diámetro del rotor

La potencia requerida para el proceso del desfibrado se puede determinar mediante la expresión (Ahmad et al. 2017, p. 212):

$$P = \frac{(W_r * D * F_d)}{2} \quad (2. 2)$$

Donde:

P : Potencia requerida para el proceso de desfibrado

W_r : Velocidad de rotación del raspador

D : Diámetro del raspador

F_d : Fuerza de resistencia del desfibrado

2.3.2. Velocidad en el rotor

La hoja ingresa a una velocidad VH y es desfibrada mediante un rotor compuesto por cierto número de cuchillas Np que se encuentran separados por un ángulo θ y que giran a una velocidad rotacional antihoraria wr o nr . La distancia de la hoja entre cada golpe generada por las cuchillas la denominaremos SH , se estima que debe ser menor a 2mm, debido a que el intervalo de golpe entre cuchillas se realiza en un lapso muy corto de tiempo (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas 2015, p. 86). Hoy en día las máquinas desfibradoras tienen una rotación de 1000 rpm, acompañado de 16 cuchillas con una longitud de 28 cm que se colocan en un tambor de 34,5 cm de diámetro (Biblioteca Agropecuaria de Colombia, 2010, p. 67).

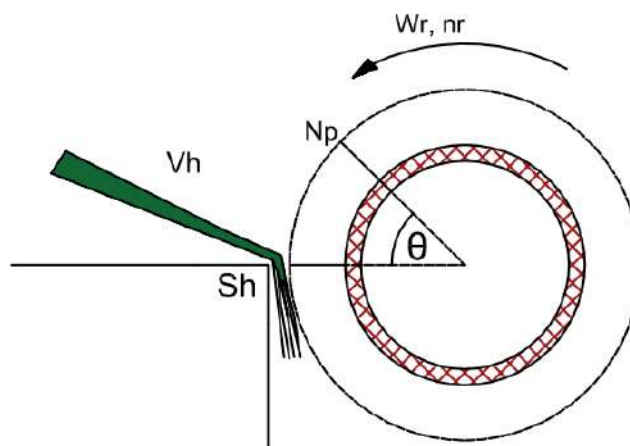


Ilustración 2-12: Diagrama del rotor

Fuente: (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas, 2015, p. 86)

Consideraciones:

- El movimiento del rotor es un movimiento circular uniforme.
- La velocidad de alimentación de la hoja se supone uniformemente, por lo que se trataría de un movimiento rectilíneo uniforme.

2.3.3. Tambor desfibrador

El tambor desfibrador cilíndrico es un elemento en donde se realiza el proceso de separación de los residuos orgánicos y las fibras (Pérez del Río et al., 2013, p. 7).

2.3.3.1. Cilindro

Su función es la de sostener y transmitir el movimiento a las cuchillas. Para ello la mejor opción es usar un tubo sin costura (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas, 2015, p. 91).

Para calcular el volumen del cilindro se usará la ecuación que se muestra a continuación:

$$V_c = \frac{\pi}{4} (De^2 - Di^2) * Lc \quad (2.3)$$

Donde:

V_c : Volumen del cilindro

De : Diámetro externo del cilindro

Di : Diámetro interno del cilindro

Lc : Longitud del cilindro

Para determinar el peso del cilindro se aplicará la ecuación:

$$Pc = Vc * \gamma c \quad (2.4)$$

Donde:

Pc : Peso del cilindro

Vc : Volumen del cilindro

γc : Peso específico del material

2.3.3.2. Cuchillas

Las cuchillas están montadas en el cilindro circunferencial y el borde de ataque de las palas debe estar ligeramente redondeada, para evitar daño de corte en la hoja. (Kanogu et al., 2011, p. 28).

Para calcular el peso de la cuchilla se aplica la ecuación:

$$P_{cu} = Lc * Pu * g \quad (2. 5)$$

Donde:

P_{cu} : Peso total de la cuchilla

Lc : Longitud de la cuchilla

g : Gravedad

2.3.3.3. Discos Redondos

Su función es la de apoyo y transmitir el movimiento al cilindro. Se escogieron dos placas circulares para que el peso y el balanceo del cilindro sean uniformes (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas, 2015, p.100).

El volumen de los discos redondos se determinará utilizando la ecuación:

$$Vd = \frac{\pi}{4} * Dd^2 * ed \quad (2. 6)$$

Donde:

Vd : Volumen de un disco

Dd : Diámetro del disco

ed : Espesor del disco

El peso del disco se determinará con la ecuación:

$$Ptd = Vtd * \gamma \quad (2. 7)$$

Donde:

Ptd : Peso del disco

Vtd : Volumen del disco

γ : Peso específico del material

2.4. Materiales

Las partes de la máquina desfibadora de sisal como es la estructura, cuchillas, ejes, tambor, tolva, etc., se fabricaron con acero dulce (MS) porque es económico, duradero y fácil adquisición (Ahmad et al., 2017, p. 210).

Del trabajo de (Kanogu et al. 2011, p.28), establece que el material utilizado para construir el tambor es de acero dulce, porque es de bajo costo. El propósito del proyecto es obtener una máquina económica debido a que está enfocado a las personas que trabajan en el campo.

Por su parte (Espín Cárdenas y Tello Manosalvas, 2015), indica que se ha utilizado diversos materiales para la construcción de la desfibadora de hoja, como el Acero A-36 para la estructura, Acero AISI 4140 para el eje, Tol galvanizado y plancha A-36 para la cubierta y protecciones del sistema de transmisión.

Por otra parte, una máquina desfibadora de tallos de banano este compuesto de diferentes piezas de fabricación y selección. El tambor desfibador este compuesto de cilindros, discos y cuchillas, el material utilizado es el acero inoxidable, para proteger de la oxidación que ocurre cuando existe el contacto con residuos orgánicos del tallo desfibado (Salgado, 2017, pp. 29-35).

Los materiales que se usan en la desfibadora son varios, eso depende de la condición de su uso. Si es para las personas del campo se utilizarán materiales económicos y de fácil adquisición como el Acero A-36; si se usa como equipo de laboratorio se utilizan diferentes materiales como Acero galvanizado, Acero AISI 4140 y Acero inoxidables, que ayudan a mejorar la resistencia a la corrosión y alargar la vida útil de la máquina.

Pero también han utilizado el acero inoxidable para construir ciertas partes, como es el caso de la desfibadora de tallo de banano que ayuda a la protección de la oxidación y corrosión del tambor desfibador.

A continuación, se van a describir los materiales que se han usado en las máquinas desfibadoras:

2.4.1. Aceros Inoxidables

Los aceros inoxidables son utilizados en ingeniería debido a que son resistentes a la corrosión en muchos ambientes, esto es porque tienen en su composición alto contenido de cromo. Para

proteger de la corrosión el cromo forma un óxido superficial a la aleación hierro-cromo subyacente. El óxido protector se activa al momento que el acero inoxidable está expuesto a agentes oxidantes. (SMITH y HASHEMI, 2006, p. 424)

2.4.1.1. Aceros inoxidables Austeníticos

Los aceros inoxidables austeníticos están formados por hierro-cromo-níquel, contiene cromo entre 15 a 25% y Níquel entre 7 a 20%. Tiene la característica de tener mayor resistencia a la corrosión que los aceros inoxidables ferríticos y martensítico debido a que los carburos pueden conservarse en solución solida mediante el enfriamiento rápido de altas temperaturas. Pero si se soldaran o enfriaran lentamente a partir de elevadas temperaturas en un rango de 870 a 600°C, puede volverse débil a la corrosión intergranular ya que los carburos que contienen cromo se precipitan en los límites de grano (SMITH y HASHEMI, 2006, p. 424).

- Acero inoxidable 304: Son dúctiles y tienen una excelente soldabilidad, no son magnéticos, por tanto, no se pegan a un imán, tampoco pueden ser endurecidos por tratamientos térmicos. Son muy utilizados en la industria farmacéutica, naval, arquitectura, química, alimentación y de transporte (IMPORT ACERO, 2023).

Tabla 2-5: Propiedades mecánicas del acero inoxidable 304

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación %Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm2	Psi	Kg/mm2	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Fuente: (IMPORT ACERO, 2023)

2.4.2. Aceros al carbono

Son los que están constituidos por aleaciones hierro-carbono con un porcentaje de carbono que va desde 0.003 a 1.2 % C. Tienen muy poca resistencia a la corrosión y oxidación; y su templeabilidad es baja. Se puede realizar tratamientos térmicos e incorporar otro material como el magnesio para alcanzar resistencias de hasta 690 Mpa (Shackelford, 2010, p. 393).

Según su composición se puede clasificar en: Aceros de Bajo carbono, Aceros de medio carbono, Acero de alto carbono.

2.4.2.1. Aceros de bajo carbono

También conocido como acero dulce, tienen un porcentaje de carbono inferior al 0.30%. Es utilizado para productos industriales comunes, como pernos, planchas, tubos, hojas; y para elementos de máquinas que no requieran alta resistencia. Aceros como AISI 1018, ASTM A-36 son considerados aceros de bajo carbono y se endurecen únicamente por carburación (Kalpakjian, Schmid, 2008, p.159).

- ASTM A36: Es una aleación de hierro, con un porcentaje inferior a 0.29% de carbono y otros minerales con pequeñas cantidades como el magnesio y silicio para mejorar la resistencia a la tracción y la soldabilidad. Por su fácil soldabilidad se usa mucho en la construcción de puentes, edificios y estructuras soldadas o atornilladas. (Cía., 2020).

Tabla 2-6: Propiedades mecánicas del ASTM A36

PROPIEDADES MECÁNICAS			
Resistencia a la tracción	Límite Elástico, min	Alargamiento %, min	
Mpa	Mpa	200 mm	50mm
400-550	250	20	23

Fuente: (Cía., 2020)

2.4.2.2. Acero al medio carbono

Son aquellos aceros que tienen un porcentaje de carbono entre 0.30% a 0.60%C. Son menos dúctiles y tienen mayor resistencia que los aceros de bajo carbono, se usan en maquinaria, partes de equipos automotores y agrícolas (ejes, bielas, engranajes), equipos ferroviario y maquinarias para el trabajo de los metales. Aceros como AISI 1045 o AISI 4140 son considerados como aceros de bajo carbono, además la soldabilidad de este acero requiere cuidados especiales (Kalpakjian, Schmid, 2008, p.159).

- AISI 4140: Es un acero que contiene 0.38 a 0.43% de carbono, de 0.15 a 0.35% de silicio, y de 0.75 a 1% de manganeso. Tiene una gran resistencia a la fatiga, impacto y a la abrasión, es posible realizar maquinabilidad, pero la soldabilidad es moderada. Se usada en la industria automotriz (engranajes, bielas, rotores y ejes), partes de maquinaria (barras de conexión, turbinas de vapor, espárragos y tornillos), piezas forjadas (llave de mano y destornilladores), industria petrolera (taladros, brocas) (Aceromafe, 2022).

Tabla 2-7: Propiedades mecánicas AISI 4140

PROPIEDADES MECÁNICAS					
Estado de Suministro	Resistencia tracción kg/mm ²	Límite elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza Brinell HB
Laminado en caliente	60/70	40	22	50	210/240
Calibrado	70/80	60	14	40	240/260
Bonificado	88/100	75	14	47	260/320

Fuente: (General de Acero, 2022)

2.4.2.3. Aceros de alto carbono

Son aquellos aceros que tienen un porcentaje de carbono más de 0.60%. Se usa en herramientas de corte, cables, cuchillería y resortes por su alta resistencia al desgaste y dureza, después del conformado de la pieza se puede hacer tratamientos térmicos y revenido de las partes para variar la dureza y resistencia mecánica. Su soldadura es considerada de alto riesgo por su excesiva dureza y fragilidad (Kalpakjian Schmid, 2008, p. 159).

2.4.3. Acero galvanizado

Es un acero recubierto por varias capas de zinc por un proceso que ayuda a proteger el elemento de la oxidación. En el proceso de galvanizado se construyen capas de aleación que constituyen una barrera impermeable entre el sustrato de acero y la corrosión que se produce en la atmósfera. Esta protección evita que la humedad, los sulfuros, los cloruros dañen al acero. El acero galvanizado tiene buena soldabilidad, puede ser pintado, atornillado y combinados con otro tipo de piezas (ractem, 2020).

Tabla 2-8: Propiedades mecánicas del acero galvanizado

PROPIEDADES MÉCANICAS			
Calidad	Fluencia (Mpa)	Resistencia (Mpa)	% Elongación
CS Comercial	230	310	20
SS G33 (230)	230	310	20
SS G40 (275)	275	380	16
SS G50 (350)	350	450	12

Fuente: (Cháfuel Ortega, 2017)

2.5. Automatismos industriales

Se define al automatismo industrial como un circuito eléctrico que puede realizar secuencias lógicas por medio de contactos electromecánicos sin la intervención de un operario. Es muy utilizado en el sector industrial para el arranque y control de maquinaria, también se utiliza en el sector doméstico para la gestión de energía, riego automático, etc. (Martin y García, 2009, p. 136).

2.5.1. Automatismos cableados

Consiste en conectar con cables los contactos de los sensores, contactores, temporizadores para cumplir una tarea específica (Martin y García, 2009, p. 136).

2.5.1.1. Elementos de mando

Son los dispositivos para ejecutar diversas operaciones, como el arranque, parada, cambio de velocidad de diferentes máquinas eléctrica, facilitando al operario la maniobra de los equipos evitando riesgos de contacto con las magnitudes eléctricas de forma directa.



Ilustración 2-13: Dispositivos de mando eléctrico

Fuente: (Martin y García, 2009, p. 142)

2.5.1.2. Elementos de Señalización

Se utiliza para emitir señales de funcionamiento del automatismo de manera visual o auditiva y que el operario debe atender al realizar acciones sobre él. Los estados que suelen señalar son la puesta en marcha de máquinas, disparos de relés y dispositivos de protección (Martin y García, 2009, p. 149).



Ilustración 2-14: Dispositivos de señalización

Fuente: (Javier Ordóñez y Felipe Resabala, 2020, p. 45)

2.5.1.3. Elementos de Protección

Son dispositivos que actúan ante valores anormales superiores a 10 veces la corriente nominal en falla de tipo cortocircuito y sobrecarga para garantizar la seguridad e integridad de las personas, de receptores, dispositivos de mando, conexiones eléctricas, etc. (Javier Órdoñez y Felipe Resabala, 2020, p. 49).



Ilustración 2-15: Dispositivos de protección
Fuente:(Javier Órdoñez y Felipe Resabala, 2020, p. 53)

2.5.2. Esquemas en automatismo industrial

2.5.2.1. Esquema de Mando

Es un circuito eléctrico con alimentación monofásica a 120 V (Fase - Neutro) o bifásica a 220V (Fase - Fase), representa la combinación lógica de los contactos de los sensores como finales de carrera, pulsadores, etc. para mandar las bobinas de los elementos de control, como relés auxiliares, contactores, temporizadores, etc. El circuito de mando debe tener protección contra cortacircuitos, esta puede ser el mismo que se utiliza en el esquema de fuerza (Martin y García 2009, p. 166).

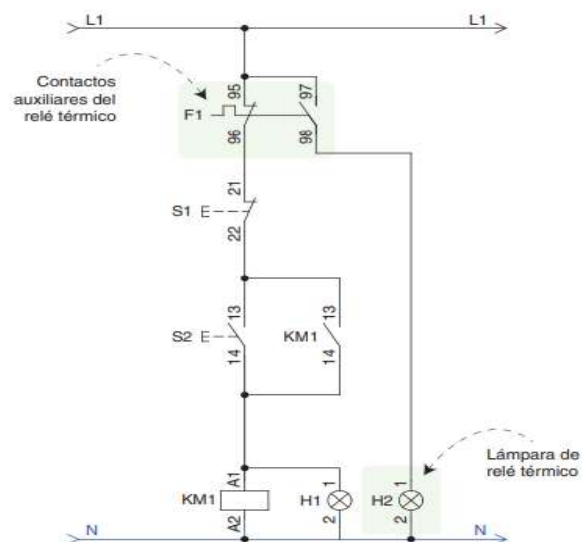


Ilustración 2-16: Esquema de mando de un arranque directo de un motor eléctrico trifásico

Fuente: (Martin y García 2009, p. 172)

2.5.2.2. Esquema de potencia

Es un circuito que maneja grandes intensidades por lo que se debe calcular la sección del conductor, además deben tener dispositivos de protección contra cortocircuitos y sobrecarga para proteger el receptor. El receptor puede ser energizado con conexión monofásica, bifásica o trifásica.

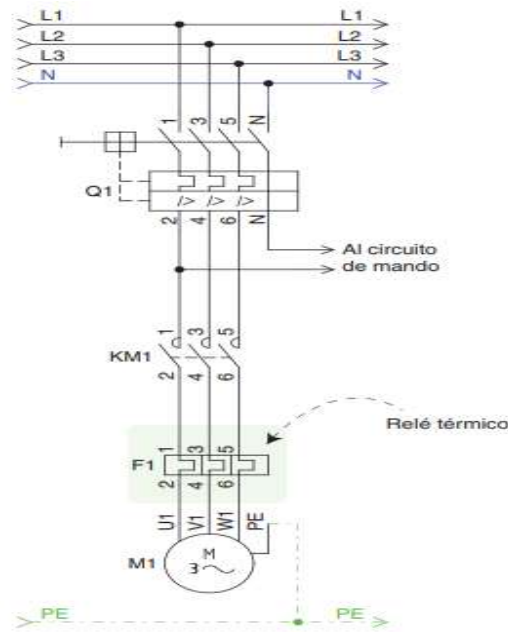


Ilustración 2-17: Esquema de potencia de un arranque directo de un motor eléctrico trifásico

Fuente: (Martin y García, 2009, p. 172)

2.5.3. Automatismos Programables

2.5.3.1. Autómata Programables

Es un dispositivo electrónico capaz de dirigir los circuitos de los procesos industriales de forma programada. Su diseño es capaz de admitir múltiples señales tanto de entrada como de salida y actuar en consecuencia (Martin y García, 2009, p. 258).

2.5.3.2. Estructura del autómata programable

Está constituido por un sistema electrónico basado en microprocesador, encargado de procesar la información de las señales del exterior, a través de los interfaces de entrada y salida. Para su funcionamiento continuo es necesario de una fuente de energía eléctrica. El algoritmo de programación se lo desarrolla en un ordenador que serán almacenados en los diferentes tipos de memoria del autómata programable dispone y gestiona (Martin y García, 2009, p. 259).

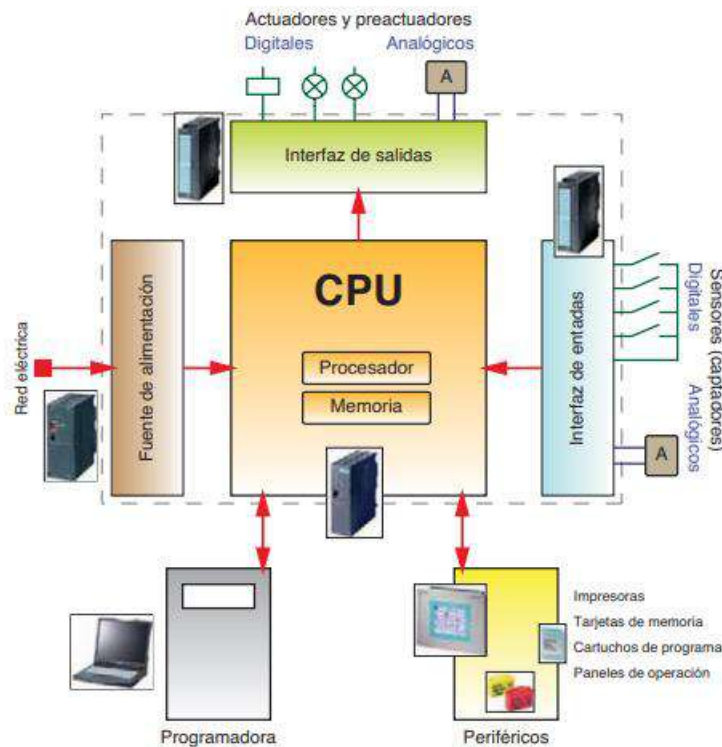


Ilustración 2-18: Estructura de un autómata programable
Fuente:(Martin y García, 2009, p. 260)

2.5.3.3. Unidad central de procesos (CPU)

Se trata del cerebro del autómata programable, está constituido por el microprocesador y la memoria. Su misión es procesar las señales de entrada y actuar sobre las interfaces de salida en función de las instrucciones del programa. Además, debe ser capaz de detectar errores de funcionamiento del propio equipo y señalarlos a través de una pantalla de información o indicadores luminosos.

2.5.3.4. Fuente de alimentación

Convierte la corriente alterna en corriente continua para alimentar los circuitos internos del interior del autómata. Normalmente, la tensión de trabajo interna suele ser de 24 V en corriente continua (Martin y García, 2009, p. 262).

2.5.3.5. Entradas y Salidas digitales

Las entradas digitales captan señales de tipo discreto que varían su estado ante cambios de tensión todo o nada. El autómata programable detectara un 1 lógico, cuando el valor es máximo, o un 0

lógico, cuando el valor es mínimo. Las salidas digitales envían señales lógicas 1 o 0 para activar o desactivar los actuadores (Martin y García, 2009, p. 263).

2.5.3.6. Entradas y salidas analógicas

Las entradas analógicas detectan valores de tensión o corriente intermedios dentro de un rango, para producir eventos por comparación cuando se alcanzan los establecidos en el programa del usuario. Las salidas analógicas acondicionan la señal de salida sobre los actuadores analógicos (Martin y García, 2009, p. 266).

2.5.3.7. Equipos de Programación

Permiten la comunicación entre el usuario y el autómata programable. La función principal es:

- Importar los programas en la memoria
- Modificar y editar programas existentes en la memoria del autómata programable.
- Localizar anomalías en el algoritmo de programación.
- Visualizar en tiempo real el estado de entrada y salidas (Martin y García, 2009, p. 269).

2.5.3.8. Periféricos

Son dispositivos con posibilidad de conexión al autómata programable, su misión es facilitar la tarea del usuario en trabajos de grabación, presentación e impresión de datos informativos.

Visualización y paneles de operación

- Textuales: Representan la información en una pantalla de cristal líquido con mensaje en modo texto.
- Gráficos: La pantalla es de forma gráfica que representa el proceso a controlar, pueden ser táctiles, pudiendo actuar directamente sobre los elementos que aparecen en ella (Martin y García, 2009, p. 272).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología del diseño

Se definirá el diseño de la desfibadora utilizando la metodología del diseño concurrente, con el propósito de cumplir con la necesidad del productor de cabuya, enfocando en el proceso de raspado, golpeado y limpieza de la hoja de cabuya para la obtención de la fibra, para luego lavarlo y secarlo para poder utilizarlo en la elaboración de costales, sogas, hilos, bolsos, etc. La metodología que se utilizó se ilustra a continuación:

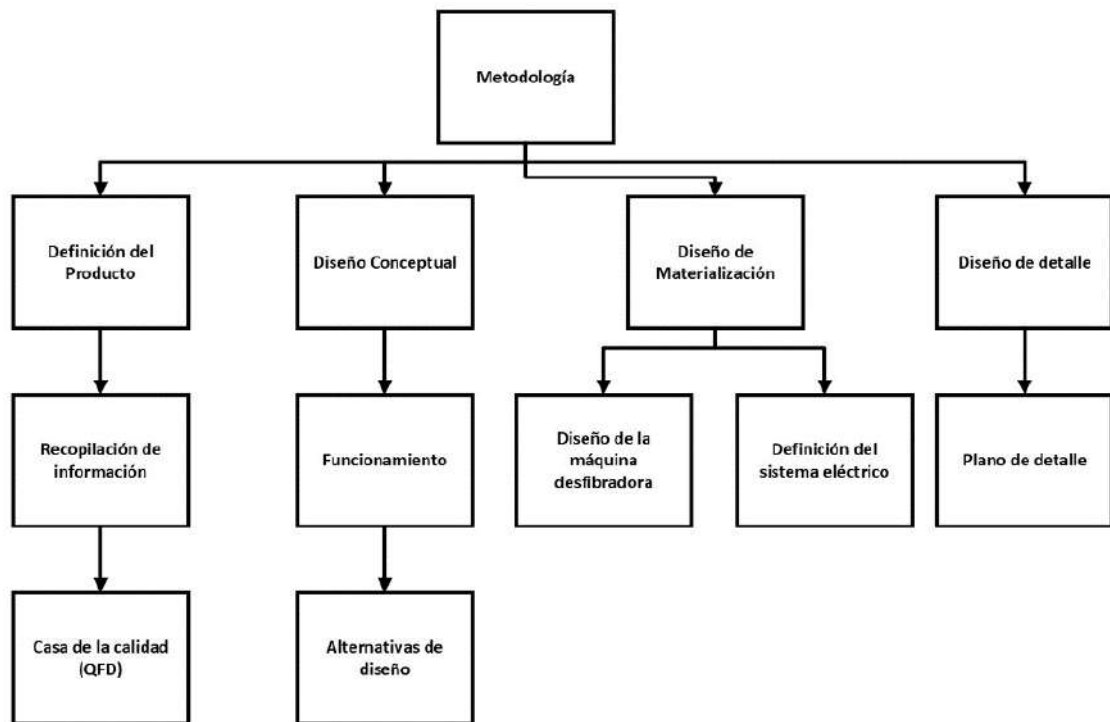


Ilustración 3-1: Método de diseño

Fuente: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.2. Definición del Producto (Máquina)

Se baso en el proceso artesanal para la obtención de la fibra de cabuya y conociendo las propiedades del producto indicado en el capítulo uno, se podrá establecer la máquina para lograr el desfibrado de la hoja de cabuya blanca.

3.2.1. Casa de la calidad

3.2.1.1. Voz del usuario

Se tomará en cuenta los requerimientos del cliente, para lo cual se agrupará por categorías:

Demandas básicas:

Capacidad

Material

Tamaño

Demandas Unidimensionales:

Ciclo de vida útil

Facilidad de mantenimiento

Demanda estimulante:

Seguridad para el operario.

Fácil operación.

3.2.1.2. Voz del ingeniero

Una vez analizado las consideraciones del usuario, el ingeniero establecerá las características técnicas para cumplir las demandas planteadas:

- Potencia del motor.
- Características mecánicas del material.
- Dimensión de la máquina.
- Vida útil.
- Repuestos accesibles.
- Dispositivos de Protecciones.
- Manual de operación.

3.2.1.3. Competencia del producto (máquina)

Descortezadora de sisal para pequeños agricultores

La máquina fue diseñada y construida para pequeños productores que se dedicaban a la obtención de fibras de sisal, la máquina es transportable y su rendimiento debe ser similar al de una máquina que se encuentra en el mercado. El tambor bastidor está formado por un cilindro, placas de cubierta, cubo y un eje. El material del cilindro es de acero dulce. El diseño propuesto debe minimizar el costo a través de selección de materiales, facilidad de fabricación.

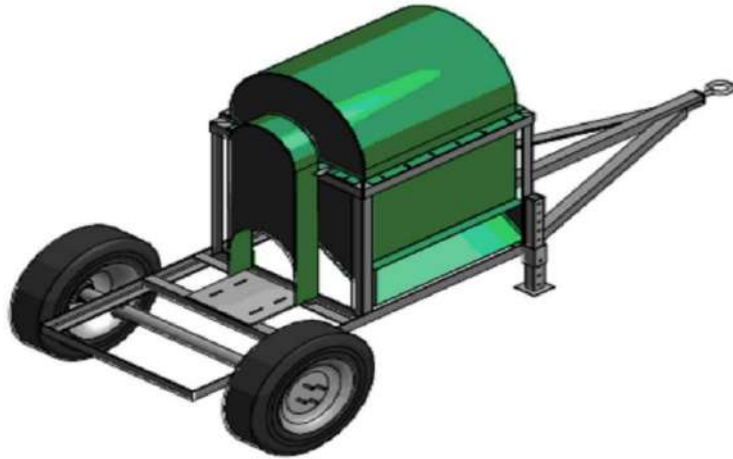


Ilustración 3-2: Modelo de descortezadora equipada con las ruedas
Fuente: (Kanogu et al., 2011, p. 38)

Características técnicas:

- El eje es de 35 mm de diámetro exterior, longitud 975mm y su material es el acero dulce.
- La máquina produce 120 kg de fibra por día.
- El diámetro externo del cilindro es de 457,2mm, longitud 655mm y espesor 5mm.
- El precio de la descortezadora es de \$1086,96
- La transmisión de potencia del motor hacia el tambor bastidor es por correa. El diámetro de la polea menor es de 56.25 mm y la polea del tambor bastidor es de 135 mm, por ende, la relación de transmisión es de 2.4. La velocidad del tambor es aproximadamente 1000 rpm.
- La potencia del motor es de 5,5 Hp, la velocidad promedio de 2400 rpm.
- La mesa de apoyo este hecho de hierro fundido, con bordes fileteados de 2mm.
- La tolva de descarga y la cubierta protectora están hechas de láminas de hierro laminado en caliente de 2mm de espesor.
- Tiene un sistema para moverse en terrenos irregulares, consta de un par de ruedas de diámetro nominal de 640mm.
- Peso: 185 kg

Descortezadora de Fibra



Ilustración 3-3: Máquina extractora de fibra de sisal

Fuente: (Alibaba, 2023)

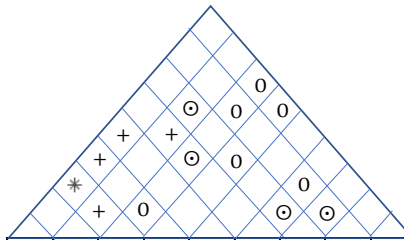
La desfibadora de fibra este compuesto de una estructura, boca de alimentación, cubierta de seguridad, motor eléctrico, etc. Se utiliza para desfibrar sisal, abacá y banano. El producto a desfibrar debe estar frescas para el desfibrado.

Características técnicas:

- Potencia del motor: 3KW
- Velocidad del cortador es de 1050 r/min
- Diámetro del cilindro: 250mm
- Peso: 120 kg
- Dimensión: 740x550x1100 (mm)
- Precio: 2400 \$

Una vez establecido los requerimientos del usuario, las especificaciones técnicas del ingeniero y la competencia del producto, procedemos a realizar la casa de calidad para relacionar cada una de las variables con el propósito de proponer una máquina que cubra en mayor parte las necesidades del cliente. En el siguiente grafico se muestra la casa de la calidad de la máquina:

B= Básico
O= Unidimensional
E= Estimulante



Muy Positiva	⊙
Positiva	○
Negativa	+
Muy Negativa	*

Voz del Ingeniero

Potencia del Motor	Dimensión	costo	Control de la máquina	Peso	Características mecánicas del material	Fácil Mantenimiento	Fabricación simple y selección de elementos	Protecciones de Seguridad	A	B	C	D	E	F	G	H	I
									Evaluación del usuario								
									Propuesta	Competencia 1	Competencia 2	Objetivo	Índice de Mejora	Factor de venta	Importancia	Ponderación	Ponderación en %

Voz del usuario

Capacidad	B	⊙	○	⊙		Δ	○				2	4	4	3	1,5	●	2	3,6	11,9
Tamaño	B	○	⊙	⊙	Δ	⊙	Δ	Δ		Δ	3	2	4	3	1	●	3	4,5	14,8
Costo	B	⊙	○	⊙	○	Δ	○	Δ	Δ	○	2	3	1	3	1,5	●	1	2,3	7,4
Fácil uso	B			○	⊙				Δ	Δ	4	3	4	4	1	●	2	2,4	7,9
Peso	O	Δ	○	○		⊙	○		Δ	Δ	2	2	2	3	1,5	●	2	3,6	11,9
Resistente a la corrosión	E			○		○	⊙		Δ	Δ	3	1	3	4	1,3	●	2	4	13,2
Facilidad de mantenimiento	O		Δ					⊙	○	Δ	3	3	3	3	1		3	3	9,9
Facilidad de ensamblaje	O		Δ	Δ				Δ	⊙		3	3	3	3	1		4	4	13,2
Seguridad en el uso	E	Δ		○	Δ				⊙		3	3	3	3	1	●	2	3	9,9
																		30,4	100

Máquina Propia	3	4	3	3	3	4	3	4	3	
Competencia 1	4	2	4	1	2	1	3	3	3	
Competencia 2	3	3	4	2	3	2	3	3	3	
Incidencia	72,8	75,9	136	35,9	90,8	68,9	37,8	57,3	51,3	626,5
Incidencia %	11,6	12,1	21,7	5,7	14,5	11,0	6,0	9,1	8,2	100

Factor de Venta	
Fuerte=1,5	●
Posible=1,2	●
Ninguna=1	

Especificaciones

4 hp	800*400*1000 mm	\$2500	Dispositivos electromecánicos	100 kg	Selección de Materiales	1 vez al día	Elementos de catálogo	Implementar sistemas de seguridad
------	-----------------	--------	-------------------------------	--------	-------------------------	--------------	-----------------------	-----------------------------------

Factor de Incidencia	
Fuerte=9	⊙
Medio=3	○
Bajo=1	Δ

Ilustración 3-4: Casa de la calidad

Fuente: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.2.2. Especificaciones técnicas

La casa de calidad nos ayuda a definir las especificaciones técnicas de mayor importancia para el diseño de la máquina, a continuación, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3-1: Especificaciones técnicas

Empresa: SN	Producto: Desfibradora de hoja de cabuya blanca	Fecha inicial: 24/05/2023		
Diseñador: Santiago Moyón		Fecha Final: 15/08/2023		
Especificaciones Técnicas:				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Selección del motor	31/05/2023	D	R	Se usará un motor de 4 Hp
Dimensionar	14/06/2023	D	D	La dimensión máxima será de 800x400x1000 mm
Costo Máximo	16/06/2023	C	D	El valor máximo se establece en 2500\$
Control del equipo	23/06/2023	D	R	El control será por componentes electromecánicos.
Peso Máximo	28/06/2023	C	D	La máquina debe ser liviana para su fácil transporte, el peso máximo será de 100 Kg.
Caracterización del Material	04/07/2023	D	R	En la selección del material se tomará en cuenta las propiedades mecánicas.
Mantenimiento Fácil	06/07/2023	D	R	Fácil acceso a los elementos mecánicos
Construcción Simple	06/08/2023	D	R	Utilización de materiales estandarizados en la mayor cantidad posible
Protecciones de Seguridad	12/08/2023	D	R	Sistemas de seguridad mecánicos y eléctricos.
Propone: C= Cliente D=Diseño P=Producción F=Fabricación				
R/D: Requerimiento D=Deseo MR= Modificación de requerimientos				

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.3. Diseño Conceptual

Establecidas las características técnicas que tendrá la máquina, se procede a realizar la estructura funcional y la definición de los módulos, para determinar las posibles soluciones para continuar con la sección del diseño de detalle.

3.3.1. Análisis funcional

3.3.1.1. Nivel 0

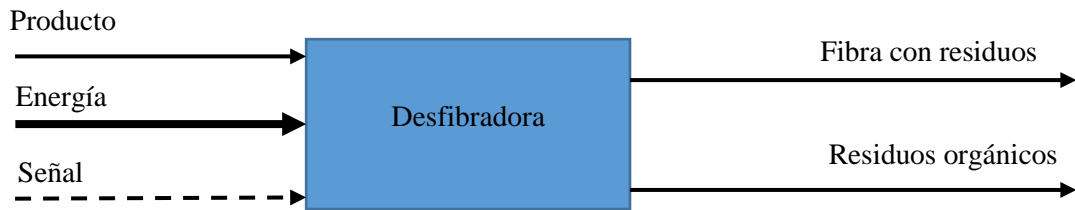


Ilustración 3-5: Organigrama Nivel 0

Fuente: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.3.1.2. Nivel 1

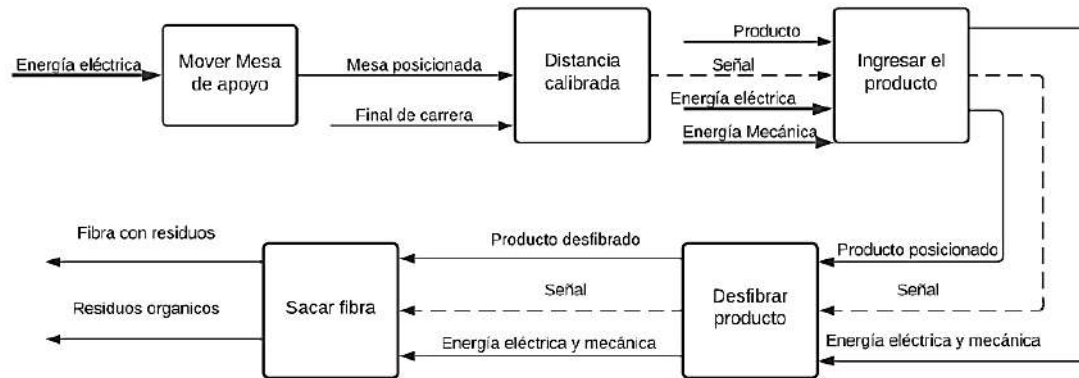









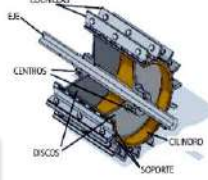
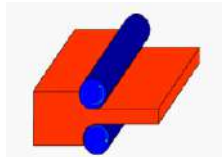
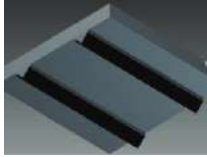





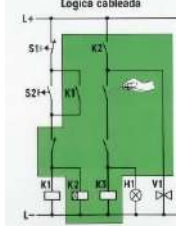

Ilustración 3-6: Organigrama Nivel 1

Fuente: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.3.1.3. Generación de alternativas

Tabla 3-2: Matriz morfológica

FUNCIÓN	OPCIONES		
Energía	 <p>Energía eléctrica</p>	 <p>Combustible (Diesel y Gasolina)</p>	

<p>Tipo de Motor</p>	 <p>Motor eléctrico</p>	 <p>Motor a Gasolina</p>	
<p>Transmisión de Potencia</p>	 <p>Sistema de Polea</p>	 <p>Sistema de cadena</p>	
<p>Tambor desfibrador</p>	 <p>Tambor (Maxwell)</p>	 <p>Tambor (Searby)</p>	 <p>Tambor de discos</p>
<p>Desplazamiento de la Mesa de calibración</p>	 <p>Corredera Triangular</p>	 <p>Corredera Lineal</p>	 <p>Ranura</p>
<p>Calibrar distancia (mesa de calibración – Tambor desfibrador)</p>	 <p>Regleta</p>	 <p>Galga de espesores</p>	 <p>Sensor</p>
<p>Control</p>	 <p>Lógica Cableada</p>	 <p>Lógica programada</p>	

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Alternativa 1

El equipo está constituido por un motor eléctrico, la potencia es transmitida por un sistema de correa hacia el tambor Maxwell para desfibrar la hoja de Lechuguilla. Para encender el motor solo se tiene que conectar directamente a la red eléctrica.

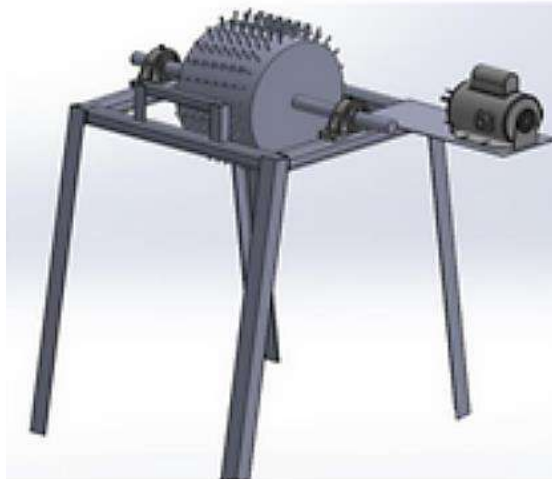


Ilustración 3-7: Desfibrador de lechuguilla

Fuente: (Leal-Iga et al., 2021, p. 55)

Ventajas

- Potencia del motor es baja.
- El tambor es liviano.
- Mecanismo sencillo de desfibrado.
- Consumo de energía bajo.
- Estructura simple.

Desventajas

- Dar menor calidad de las fibras en comparación del desfibrado a mano.
- El mantenimiento del tambor es complicado.
- La construcción del tambor es compleja.
- El desfibrado de la lechuguilla es discontinuo.

Alternativa 2

Es una máquina que puede desfibrar hoja de fique, hoja de piña y algunas fibras más.

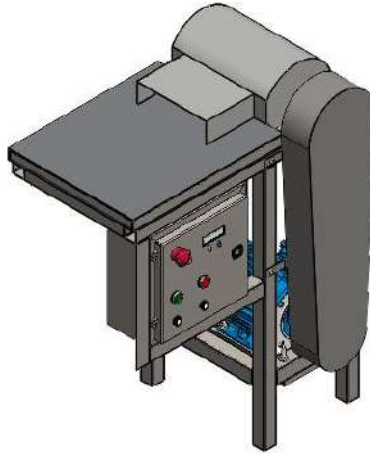


Ilustración 3-8: Desfibradora
Realizado por: Moyon, S. y Sntaxi, J., 2023

Ventajas

- Desfibra la mayoría de las hojas.
- Desfibrado uniforme.
- Mantenimiento fácil del tambor desfibrador.
- Proceso de construcción del tambor es sencilla.
- Se puede calibrar la mesa de trabajo.
- Facilidad de construcción.
- Diseño ergonómico.

Desventajas

- Es una máquina costosa.
- Mayor dificultad de construcción de la tolva de descarga de residuos.
- Mantenimiento constante de las cuchillas.
- Afilado constante de las cuchillas.

Alternativa 3

Se trata de una descortezadora de sisal portátil a pequeña escala, la potencia promedio requerida para descortezar hojas de sisal es de 3.1 Kw. Este compuesto de un motor a diésel, tolva de desechos, ruedas, gancho y bastidor. Toda la máquina está fabricada con acero dulce para que los costos no sean altos.

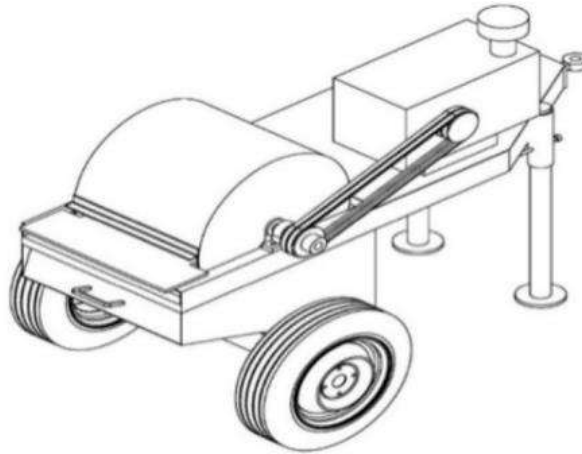


Ilustración 3-9: Descortezadora portátil de sisal
Fuente: (Ahmad et al., 2017, p. 211)

Ventajas

- El costo del equipo es accesible.
- Fácil mantenimiento del tambor desfibrador.
- Tiene un sistema de ruedas para transportar en terrenos irregulares.

Desventajas

- Es una máquina de dimensiones grandes.
- El motor a combustión produce ruido tedioso.
- Genera gases contaminantes por la combustión del diésel.
- Corrosión constante del tambor desfibrador.

3.3.1.4. Método original corregido de cada criterio

En este proceso se trabaja con tablas donde cada criterio se enfrenta con los criterios y se asignan los valores siguientes:

- Se asignará el valor de 1 si el criterio de las filas es superior que el de la columna.
- Se asignará el valor de 0,5 si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas.
- Se asignará el valor de 0 si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas.

Los criterios de valoración se utilizarán los obtenidos de la casa de la calidad, a continuación, se mencionan lo más destacados:

- Potencia.
- Selección de Material.

- Costo.
- Peso.
- Protección de seguridad.
- Mantenimiento.

Evaluación del peso específico de cada criterio

Costo = Potencia > Protección de Seguridad > Selección de materiales > Peso > Mantenimiento

Tabla 3-3: Evaluación de peso específico de cada criterio

Criterio	Costo	Potencia	Protección de seguridad	Selección de Materiales	Peso	Mantenimiento	$\Sigma + 1$	Ponderación
Costo		0,5	1	1	1	1	5,5	0,262
Potencia	0,5		1	1	1	1	5,5	0,262
Protección de seguridad	0	0		1	1	1	4	0,190
Selección de Materiales	0	0	0		1	1	3	0,143
Peso	0	0	0	0		1	2	0,095
Mantenimiento	0	0	0	0	0		1	0,048
						Suma	21	1

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Evaluación del peso específico del criterio de las distintas alternativas para cada criterio

- Evaluación del peso específico del criterio costo.

Alternativa 3 = Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 3-4: Evaluación del peso específico del criterio costo

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,167
Alternativa 2	1		0,5	2,5	0,417
Alternativa 3	1	0,5		2,5	0,417
			Suma	6	1

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

- Evaluación del peso específico del criterio potencia.

Alternativa 3 = Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 3-5: Evaluación del peso específico del criterio potencia

Potencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,167
Alternativa 2	1		0,5	2,5	0,417
Alternativa 3	1	0,5		2,5	0,417
			Suma	6	1

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

- Evaluación del peso específico del criterio protección de seguridad.

Alternativa 2>Alternativa3>Alternativa1

Tabla 3-6: Evaluación del peso específico del criterio protección de seguridad

Protección de Seguridad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,166666667
Alternativa 2	1		1	3	0,5
Alternativa 3	1	0		2	0,333333333
			Suma	6	1

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

- Evaluación del peso específico del criterio selección de material.

Alternativa 2 > Alternativa 3> Alternativa 1

Tabla 3-7: Evaluación del peso específico del criterio selección de material

Selección de Material	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0,167
Alternativa 2	1		1	3	0,500
Alternativa 3	1	0		2	0,333
			Suma	6	1

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

- Evaluación del peso específico del criterio peso.

Alternativa 1 >Alternativa 2 > Alternativa 3

Tabla 3-8: Evaluación del peso específico del criterio peso

Peso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0,500
Alternativa 2	0		1	2	0,333
Alternativa 3	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

- Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento.

Alternativa 2>Alternativa1>Alternativa3

Tabla 3-9: Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma + 1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	2	0,333
Alternativa 2	1		1	3	0,500
Alternativa 3	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

A continuación, se indica la tabla de conclusiones:

Tabla 3-10: Evaluación de alternativas

Conclusiones	Costo	Potencia	Protección de Seguridad	Selección de materiales	Peso	Mantenimiento	Σ	Prioridad
Alternativa 1	0,044	0,044	0,032	0,024	0,048	0,016	0,206	3
Alternativa 2	0,109	0,109	0,095	0,071	0,032	0,024	0,440	1
Alternativa 3	0,109	0,109	0,063	0,048	0,016	0,008	0,353	2

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Una vez finalizada el análisis de ponderación podemos concluir que la mejor es la alternativa 2.

3.4. Diseño de materialización

Una vez analizada y seleccionada la mejor opción para desfibrar la hoja de cabuya blanca, se procede a realizar el modelado que cumpla con los parámetros técnicos indicados en la casa de la calidad, se usara el software SolidWorks para desarrollar el CAD detalladamente.

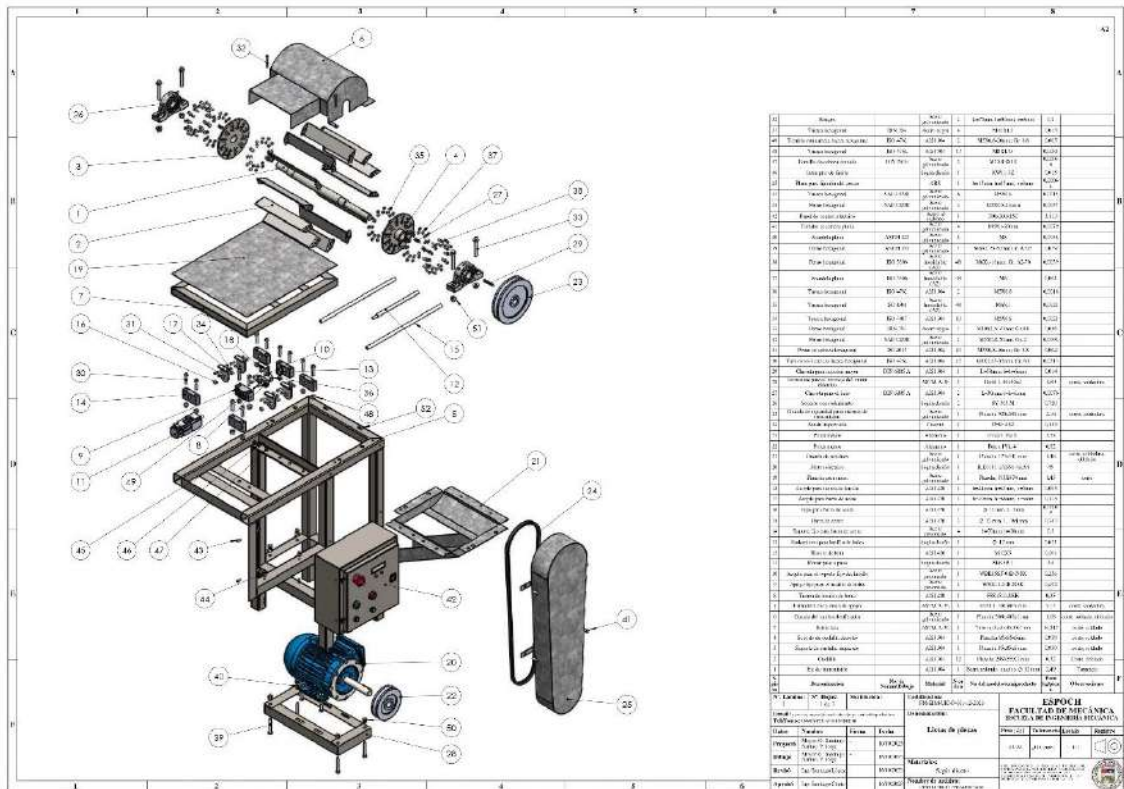


Ilustración 3-10: Desfibradora de cabuya blanca
Fuente: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.5. Diseño de detalle

3.5.1. Parámetros de diseño

3.5.1.1. Composición de la cabuya

Los constituyentes químicos y físicos se conocen de una forma cuantitativa con los siguientes valores porcentuales:

- 85% Humedad.
- 6% Celulosa (D-celulosa).
- 8% Parte orgánica y amorfa (con sacarosa, proteínas, nitrógeno, fósforo, calcio, potasio, saponinas y saponinas).
- 1% Minerales (Baldeon Cajo, 2013, p. 8).

3.5.1.2. Composición química de la hoja de cabuya

Tabla 3-11: Composición química de la cabuya

Fibra		Jugo	Bazago	
Cenizas	0,07%	Clorofila	Ceniza	0,122
Celulosa	73,80%	Caratenoides	Proteínas Elementos Nitrogenado	0,0364
Resinas, ceras y grasas	1.90	Saponinas Azucares		9,84% 71,29
Lignina	11.30	Resinas	Calcio	0,2165
Pentosanos	10.50	Flavonoides Ácidos Orgánicos	Fosforo Magnesio	0,09% 0,2%
Total	98.20	Alquitranes Agua Lignina Calcio Lipoides Fosforo	Fosforo Solido Cobre Hierro Magnesio Zinc	1,81% 0,04% 14% 647% 33% 17%

Fuente: (Baldeon Cajo, 2013, p. 9)

3.5.1.3. Configuración de las condiciones para la selección del material en un Software de materiales

Tabla 3-12: Restricciones del material para el tambor desfibrador

Tambor desfibrador	
Elemento	Descripción
Eje	Función: Transmitir potencia mecánica Restricciones: Longitud, diámetro, esfuerzos a flexión Objetivos: Resistencia a flexión, corrosión
Placas circulares	Función: Soporte Restricción: Soportar cargas de aplastamiento, espesor Objetivo: Resistencia a la corrosión, esfuerzos de aplastamiento
Bujes	Función: Acople Restricciones: No debe fracturarse Objetivo: Resistencia a la corrosión, Rigidez
Cuchillas	Función: Viga Restricciones: Soportar cargas a flexión Objetivo: Resistencia a la corrosión, Resistencia a la flexión

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

El Propósito de la selección de materiales para la construcción del tambor desfibrador es determinar un material resistente a la corrosión por efectos de humedad, residuos orgánicos desprendido del proceso de desfibrado. Se considera las propiedades mecánicas las cuales cumplan con los límites de esfuerzos permisibles, en comparación con a los materiales ferrosos. El material seleccionado presenta las siguientes características:

- Resistencia a la flexión.
- Fatiga.
- Rigidez.
- Costo accesible.
- Vida útil.

3.5.2. Selección del material

3.5.2.1. Índice de rigidez efectiva

Las cuchillas del desfibrador se consideran como una viga de longitud L y sección cuadrada que puede variar en tamaño, pero no en forma. La cuchilla está cargada en flexión por una carga central F . La cuchilla debe tener buena rigidez para poder desfibrar uniformemente la hoja de cabuya. Se establece una ecuación que describa la cantidad a maximizar o minimizar, en este caso partimos de la masa:

$$m = AL\rho = b^2 * L * \rho \quad (3.1)$$

Donde:

m : Masa

b : Base de la sección cuadrada

h : Altura de la sección cuadrada

L : Longitud

ρ : Densidad

La deflexión de una viga simplemente apoyada con una fuerza central es:

$$\delta = \frac{F * L^3}{C_2 * E * I} \quad (3.2)$$

Donde:

δ : Deflexión en una viga

F : Fuerza o Carga aplicada

L : Longitud de la viga

E : Módulo de Young

I : Segundo momento de área

C_2 : Es una constante que depende de los soportes o la distribución de la carga

La rigidez a la flexión de la cuchilla (S) debe ser al menos S^* .

$$S = \frac{F}{\delta} = \frac{C_2 * E * I}{L^3} \geq S^* \quad (3.3)$$

Donde:

S : Rigidez a flexión de la viga de servicio

S^* : Rigidez crítica a flexión de la viga

E : Módulo de Young

L : Longitud de la viga

I : Segundo momento de área

C_2 : Es una constante que depende de los soportes o la distribución de la carga

Despejamos la inercia o segundo momento de área.

$$I = \frac{S * L^3}{C_2 * E} \quad (3.4)$$

El segundo momento de área para una sección cuadrada es:

$$I = \frac{b^4}{12} = \frac{A^2}{12} \quad (3.5)$$
$$b = (12 * I)^{1/4}$$

Sustituimos en la ecuación (3.1) las ecuaciones (3.4), (3.5), tendremos la función:

$$m = A * L * \rho = b^2 * L * \rho$$
$$m = (12 * I)^{2/4} * L * \rho$$
$$m = (12 * I)^{1/2} * L * \rho$$
$$m = \left(\frac{12 * S^* * L^3}{C_2 * E} \right)^{1/2} * L * \rho$$
$$m = \left(\frac{12 * S^* * L^3}{C_2} \right)^{1/2} * L * \frac{\rho}{E^{1/2}} \quad (3.6)$$

Las expresiones matemáticas de la ecuación (3.6) representan lo siguiente:

$$\frac{12 * S^* * L^3}{C2} \rightarrow \text{Restricción funcional}$$

$$L \rightarrow \text{Geometría especificada}$$

$$\frac{\rho}{E^{1/2}} \rightarrow \text{Propiedad del material}$$

Por su parte (Michael F. Ashby, 2016, pg. 111), indica el índice de rigidez efectiva determinada a partir de la ecuación (3.6), como la siguiente expresión:

$$m_{b1} = \frac{\rho}{E^{1/2}} \quad (3.7)$$

Donde:

m_{b1} : Índice de rigidez efectiva

ρ : Densidad

E : Módulo de Young

Para obtener una máquina de vida útil prolongada y con propiedades mecánicas que resistan los diversos esfuerzos se establecerá el material utilizando el software de selección de materiales, el cual nos indicara diferentes alternativas de materiales que cumplen con la necesidad requerida.

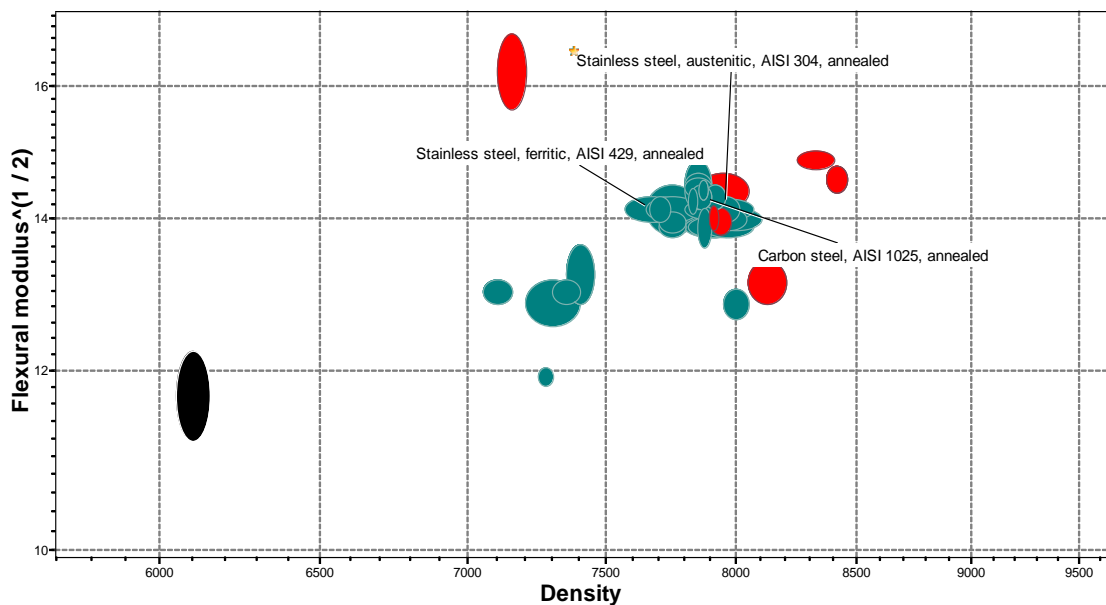


Ilustración 3-11: Selección del material resistente para el tambor desfibrador
 Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.5.2.2. Índice de costo y propiedades mecánicas

Si el propósito es minimizar el costo del material, y si el precio del material es C_m (\$/Kg), entonces el costo del material como componente de masa es:

$$C = m * C_m \quad (3.8)$$

$$C = A * L * C_m * \rho$$

Donde:

A : Área transversal de la sección

L : Longitud

C_m : Precio del material

ρ : Densidad del material

A continuación, reemplazamos las ecuaciones (3.4), (3.5) en la ecuación general del precio (3.8), obteniendo:

$$\begin{aligned} C &= A * L * C_m * \rho = b^2 * L * C_m * \rho \\ C &= (12 * I)^{2/4} * L * C_m * \rho \\ C &= \left(\frac{12 * S * L^3}{C_2 * E} \right)^{\frac{1}{2}} * L * C_m * \rho \\ C &= \left(\frac{12 * S * L^3}{C_2} \right)^{1/2} * L * \frac{C_m * \rho}{E^{1/2}} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Por su parte (Ashby Michael, 2016, p. 111), indica el índice de costo y propiedad mecánica determinada a partir de la ecuación (3.9), como la siguiente expresión:

$$m_{p1} = \frac{C_m * \rho}{E^{1/2}} \quad (3.10)$$

Donde:

m_{p1} : Índice de costo y propiedad mecánica

ρ : Densidad

E : Módulo de Young

La relación de costo de material que se determinó anteriormente para los elementos que constituyen el tambor desfibrador los cuales están sometidos a flexión y corrosión principalmente. Realizando un análisis con los distintos materiales existentes para la fabricación de maquinaria

mediante la figura ilustración 3.12 arroja un resultado optimizado de materiales los cuales cumplen con las propiedades mecánicas y corrosión a un precio accesible, por demanda del mercado y comercialización se elige el material AISI 304.

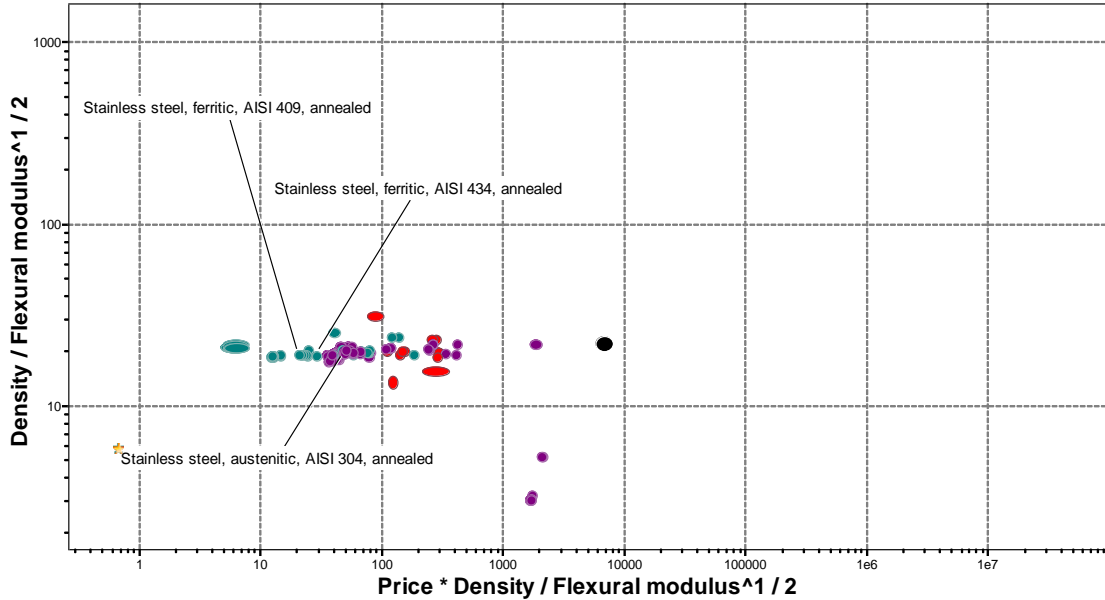


Ilustración 3-12: Material óptimo para la construcción del tambor desfibrador
 Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.6. Diseño y validación del equipo

3.6.1. Diseño de la Cuchilla

Para determinar el valor de fuerza que se necesita para romperá la fibra se determina mediante el valor promedio del esfuerzo requerido:

$$F_f = \sigma_c * A_c \tag{3.11}$$

$$F_f = 573 * 10^6 Pa * \frac{\pi}{4} * (125 * 10^{-6} m)^2 = 7.30 N$$

Donde:

F_f : Fuerza para romper la fibra

σ_c : Resistencia a la tracción

A_c : Área transversal de la fibra de la cabuya

Asumiendo que la planta tendrá un espesor de 8 mm que es el valor medio, se encontrará la carga distribuida de la planta por unidad de longitud del espesor.

$$q = \frac{F_f}{e_f} = \frac{7.30 \text{ N}}{0.08 \text{ m}} = 912.6 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right] \approx 1000 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

Donde:

q : Carga distribuida linealmente

F_f : Fuerza para romper la fibra

e_f : Espesor de la hoja de la planta

La carga distribuida se aplicará a la longitud de las cuchillas del tambor desfibrador.

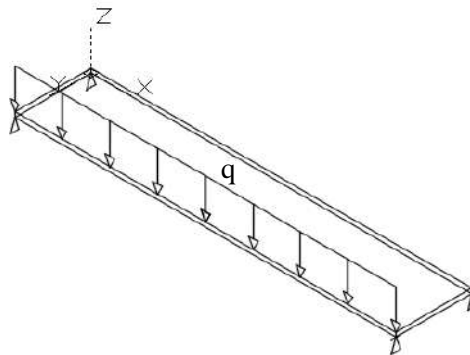


Ilustración 3-13: Análisis estático de la cuchilla
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

$$F = q \times L \tag{3.12}$$

Donde:

F : Fuerza al centroide

q : Carga distribuida

L : Longitud de placa

$$F = 1000 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 0.250\text{m} = 250 \text{ N}$$

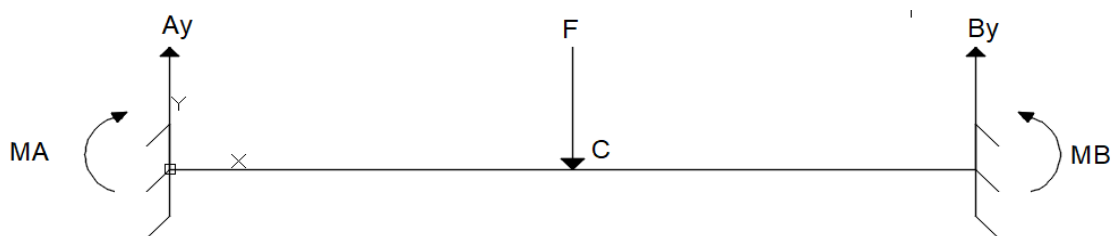


Ilustración 3-14: Diagrama de cuerpo libre de la cuchilla
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Cálculos

$$A_y = \frac{F}{2} \quad (3.13)$$

Donde:

A_y : Reacción vertical en el apoyo A

F : Fuerza al centroide

$$A_y = 125 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$A_y + B_y = F$$

$$B_y = F - A_y = 250 - 125 = 125 \text{ N}$$

$$M_A = \frac{F}{8}(4x - L) \quad (3.14)$$

Donde:

M_A : Momento en el soporte A

x : Distancia desde el soporte A

F : Fuerza al centroide

$$M_A = \frac{250 * 0.125 * 0.125^2}{0.250^2} = 7.8125 \text{ Nm}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-M_A - F * \frac{l}{2} + M_B + B_y * l = 0$$

$$M_B = M_A + F * \frac{l}{2} - B_y * l$$

$$M_B = 7.812 + 250 * \frac{0.250}{2} - 125 * 0.250$$

$$M_B = 7.812 \text{ Nm}$$

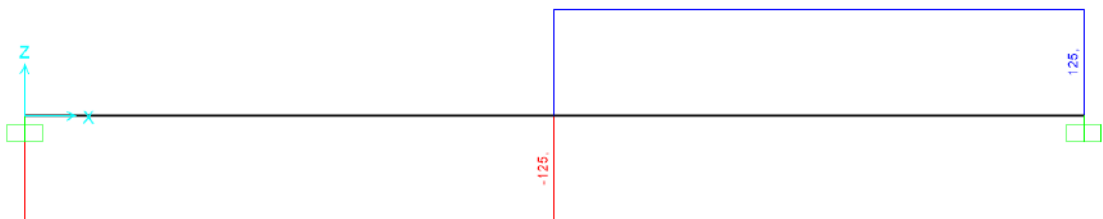


Ilustración 3-15: Diagrama de corte de la cuchilla

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

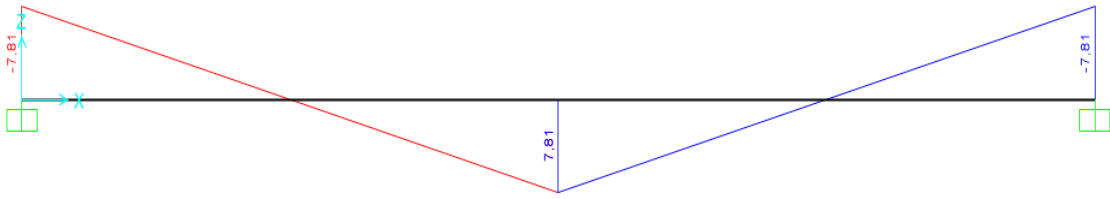


Ilustración 3-16: Diagrama de momento flector de la cuchilla

Realizado Por: Moyon, S. y Sntaxi, J., 2023

Se observa que el momento es máximo en el punto medio por lo que se procede a calcular el esfuerzo máximo de la cuchilla utilizando la siguiente expresión:

$$\sigma_{cfl} = \frac{M_{max}}{I_x} \cdot c \quad (3.15)$$

Donde:

σ_{cfl} : Esfuerzo normal máximo

I_x : Momento de inercia del área de la sección transversal

c : Distancia perpendicular desde el eje neutro hasta el punto de análisis

$$I_x = \frac{1}{12} bh^3 \quad (3.16)$$

$$I_x = \frac{0.05}{12} e^3$$

Donde:

I_x : Momento de inercia del área de la sección transversal

e : Espesor de la sección transversal

$$c = \frac{1}{2} h \quad (3.17)$$

$$c = \frac{e}{2}$$

Donde:

e : Espesor de la sección transversal

c : Distancia perpendicular desde el eje neutro hasta el punto de análisis

Utilizando la expresión de factor de seguridad de un material se puede determinar el espesor de las cuchillas.

$$f_{s_{cll}} = \frac{\sigma_{AISI-304}}{\sigma_{cll}} \quad (3.18)$$

Donde:

$f_{s_{cll}}$: Factor de seguridad

$\sigma_{AISI-304}$: Esfuerzo de fluencia del acero AISI 304 (25.5 Ksi=175.816 MPa)

σ_{cll} : Esfuerzo normal máximo

Se considera un factor de seguridad de 2 por ser un material dúctil (Mott Robert L., 2006, p. 185).

$$\begin{aligned} \sigma_{AISI-304} &= F.S. * \frac{M_{max}}{I_x} \cdot c \\ 175.816 \times 10^6 &= 2 * \frac{7.812}{\frac{0.05}{12} e^3} \cdot \frac{e}{2} \\ e &= \sqrt{2 * \frac{7.812}{\frac{175.816 \times 10^6 * 0.05}{12}} * \frac{1}{2}} = 3.26 \times 10^{-3} \text{ m} \approx 3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Se utilizará un espesor de 3 milímetros para la fabricación de la cuchilla

3.6.1.1. Peso de la cuchilla

$$Peso_{cuchilla} = N_{cll} * m_{cll} * g \quad (3.19)$$

Donde:

$Peso_{cuchilla}$: Peso de la cuchilla

N_{cll} : Número de cuchillas

m_{cll} : Masa de la cuchilla

g : Gravedad

$$Peso_{cuchilla} = 12 * 0.328 \text{ Kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 38.612 \text{ N}$$

3.6.2. Soporte de las cuchillas

3.6.2.1. Placa Circular

Tiene la función de sujetar las cuchillas, debe tener buena rigidez por tanto se ha optado por un espesor de 6mm. Su forma es circular con un agujero interno que sirve para la inserción del buje, fue construido a partir de una plancha, fue recortado en una máquina láser.

Tabla 3-13: Medidas del soporte

Plancha Acero Inoxidable	
Norma	AISI 304
Diámetro exterior	160mm
Diámetro interior	42mm
Espesor	6mm

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.6.2.2. Buje

El buje tiene la función de transmitir la potencia del eje a la placa circular, la materia prima era un eje macizo con un diámetro de 1-3/4". Para la construcción del buje se utilizó un torno, el buje solo tendrá una estría para el acople con la chaveta.

Tabla 3-14: Medidas del buje

Eje Acero Inoxidable	
Norma	AISI 304
Diámetro exterior	42mm
Diámetro interior	30mm
Espesor	6mm
Longitud	30mm

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.6.2.3. Peso del Soporte

$$Peso_{soporte} = n_{soport} * m_{sp} * g \quad (3.20)$$

Donde:

n_{soport} : Número de Soportes

m_{sp} : Masa del soporte

g : Gravedad

$$Peso_{soporte} = 2 * 0.9398 * 9.81 = 18.44 N$$

3.6.3. Potencia para el desfibrado

$$P_d = \frac{W_r * D * Fd}{2} \quad (3.21)$$

Donde:

P_d : Potencia requerida para el desfibrado

W_r : Velocidad de rotación del eje ($\frac{\text{rad}}{\text{s}}$)

D : Diámetro del tambor desfibrador (m)

F_d : Fuerza del desfibrado (N)

Para calcular la potencia requerida se necesita conocer la velocidad del motor, por lo general los motores eléctricos de baja revolución tienen un alto torque, por lo tanto, la velocidad promedio es de 1800 rpm (188.50 rad/s). La velocidad de rotación del tambor desfibrador según el marco teórico debe estar en un rango de (1000-1500) rpm, se escogerá el valor medio de 1250 rpm (130.90 rad/s).

$$P_d = \frac{188.50 * \frac{130.90}{188.50} * 0.160 * 250}{2} = 2618 \text{ W} = 2.618 \text{ KW}$$

Se utilizará un motor de 3 KW (4Hp) que tiene un torque nominal de 16.3 Nm que será capaz de remover los residuos de la fibra de la hoja de cabuya.

Potencia	Referencia del motor	Tamaño constructivo	Rated Speed	Eficiencia 100%	Factor de potencia	Corriente nominal			Torque nominal	Datos de arranque			Peso IMB3	
kW	HP	-	rpm	%	-	220V A	380V A	440V A	Nm	Corriente de arranque x In	Torque de arranque x Tn	Torque Máximo x Tn	kg	
Datos eléctricos motores Serie 1LE0141 IE2 4 Polos 1800 rpm														
0,55	0,75	1LE0141-0DB26-4AA4	80M	1720	75,5	0,77	2,55	1,46	1,26	3,1	6	2	2,7	14,5
0,75	1	1LE0141-0DB36-4AA4	80M	1705	78,0	0,78	3,2	1,86	1,61	4,2	6	2	2,7	15,5
1,1	1,5	1LE0141-0EB06-4AA4	90S	1730	84,0	0,79	4,4	2,55	2,2	6,1	6	2	2,7	22
1,5	2	1LE0141-0EB46-4AA4	90L	1720	84,0	0,81	5,8	3,35	2,9	8,3	6	2,6	2,7	25
2,2	3	1LE0141-0EB86-4AA4	90L	1740	87,5	0,79	8,5	4,9	4,25	12,1	7,5	2,6	3	28
3	4	1LE0141-1AB56-4AA4	100L	1735	87,5	0,83	10,8	6,2	5,4	16,5	7,5	2,5	3	45

Ilustración 3-17: Datos eléctricos de motores eléctricos de la marca Siemens

Fuente: (Siemens, 2023, p.12)

3.6.4. Sistema de transmisión

Para la selección del sistema de transmisión se va a utilizar el catálogo de correas de transmisión de la marca SKF.

Parámetros:

- Potencia del Motor: 3Kw
- Revolución del Motor: 1720 rpm
- Arranque directo del Motor
- Tiempo de trabajo: 8h/día
- Distancia entre centros preliminar: 600mm
- Revolución del tambor: 1250 rpm

3.6.4.1. Cálculo de la Potencia

$$Pd = P * C_2 \quad (3.22)$$

Donde:

Pd : Potencia de diseño

P : Potencia nominal

C_2 : Factor de Servicio

Types of driven machinery		Soft starts			Heavy starts		
		Duty time h/day 10 and under	Over 10 to 16	Over 16	Duty time h/day 10 and under	Over 10 to 16	Over 16
Class 1 Light duty	Blowers, exhausters and fans (up to 7,5 kW), centrifugal compressors and pumps. Belt conveyors (uniformly loaded).	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Class 2 Medium duty	Agitators (uniform density), blowers, exhausters and fans (over 7,5 kW). Rotary compressors and pumps (other than centrifugal). Belt conveyors (not uniformly loaded), generators and excitors, laundry machinery, lineshafts, machine tools, printing machinery, sawmill and woodworking machinery, screens (rotary).	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4

Ilustración 3-18: Factores de servicio para las condiciones de trabajo para los tipos de máquina accionada

Fuente:(SKF, 2016, p.16)

$$Pd = 3kw * 1.1 = 3.3 Kw = 4.425 hp$$

3.6.4.2. Selección del tipo de sección adecuada

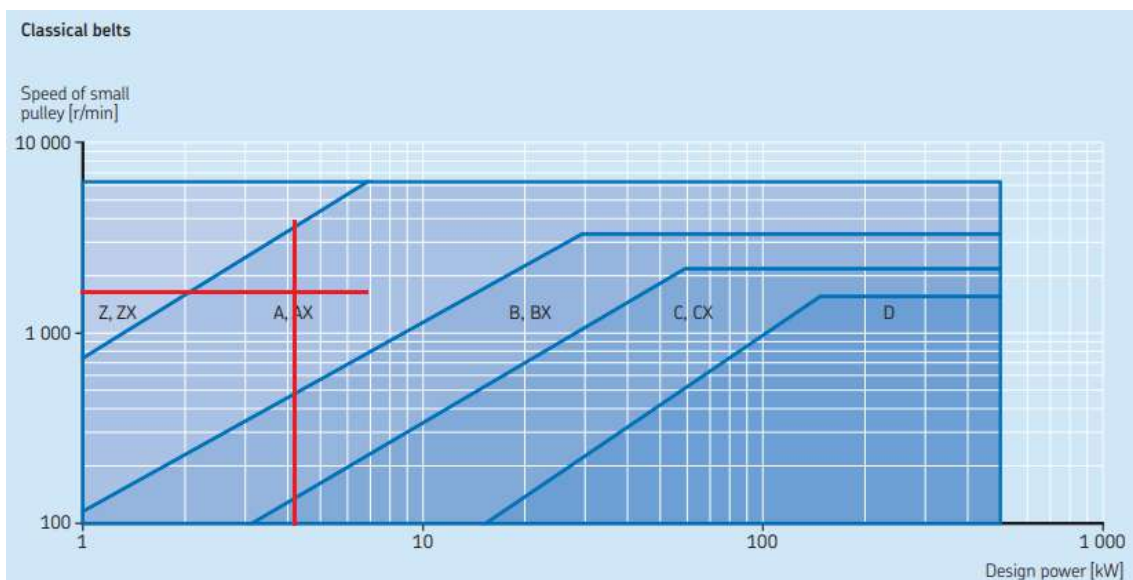


Ilustración 3-19: Diagrama de tipos de correas

Fuente:(SKF, 2016, p. 17)

Sección adecuada: Sección A

3.6.4.3. Cálculo de la Relación de transmisión

$$i = \frac{N1}{N2} \tag{3. 23}$$

Donde:

i: Relación de transmisión

N1: Revolución de la polea conductora

N2: Revolución de la polea conducida

$$i = \frac{1720 \text{ rpm}}{1250 \text{ rpm}} \approx 1.5$$

3.6.4.4. Determinar el diámetro de las poleas

Pulleys datum diameters	50	56	60	63	67	71	75	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	170	180	190	200	212	
Z	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
A												✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B																										
C																										

Ilustración 3-20: Diámetro de pulea estándar para el eje rápido

Fuente:(SKF, 2016, p. 36)

Pulley datum diameter [mm]	50	56	60	63	67	71	75	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	170
50	1	1.12	1.20	1.26	1.34	1.42	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2	2.12	2.24	2.36	2.50	2.64	2.80	3	3.20	3.40
56		1	1.07	1.13	1.20	1.27	1.34	1.43	1.52	1.61	1.70	1.79	1.89	2	2.11	2.23	2.36	2.50	2.68	2.86	3.04
60			1	1.05	1.12	1.18	1.25	1.33	1.42	1.50	1.58	1.67	1.77	1.87	1.97	2.08	2.20	2.33	2.50	2.67	2.83
63				1	1.06	1.13	1.19	1.27	1.35	1.43	1.51	1.59	1.68	1.78	1.87	1.98	2.10	2.22	2.38	2.54	2.70
67					1	1.06	1.12	1.19	1.27	1.34	1.42	1.49	1.58	1.67	1.76	1.87	1.97	2.09	2.24	2.39	2.54
71						1	1.06	1.13	1.20	1.27	1.34	1.41	1.49	1.58	1.66	1.76	1.86	1.97	2.11	2.25	2.39
75							1	1.07	1.13	1.20	1.27	1.33	1.41	1.49	1.57	1.67	1.76	1.87	2	2.13	2.27
80								1	1.06	1.13	1.19	1.25	1.33	1.40	1.48	1.56	1.65	1.75	1.88	2	2.13
85									1	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.39	1.47	1.55	1.65	1.76	1.88	2
90										1	1.06	1.11	1.18	1.24	1.31	1.39	1.47	1.56	1.67	1.78	1.89
95											1	1.05	1.12	1.18	1.24	1.32	1.39	1.47	1.58	1.68	1.79
100												1	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.40	1.50	1.60	1.70
106													1	1.06	1.11	1.18	1.25	1.32	1.42	1.51	1.60
112														1	1.05	1.12	1.18	1.25	1.34	1.43	1.52

Ilustración 3-21: Relaciones de velocidad con diámetro de pulea estándar

Fuente:(SKF, 2016, p. 36)

Se seleccione una pulea menor de 100 mm (≈ 4 in) de diámetro, la pulea mayor de 150 mm (≈ 6 in) de diámetro.

3.6.4.5. Cálculo de la longitud de la correa

$$Ld = 2 * Ccp + 1.57(Dcd - dc) + \frac{(Dcd - dc)^2}{4 * Ccp} \tag{3. 24}$$

Donde:

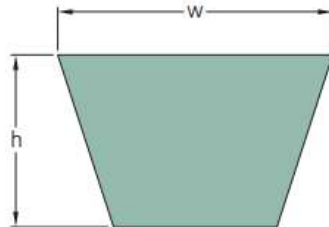
Ld : Longitud de referencia de la correa

CCp : Distancia entre centros preliminar

Dcd : Diámetro de la polea grande

dc : Diámetro de la polea pequeña

$$Ld = 2 * 600 + 1.57(150 - 100) + \frac{(150 - 100)^2}{4 * 600} = 1593.54 \text{ mm} = 1.59\text{m}$$



Section	Dimensions		Inside length		Designation	
	Pitch length				w	h
	mm		in.		mm	
13/A	1 610	1 575	62,00	13	8	PHG A62
	1 640	1 600	63,00	13	8	PHG A63
	1 660	1 626	64,00	13	8	PHG A64
	1 690	1 651	65,00	13	8	PHG A65
	1 710	1 676	66,00	13	8	PHG A66

Ilustración 3-22: Dimensiones de la longitud de bandas clásicas

Fuente:(SKF, 2016, p. 84)

Se escoge una correa estándar 13/A con longitud de 1610mm, con designación PHG A62.

3.6.4.6. Distancia entre Centro

$$CC = \frac{a + \sqrt{a^2 - 8(Dcd - dc)^2}}{8} \quad (3.25)$$

$$a = 2 * Lds - \pi * (Dcd + dc) \quad (3.26)$$

Donde:

CC : Distancia entre Centro

a : Factor de distancia entre centros

Lds : Longitud de referencia de la correa seleccionada

Dcd : Diámetro de la polea grande

dc = Diámetro de la polea pequeña

$$a = 2 * 1610 - \pi * (150 + 100) = 2434.601 \text{ mm} = 2.43 \text{ m}$$

$$CC = \frac{2434.601 + \sqrt{2434.601^2 - 8(150 - 100)^2}}{8}$$

$$CC = 608.136 \text{ mm} = 6.08 \text{ m} = 23.942 \text{ in}$$

3.6.4.7. Potencia básica de la correa

$$P_b = P'_b + P_{bs} \quad (3.27)$$

Donde:

P_b : Potencia básica de la correa

P'_b : Potencia nominal para el diámetro de la polea menor

P_{bs} : Potencia adicional para la relación de velocidad

Section A

Table 9b

Faster shaft speed r/min	Rated power per belt for small pulley datum diameter [mm]											Additional power per belt for speed ratio			
	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	1.00 to 1.05	1.05 to 1.24	1.25 to 1.59	> 1.59
	KW											KW			
100	0.19	0.21	0.23	0.25	0.27	0.29	0.32	0.34	0.37	0.40	0.43	0.00	0.01	0.02	0.02
200	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.58	0.62	0.67	0.73	0.78	0.00	0.02	0.04	0.05
300	0.47	0.52	0.58	0.63	0.69	0.75	0.82	0.88	0.96	1.03	1.11	0.01	0.03	0.05	0.07
400	0.59	0.66	0.73	0.80	0.87	0.96	1.04	1.12	1.22	1.32	1.43	0.01	0.04	0.07	0.09
500	0.70	0.79	0.88	0.96	1.05	1.15	1.26	1.36	1.48	1.59	1.73	0.01	0.05	0.09	0.11
600	0.81	0.91	1.02	1.12	1.22	1.34	1.46	1.58	1.72	1.86	2.02	0.01	0.06	0.11	0.14
700	0.91	1.03	1.15	1.27	1.38	1.52	1.66	1.80	1.96	2.11	2.29	0.02	0.07	0.13	0.16
720	0.93	1.05	1.17	1.29	1.41	1.56	1.70	1.84	2.00	2.16	2.35	0.02	0.08	0.13	0.16
800	1.01	1.14	1.28	1.41	1.54	1.70	1.85	2.01	2.18	2.36	2.56	0.02	0.08	0.15	0.18
900	1.10	1.25	1.40	1.54	1.69	1.86	2.04	2.21	2.41	2.60	2.82	0.02	0.09	0.16	0.20
960	1.16	1.31	1.47	1.63	1.78	1.96	2.14	2.33	2.53	2.74	2.98	0.02	0.10	0.18	0.22
1000	1.19	1.36	1.52	1.68	1.84	2.03	2.22	2.40	2.62	2.83	3.08	0.02	0.10	0.18	0.23
1100	1.28	1.46	1.63	1.81	1.98	2.19	2.39	2.59	2.83	3.06	3.32	0.03	0.11	0.20	0.25
1200	1.36	1.55	1.74	1.93	2.12	2.34	2.56	2.78	3.03	3.28	3.56	0.03	0.13	0.22	0.27
1300	1.44	1.65	1.85	2.05	2.25	2.49	2.72	2.96	3.23	3.49	3.80	0.03	0.14	0.24	0.29
1400	1.52	1.74	1.95	2.17	2.38	2.63	2.88	3.13	3.42	3.70	4.02	0.03	0.15	0.26	0.32
1440	1.55	1.77	1.99	2.21	2.43	2.69	2.95	3.20	3.49	3.78	4.11	0.03	0.15	0.26	0.33
1500	1.59	1.83	2.05	2.28	2.51	2.77	3.04	3.30	3.60	3.90	4.24	0.03	0.16	0.27	0.34
1600	1.67	1.91	2.15	2.39	2.63	2.91	3.19	3.46	3.78	4.09	4.45	0.04	0.17	0.29	0.36
1700	1.74	1.99	2.25	2.50	2.75	3.04	3.33	3.62	3.95	4.28	4.65	0.04	0.18	0.31	0.39
1800	1.80	2.07	2.34	2.60	2.86	3.17	3.47	3.78	4.12	4.46	4.85	0.04	0.19	0.33	0.41
1900	1.87	2.15	2.42	2.70	2.97	3.29	3.61	3.92	4.29	4.64	5.04	0.04	0.20	0.35	0.43

Ilustración 3-23: Potencias nominales adicionales para el diámetro menor y la relación de velocidad

Fuente: (SKF, 2016, p. 42)

Se realiza la interpolación para la potencia nominal para el diámetro de la polea menor.

Tabla 3-15: Interpolación para determinar la potencia nominal para el diámetro menor

Polea menor	dc= 100 mm
Velocidad de la polea menor (rpm)	Potencia nominal de la polea menor (KW)
1700	2.75
1720	2.772
1800	2.86

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

$$Pb' = 2.772 \text{ Kw}$$

También se realiza la interpolación para la potencia adicional de la relación de velocidad

Tabla 3-16: Interpolación para determinar la potencia adicional de la relación de velocidades

Relación de velocidad	is=1.5
Velocidad de la polea menor (rpm)	Potencia adicional para la relación de velocidad (KW)
1700	0.31
1720	0.314
1800	0.33

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

$$P_{bs} = 0.314 \text{ KW}$$

Entonces la potencia básica de la correa es:

$$P_b = 2.772 + 0.314 = 3.086 \text{ KW}$$

3.6.4.8. Factor de corrección C1 y C3

Factor C1:

Belt length correction factor C ₁										
Belt length	Correction factor									
	SPZ	SPA	SPB	SPC	8V	Z	A	B	C	D
	SPZ-XP	SPA-XP	SPB-XP	SPC-XP	8V-XP	ZX	AX	BX	CX	
	XPZ	XPA	XPB	XPC						
	3V		5V							
	3V-XP		5V-XP							
	3VX		5VX							
mm	-									
1400	0,96	0,91	0,84	0,70		1,14	0,96	0,90	0,82	
1600	1,00	0,93	0,86	0,74		1,17	0,99	0,93	0,84	
1800	1,01	0,95	0,88	0,77		1,22	1,01	0,95	0,86	

Ilustración 3-24: Factor de corrección C1 de la longitud de la correa

Fuente: (SKF, 2016, p. 40)

Para determinar el Factor C1 se realiza la siguiente interpolación:

Tabla 3-17: Interpolación para determinar el factor C1

Longitud de la correa (mm)	Sección: A
1600	0.99
1610	0.991
1800	1.01

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Entonces:

$$C2 = 0.991$$

Factor C3:

Evaluar la siguiente expresión:

$$\frac{D - d}{CC} \tag{3. 28}$$

Donde:

D: Diámetro de la polea mayor

d: Diámetro de la polea menor

CC: Distancia entre centro

$$\frac{D - d}{CC} = \frac{150 - 100}{608.136} = 0.08221$$

Arc of contact power correction factor C_3		
$\frac{D-d}{CC} *$	Arc of contact on small pulley	Arc of contact correction factor C_3
mm	deg.	-
0,00	180	1,00
0,05	177	0,99
0,10	174	0,99
0,15	171	0,98
0,20	169	0,97
0,25	166	0,97

Ilustración 3-25: Arco de conexión de contacto factor C3
Fuente: (SKF, 2016, pg. 40)

Se realiza una interpolación para determinar C3

Tabla 3-18: Interpolación para determinar el factor C3

$\frac{D - d}{CC} (mm)$	Arco de corrección de contacto Factor C3
0.05	0.99
0.08221	0.99
0.10	0.00

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Entonces:

$$C3 = 0.99$$

3.6.4.9. Cálculo de la potencia de la banda

$$Pr = Pb * C1 * C3 \quad (3. 29)$$

Donde:

Pr: Potencia de la banda

Pb: Potencia básica de la Correa

C1: Factor de corrección C1 (Para la sección de la correa)

C3: Factor de Corrección C3 (Para el arco de contacto)

$$Pr = 3.086Kw * 0.991 * 0.99 = 3.027 Kw$$

3.6.4.10. Cálculo del número de correas requerido

$$N = \frac{Pd}{Pr} \quad (3. 30)$$

Donde:

N: Número de correas requerida

Pd: Potencia de diseño

Pr: Potencia de la banda

$$N = \frac{Pd}{Pr} = \frac{3.3 Kw}{3.027 Kw} = 1.091$$

Se necesita una correa para transmitir la potencia del motor hacia el eje del tambor desfibrador.

3.6.5. Fuerza de tensión en las bandas

3.6.5.1. Velocidad lineal

$$Vl = \frac{\pi * dc * n}{12} \quad (3. 31)$$

Donde:

Vl: Velocidad periférica de la banda ($\frac{ft}{min}$)

dc: Diámetro de la polea menor (in)

n: Velocidad angular de la polea menor (rpm)

$$Vl = \frac{\pi * 4 * 1720}{12} = 1801.179 \text{ ft/min}$$

3.6.5.2. Fuerza centrífuga

Según (Budynas y Nisbett, 2012, p.869), indica que la tensión centrífuga se puede determinar por:

$$Fc = kc \left(\frac{Vl}{1000} \right)^2 \quad (3.32)$$

Donde:

Fc : Fuerza centrífuga

Vl : Velocidad periférica de la banda (ft/min)

Kc : Parámetro de banda en V

Sección de la banda	K_b	K_c
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1098	1.217
8V	4830	3.288

Ilustración 3-26: Parámetros de banda en V

Fuente: (Budynas y Nisbett, 2012, p. 870)

$$Fc = 0.561 * \left(\frac{1801.179}{1000} \right)^2 = 1.82 \text{ lbf} = 8.095 \text{ N}$$

3.6.5.3. Potencia que se transmite por banda

Según (Budynas y Nisbett, 2012, p.870), indica que la potencia que se transmite por banda se puede determinar por:

$$\Delta F = F1 - F2 \quad (3.33)$$

Donde:

ΔF : Potencia que se transmite por banda

$F1$: Tensión mayor en la banda

$F2$: Tensión menor en la banda

$$\Delta F = \frac{63025 \frac{P_d}{N}}{n \left(\frac{dc}{2} \right)} \quad (3.34)$$

Donde:

ΔF : Potencia que se transmite por banda

$F1$: Tensión mayor en la banda

$F2$: Tensión menor en la banda

Pd : Potencia de diseño (Hp)

N : Número de bandas

dc : Diámetro de la polea menor (in)

n : Velocidad angular de la polea menor (rpm)

$$\Delta F = \frac{63025 * \frac{4.425}{1}}{1720 * \left(\frac{4}{2} \right)} = 81.071 \text{ lbf} = 360.621 \text{ N}$$

3.6.5.4. Ángulo de contacto

Correa abierta

Cuando la transmisión es por correas abiertas, el ángulo de contacto de la polea menor se determinan mediante (Budynas y Nisbett, 2012, p. 851):

$$\theta_1 = 180 - 2 * \sin^{-1} \left(\frac{Dcd - dc}{2 * CC} \right) \quad (3.35)$$

Donde:

θ_1 : Ángulo de contacto

Dcd : Diámetro de la polea mayor

dc : Diámetro de la polea menor

CC : Distancia entre centros

$$\theta_1 = 180 - 2 * \sin^{-1} \left(\frac{6'' - 4''}{2 * 23.94''} \right) = 175.212^\circ = 3.058 \text{ rad}$$

Fuerza de tensión mayor en la banda

$$F1 = Fc + \frac{\Delta F * \exp(f * \theta_1)}{\exp(f * \theta_1) - 1} \quad (3.36)$$

Donde:

$F1$: Tensión mayor en la banda

F_c : Fuerza centrífuga

ΔF : Potencia que se transmite por banda

f : Coeficiente de fricción efectivo para ranuras (0.5123)

θ_1 : Ángulo de contacto en correa abierta

$$F1 = 1.82lbf + \frac{81.071lbf * \exp(0.5123 * 3.058)}{\exp(0.5123 * 3.058) - 1} = 104.279 lbf$$

$$F1 = 463.856 N$$

$$F1y = F1 * \cos(\alpha_1) = 463.856 * \cos(2.394) = 463.451 N$$

$$F1z = F1 * \sin(\alpha_1) = 463.856 * \sin(2.394) = 19.375 N$$

Fuerza de Tensión menor de la banda

$$F2 = F1 - \Delta F = 463.856 - 360.621 = 103.235 N$$

$$F2y = F2 * \cos(\alpha_1) = 103.235 * \cos(2.394) = 103.144 N$$

$$F2z = F2 * \sin(\alpha_1) = 103.235 * \sin(2.394^\circ) = 4.312 N$$

3.6.6. Diseño del eje

3.6.6.1. Fuerzas que actúan en el eje

A continuación, se determinan las fuerzas que actúan en el eje, los pesos de los elementos mecánicos como las cuchillas, soporte, poleas se determinan a partir del Software SolidWorks.

Fuerza de desfibrado: $F_{desfibrado} = 250 N$

Peso del tambor desfibrador: $P_{tambor} = P_{soporte} + P_{cuchilla} = 18.44 + 38.612 = 57.052 N$

Peso de la polea: $P_{polea} = masa * gravedad = 1.522 Kg * \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) = 14.93 N$

Fuerza de tensión mayor en eje y: $F1y = 463.451 N$

Fuerza de tensión mayor en eje z: $F1z = 19.375 N$

Fuerza de tensión menor en eje y: $F2y = 103.144 N$

Fuerza de tensión menor en eje z: $F2z = 4.312 N$

También se da a conocer la distancia que existe entre cada elemento que contiene el eje de transmisión.

$d1 = 47mm$
 $d2 = 132mm$
 $d3 = 132mm$
 $d4 = 47mm$
 $d5 = 61mm$

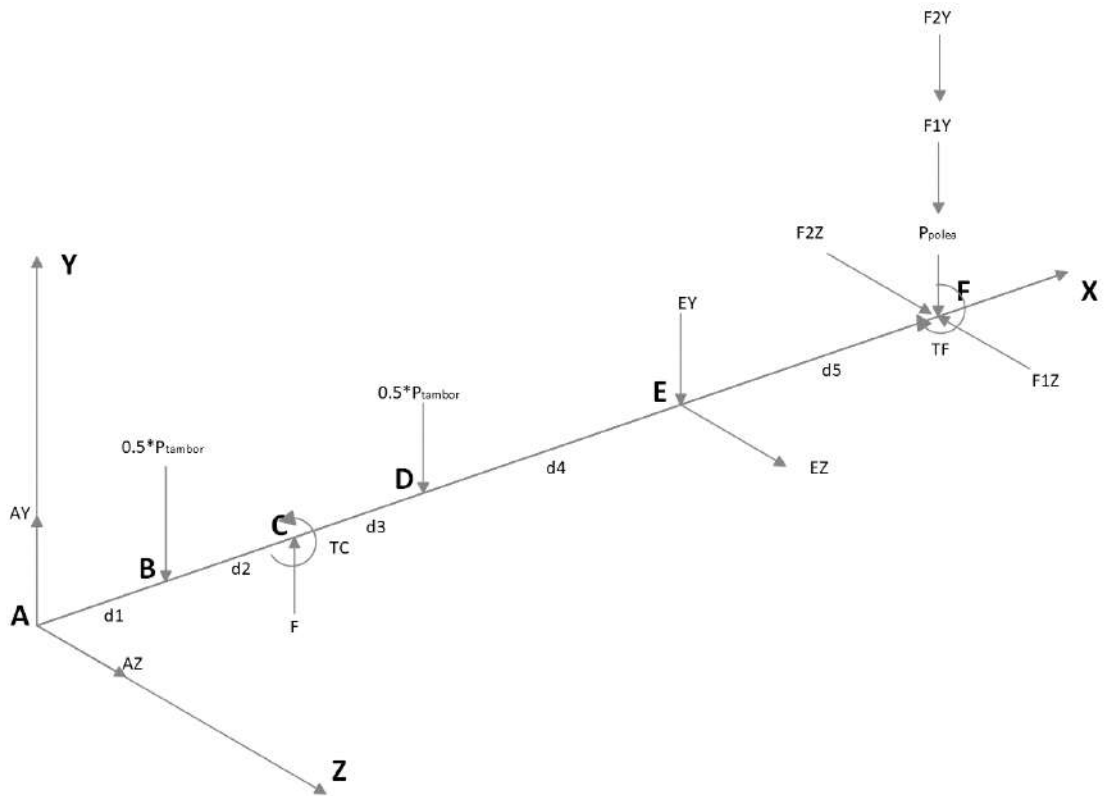


Ilustración 3-27: Diagrama de cuerpo libre tridimensional del eje
 Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.6.6.2. Análisis en el plano XY

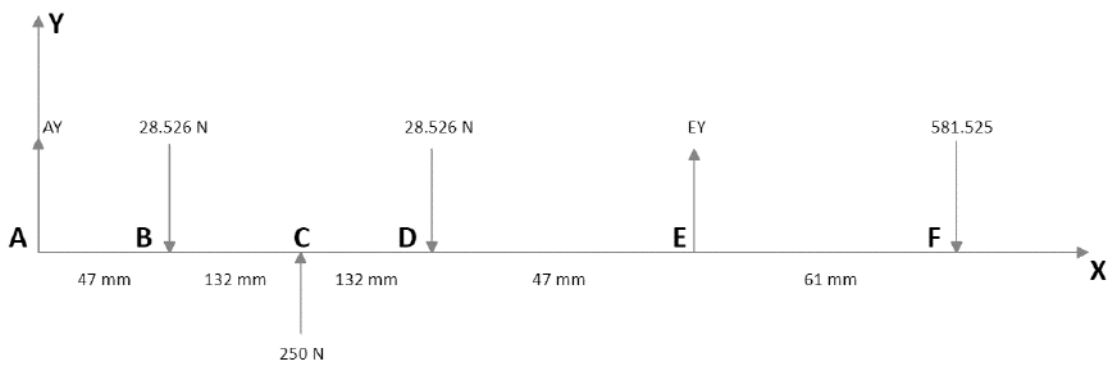


Ilustración 3-28: Diagrama en el plano xy
 Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Cálculo de reacciones

$$\sum MA = 0$$

$$-28.526(47) + 250(179) - 28.526(311) + (358 * Ey) - 581.525(419) = 0$$

$$Ey = 584.137 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$Ay - 28.526 + 250 - 28.526 + 584.137 - 581.525 = 0$$

$$Ay = -195.56 \text{ N}$$

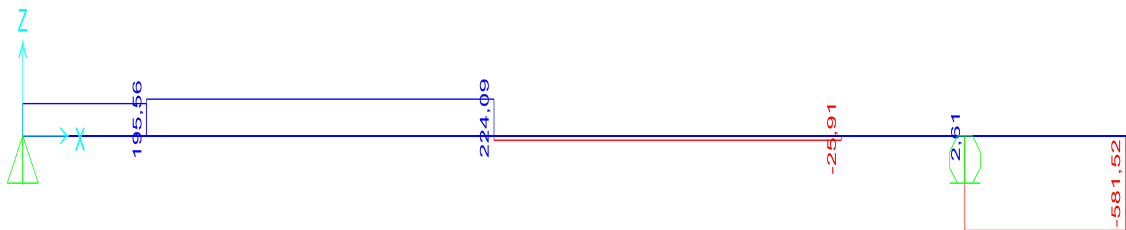


Ilustración 3-29: Diagrama de fuerzas cortantes del plano xy

Realizado Por: Moyon, S. y Suintaxi, J., 2023

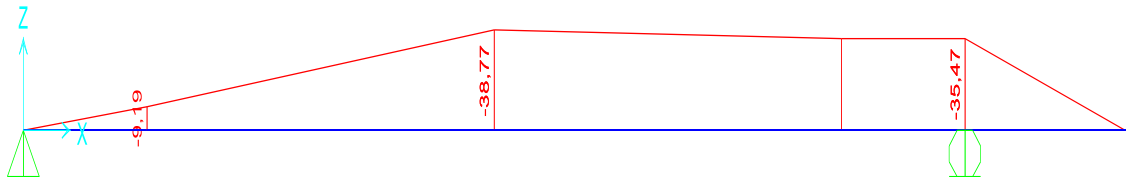


Ilustración 3-30: Diagrama de momentos cortantes en el plano xy

Realizado Por: Moyon, S. y Suintaxi, J., 2023

3.6.6.3. Análisis en el plano ZX

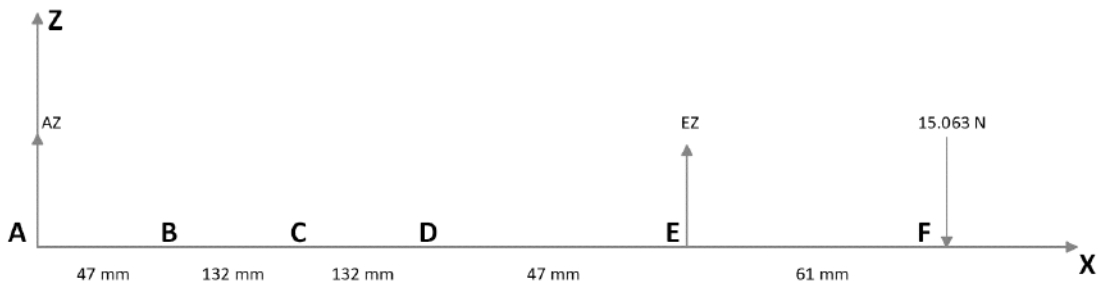


Ilustración 3-31: Diagrama de cuerpo libre en el plano zx

Realizado Por: Moyon, S. y Suintaxi, J., 2023

Cálculo de reacciones

$$\sum MA = 0$$

$$358 * Ez - (15.063 * 419) = 0$$

$$Ez = 17.629 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$Az + Ez - 15.063 = 0$$

$$Az = -2.566 \text{ N}$$

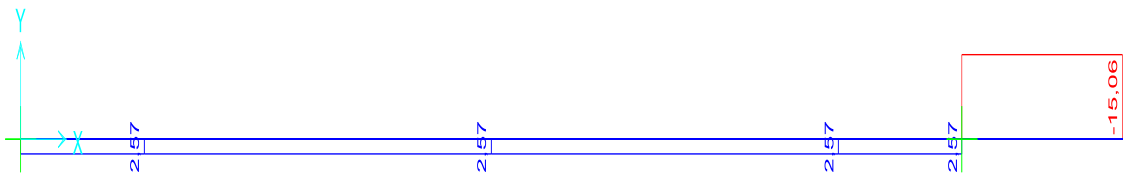


Ilustración 3-32: Diagrama de Fuerzas cortantes del plano zx

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

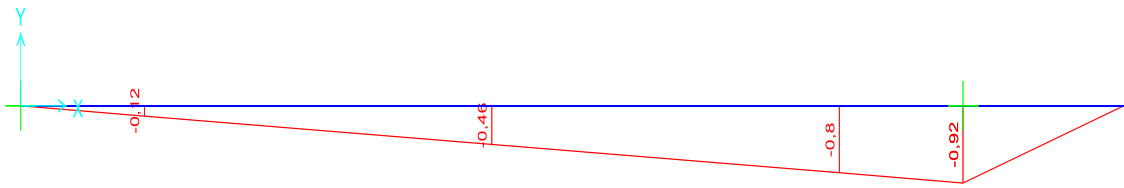


Ilustración 3-33: Diagrama de momentos cortantes en el plano zx

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.6.6.4. Diagrama de Momento Torsor

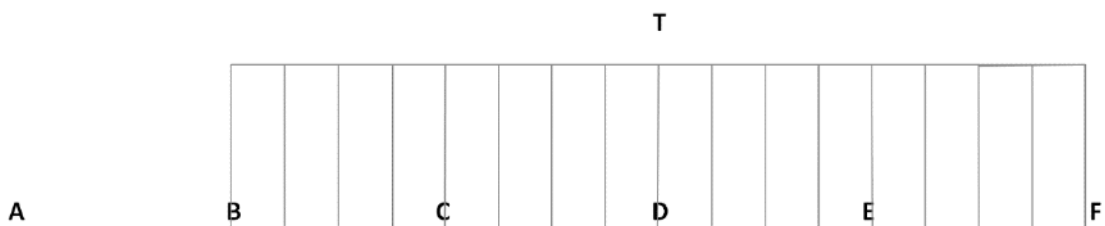


Ilustración 3-34: Diagrama Torsor

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

El par de torsión para un sistema giratorio se obtiene a partir de la siguiente expresión (Norton, Robert L., 2011, p. 415).

$$T = \frac{60 * P}{2 * \pi * n_{tambor}} \quad (3.37)$$

Donde:

T : Par de Torsión

P : Potencia del motor

n_{tambor} : Velocidad de giro del tambor desfibrador

$$T = \frac{60 * 3000}{2 * \pi * 1146.7} = 24.983 \text{ N.m}$$

3.6.6.5. Análisis del Punto Crítico C

Factores de Concentración de esfuerzos

Factor de concentración del esfuerzo por fatiga de la flexión (Budynas y Nisbett, 2012, p. 356).

$$K_f = 1.7$$

Esfuerzos en el eje

- Flexión alternante

$$\sigma_{af} = \frac{32 * M}{\pi * d^3} \quad (3.38)$$

Donde:

σ_{af} : Esfuerzo a flexión alternante

M : Momento flexionante alternante

d : Diámetro del eje de sección circular

$$M = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{zx}^2} \quad (3.39)$$

Donde:

M : Momento flexionante alternante

M_{xy} : Momento flexionante alternante en el plano xy

M_{zx} : Momento flexionante alternante en el plano zx

$$M = \sqrt{38.772^2 + 0.46^2} = 38.772 \text{ N.m}$$

$$\sigma_{af} = \frac{32 * 38.772}{\pi * d^3} = \frac{394.928}{d^3}$$

- Torsión promedio o medio

$$\tau_{m_t} = \frac{16 * T}{\pi * d^3} \quad (3.40)$$

Donde:

τ_{m_t} : Esfuerzo promedio a torsión

T : Torsión promedio

d : Diámetro del eje de sección circular

$$\tau_{m_t} = \frac{16 * 24.983}{\pi * d^3} = \frac{127.237}{d^3}$$

Fatiga a esfuerzo combinados

- Límite a fatiga

$$Se = k * 0.5 * S_{ut} \quad (3.41)$$

Donde:

Se : Límite de fatiga

k : Factor de Marin

S_{ut} : Resistencia última del acero AISI 304

- Factor de Marín

El factor de Marín se obtiene al multiplicar los factores de condición superficial, de tamaño, de confiabilidad, de temperatura y de efectos varios.

$$k = k_a * k_b * k_c * k_d \quad (3.42)$$

Donde:

k : Factor de Marin

k_a : Factor de condición superficial

k_b : Factor de tamaño

k_c : Factor de confiabilidad

k_d : Factor de temperatura

Factor de condición superficial:

El acabado superficial del eje será maquinado.

$$ka = a * (S_{ut})^b \quad (3.43)$$

Donde:

ka : Factor de condición superficial

a : Factor

b : Exponente

$$ka = 4,51 * (520)^{-0,265} = 0,86$$

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Ilustración 3-35: Parámetros en el factor de condición superficial

Fuente: (Budynas y Nisbett, 2012, p. 274)

Factor de Tamaño:

Como aún no se conoce el diámetro del eje, se supondrá un factor de tamaño de 1 (Norton, Robert L. 2011, pg. 425).

Factor de Confiabilidad:

Se considera una confiabilidad del 99%

$$kc = 0,814$$

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_σ	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Ilustración 3-36: Factores de confiabilidad

Fuente: (Budynas y Nisbett, 2012, p. 279)

Factor de temperatura:

La temperatura de operación del eje será al ambiente.

$$k_d = 1$$

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Ilustración 3-37: Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.

Fuente: (Budynas y Nisbett, 2012, p. 278)

Entonces, el factor de Marín será:

$$k = 0,86 * 1 * 0,814 * 1 * 1$$

$$k = 0,7$$

$$S_e = 0.7 * 0.5 * 520 \text{ Mpa} = 182 \text{ Mpa}$$

Teoría de Von Mises

- Esfuerzo equivalente Amplitud

$$\sigma_{a_{eq}} = \sqrt{(k_{f_a} * \sigma_{a_a} + k_{f_f} * \sigma_{a_f})^2 + 3(k_{f_{st}} * \tau_{a_t})^2} \quad (3.44)$$

Donde:

$\sigma_{a_{eq}}$: Esfuerzo equivalente amplitud

k_{f_a} : Factor de concentración del esfuerzo por fatiga para axiales

σ_{a_a} : Esfuerzo axial alternante

k_{f_f} : Factor de concentración del esfuerzo por fatiga para flexión

σ_{a_f} : Esfuerzo a flexión alternante

$k_{f_{st}}$: Factor de concentración del esfuerzo por fatiga para torsión

τ_{a_t} : Esfuerzo a torsión alternante

- Esfuerzo equivalente Medio

$$\sigma_{m_{eq}} = \sqrt{(\sigma_{m_a} + \sigma_{m_f})^2 + 3(\tau_{m_t})^2} \quad (3.45)$$

Donde:

$\sigma_{m_{eq}}$: Esfuerzo equivalente medio

σ_{m_a} : Esfuerzo medio axial

σ_{m_f} : Esfuerzo medio a flexión

τ_{m_t} : Esfuerzo medio a torsión

En el eje tenemos esfuerzo a flexión alternante y esfuerzo promedio a torsión, la expresión se reduce a:

$$\sigma_{a_{eq}} = \sqrt{(k_{f_a} * \sigma_{a_a})^2} = \sqrt{\left(1.7 * \frac{394.928}{d^3}\right)^2} = \frac{671,378}{d^3}$$

$$\sigma_{m_{eq}} = \sqrt{3(\tau_{m_t})^2} = \sqrt{3 * \left(\frac{127.237}{d^3}\right)^2} = \frac{220.38}{d^3}$$

Teoría de falla a fatiga

- Soderberg

$$\frac{\sigma_{a_{eq}}}{S_e} + \frac{\sigma_{m_{eq}}}{S_y} = \frac{1}{\eta} \quad (3.46)$$

Donde:

$\sigma_{a_{eq}}$: Esfuerzo equivalente amplitud

$\sigma_{m_{eq}}$: Esfuerzo equivalente medio

S_e : Límite de fatiga

S_y : Límite de fluencia del acero AISI 304

η : Factor de seguridad para el eje

Si asumimos un factor de seguridad de 3 (Mott Robert L., 2006, p. 185).

$$\frac{220,38}{d^3} + \frac{671,378}{d^3} = \frac{1}{3}$$

$$d = 24,12 \text{ mm}$$

Dimensionamiento del eje

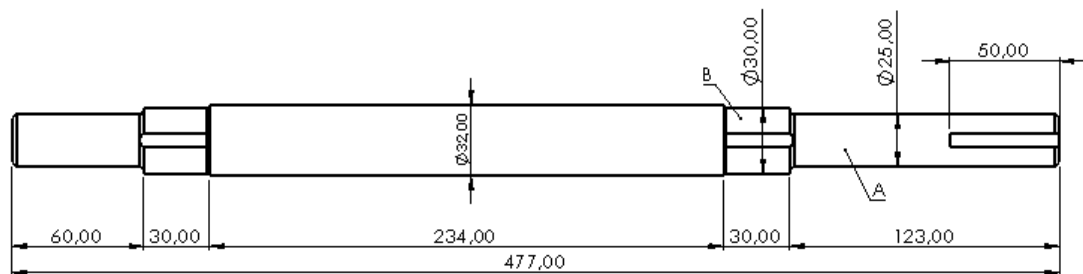


Ilustración 3-38: Dimensionamiento del eje del tambor desfibrador

Realiza Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.6.7. Selección y Dimensión de las chavetas

Las chavetas se utilizan sobre los ejes para fijar la polea mayor y los bujes del tambor desfibrador. También se emplean para transmitir el par de torsión del eje al elemento que soporta. La falla de la chaveta puede ser por cortante directo, o por esfuerzo de compresión (Budynas y Nisbett, 2012, p. 377).

Las secciones de diámetros en donde se requiere chaveta son:

$$DA = 25 \text{ mm}$$

$$DB = 30 \text{ mm}$$

Por lo tanto, según la norma DIN6885A se obtienen los siguientes datos:

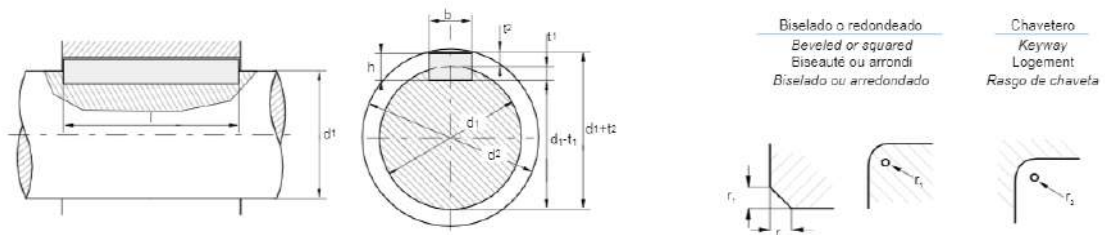


Ilustración 3-39: Chavetero del eje y del cubo

Fuente: (OPAC COMPONENTS, 2017)

b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16								
h	2	3	4	5	4	5	5	7	6	8	6	8	6	9	7	10		
d1	>	6	8	10	12	12	17	17	22	22	30	30	38	38	44	44	50	50
	≤	8	10	12	17	17	30	30	30	30	38	38	44	44	50	50	58	58

Ilustración 3-40: Chaveta paralela DIN 6885

Fuente: (OPAC COMPONENTS, 2017)

b ^{h2} x h ^{h11}	L mm																			Chavetero			
	8	10	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50			t ₁	d+t ₂	
3 x 3	8	10	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50			1,8	d+1,4	
4 x 4	8	10	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50			2,5	d+1,8	
5 x 5	10	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50	55	56	60	70	3	d+2,3
6 x 6	12	14	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	36	40	45	50	55	56	60	70	80	3,5	d+2,8

Ilustración 3-41: Longitud para chavetas paralela DIN 6885

Fuente: (OPAC COMPONENTS, 2017)

Las dimensiones que se toman para la chaveta serán las mismas debido a que los ejes tienen solo 5 milímetros de diferencia.

Las dimensiones serán:

Base de la chaveta: $b = 6 \text{ mm}$

Altura de la chaveta: $h = 6 \text{ mm}$

Profundidad del chavetero del eje: $t_1 = 3 \text{ mm}$

Profundidad del chavetero del cubo: $t_2 = 3 \text{ mm}$

Longitud de la chaveta: $l = 28 \text{ mm}$

Se utilizará acero inoxidable AISI 304 y con la siguiente fórmula se verificará el factor de seguridad de esta configuración.

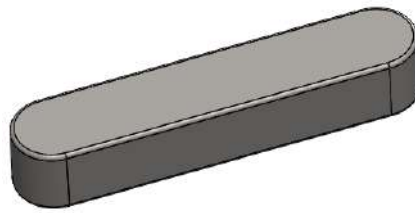


Ilustración 3-42: Chaveta diseñada en SolidWorks
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.6.7.1. Chaveta para el Diámetro A

- Diseño a cortante

La falla por cortante en la chaveta a lo largo del área bxl , se evaluará con la determinación del factor de seguridad.

$$\frac{2T}{D_A bl} = \frac{S_{sy}}{n_{DA}} \quad (3.47)$$

Donde:

n_{DA} : Factor de seguridad a cortante

T : Par de Torsión (24,983 MPa)

D_A : Diámetro del eje en el punto (25mm)

b : Base de la chaveta (6mm)

l : Longitud de la chaveta (28mm)

S_{sy} : Límite elástico a cortante ($0,5 * S_y$)

S_y : Esfuerzo de fluencia (AISI 304 $\rightarrow S_y=220$ Mpa)

$$n_{DA} = \frac{S_y * D_A * b * l}{4 * T} = \frac{220(25)(6)(28)}{4(24983)}$$

$$n_{DA} = 9.246$$

- Diseño a compresión

Para la falla a compresión se utilizará el área bxh para evaluar el factor de seguridad.

$$\frac{4T}{Dlh} = \frac{S_y}{n_{CA}} \quad (3.48)$$

Donde:

n_{CA} : Factor de seguridad a compresión

T : Par de Torsión (24,983 MPa)

D_A : Diámetro del eje en el punto (25 mm)

b : Base de la chaveta (6mm)

l : Longitud de la chaveta (28mm)

S_y = Esfuerzo de fluencia (AISI 304 $\rightarrow S_y=220$ Mpa)

$$n_{CA} = \frac{S_y D_A l h}{4T} = \frac{220(25)(28)(6)}{4(24983)}$$

$$n_{CA} = 9.246$$

3.6.7.2. Chaveta para el Diámetro B

- Diseño a cortante

$$\frac{2T}{Dbl} = \frac{S_{sy}}{n_{DB}} \quad (3. 49)$$

Donde:

n_{DB} : Factor de seguridad a cortante

D_B : Diámetro del eje en el punto (30 mm)

l : Longitud de la chaveta (28 mm)

S_y : Esfuerzo de fluencia (AISI 304 $\rightarrow S_y = 220$ MPa)

T : Par de torsión (24.983 Nm)

S_{sy} : Límite elástico a cortante(0,5* S_y)

$$n_{DB} = \frac{S_y * D_B * b * l}{4 * T} = \frac{220(30)(6)(28)}{4(24983)}$$

$$n_{DB} = 11.095$$

- Diseño a compresión

Se comprueba también el factor de seguridad del esfuerzo a la compresión de la chaveta teniendo en cuenta que:

$$\frac{4T}{Dlh} = \frac{S_y}{n_{CB}} \quad (3. 50)$$

Donde:

n_{CB} : Factor de seguridad a compresión

T : Par de torsión (24.983 N.m)

D_B : Diámetro del eje en el punto B (30 mm)

b : Base de la chaveta (6mm)

l : Longitud de la chaveta (28mm)

S_y : Esfuerzo de fluencia (AISI 304 $\rightarrow S_y = 220$ Mpa)

$$n_{CB} = \frac{S_y D_B l h}{4T} = \frac{220(30)(28)(6)}{4(24983)}$$

$$n_{CB} = 11.095$$

3.6.8. Velocidades en las poleas

Para calcular la velocidad del eje se tomarán los diámetros comerciales de poleas que son de 4 y 6 pulgadas respectivamente.

$$w_1 = 1720 \text{ rpm}$$

$$dc = 4 \text{ pulg}$$

$$Dcd = 6 \text{ pulg}$$

$$w_2 = \frac{dc}{Dcd} * N1 \tag{3.51}$$

Donde:

w_2 : Velocidad rotacional de la polea mayor

dc : Diámetro de polea menor

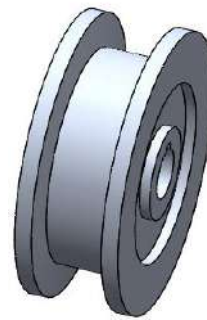
Dcd : Diámetro de polea mayor

w_1 : Velocidad rotacional de la polea menor

$$w_2 = \frac{4}{6} * 1720 = 1146.66 \text{ rpm}$$



Diámetro de la polea de 6 in



Diámetro de la polea de 4 in

Ilustración 3-43: Poleas diseñadas en SolidWorks

Realizado Por: Moyon, S. y Sntaxi, J., 2023

3.6.9. Selección de chumaceras

El eje tiene dos rodamientos que soportan cargas radiales, la carga radial máxima que debe soportar un rodamiento axial es de 584.137 N, a una velocidad de 1146.667 rpm. El diámetro del eje es de 25mm, por tanto, se procede al catálogo de rodamientos SKF para seleccionar el rodamiento de inserción.

YAT

Dimensiones							Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite	Masa	Designación
d	D	B	C	d ₁	s ₁	r _{1,2} min.	dinámica C	estática C ₀	P _u	con tolerancia del eje h6	kg	
mm							kN		kN	r. p. m.		-
25	52	27,2	15	33,7	19,5	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,14	YAT 205
	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,19	E2.YAR 205-2F
	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,17	YAR 205-2F

Ilustración 3-44: Rodamiento Y con prisionero, ejes métricos

Fuente: (Rodamientos SKF, 2015, p. 458)

3.6.9.1. Vida nominal básica

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60n_r} \right) \left(\frac{C}{P} \right)^n \quad (3.52)$$

Donde:

n_r : Velocidad de rotación de la polea mayor

C : Capacidad de carga básica dinámica del rodamiento

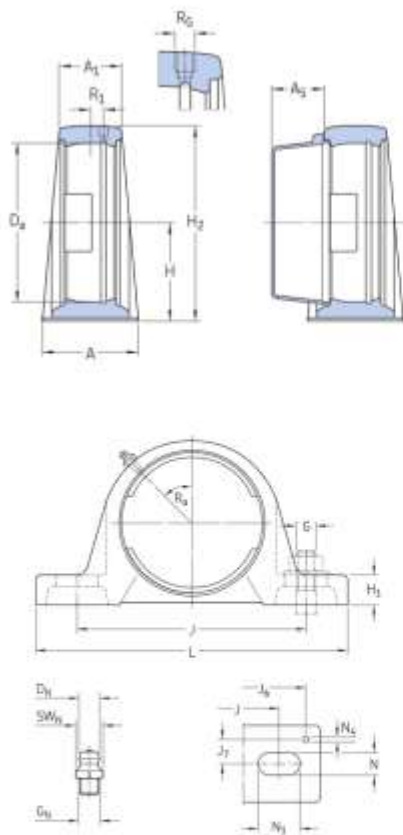
P : Carga dinámica equivalente del rodamiento

n : Exponente de la ecuación de la vida, $n = 3$ para rodamientos de bola

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60(1146.66)} \right) \left(\frac{14 \text{ KN}}{0.584 \text{ KN}} \right)^3$$

$$L_{10h} = 200244.0648 \text{ horas}$$

Por lo tanto, se utiliza un soporte para el rodamiento de inserción SY 505 M.



Dimensiones

D_a	52 mm	Diámetro del asiento esférico
A	36 mm	Ancho de la base
A_1	22 mm	Ancho superior
A_5	20.5 mm	Parte que sobresale de la tapa lateral
H	36.5 mm	Altura del centro del asiento esférico
H_1	16 mm	Altura del pie
H_2	70 mm	Altura total
J	102 mm	Distancia entre los tornillos de fijación
J	max. 110 mm	Distancia entre los tornillos de fijación
J	min. 94 mm	Distancia entre los tornillos de fijación
L	130 mm	Longitud total
N	11.5 mm	Ancho del agujero del tornillo de fijación
N_1	19.5 mm	Longitud del agujero del tornillo de fijación

Orificio roscado

R_1	1/4-28 UNF	Rosca del soporte para la boquilla engrasadora
R	2 mm	Posición axial de la rosca del soporte
R_1	45 °	Posición angular de la rosca del soporte

Boquilla engrasadora

D_1	6.5 mm	Diámetro de la cabeza esférica de la boquilla engrasadora
S1	7 mm	Tamaño de la llave hexagonal para la boquilla engrasadora

Ilustración 3-45: Características y medidas del soporte para el rodamiento seleccionado
Fuente: (SKF-SY 505 M, 2015)

3.6.10. Selección de pernos de las cuchillas

La función de los pernos es de sujetar las cuchillas al soporte, el diagrama de cuerpo libre de los pernos se ilustra a continuación:

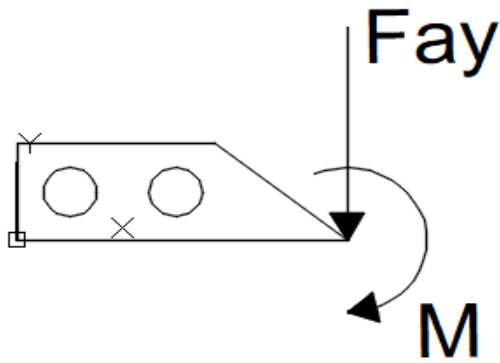


Ilustración 3-46: Diagrama de Cuerpo libre de los pernos
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.6.10.1. *Análisis a cortante*

La configuración de la unión de los pernos muestra que existe que existe una carga cortante, por tanto, se realizara el análisis de la falla a cortante puro.

- Corte Primario

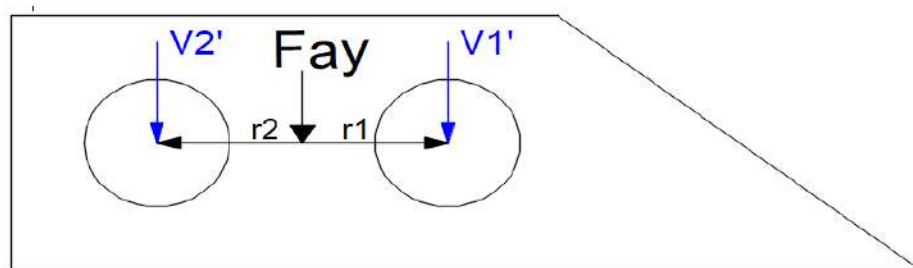


Ilustración 3-47: Fuerzas cortantes primarias en el centroide del grupo de los pernos
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

La carga cortante primaria para cada perno corresponde:

$$Vi' = \frac{Fay}{n_{pernos}} \quad (3.53)$$

Donde:

Vi' : Fuerza cortante primario

Fay : Fuerza de reacción en el apoyo A de la cuchilla

n_{pernos} : Número de pernos

$$Vi' = \frac{125}{2} = 62.5 N$$

- Corte secundario

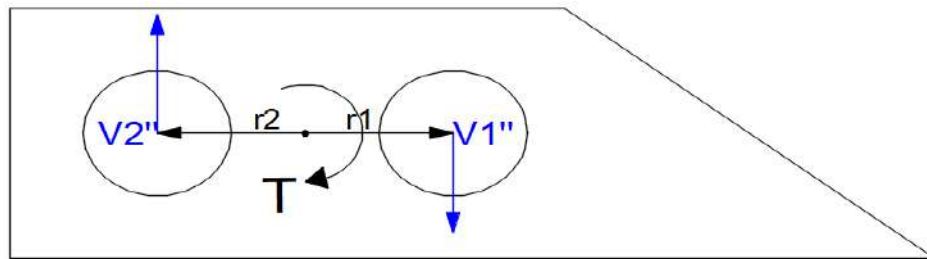


Ilustración 3-48: Fuerzas cortantes secundarias en el centroide del grupo de los pernos
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Las fuerzas cortantes secundarias son iguales en los dos pernos, el valor corresponde a:

$$V_i'' = \frac{T * r}{\sum r^2} \quad (3.54)$$

Donde:

V_i'' : Fuerza cortante secundaria

T : Momento Torsor

r : Distancias radiales desde el centroide hasta el centro de cada perno

$$T = M + F_{ay} * d \quad (3.55)$$

Donde:

M : Momento de reacción en el apoyo A de la cuchilla

F_{ay} : Fuerza de reacción en el apoyo A de la cuchilla

d : Distancia al centroide del grupo de pernos

$$T = 7812 + (125 * 34) = 12062 \text{ Nmm}$$

$$\sum r^2 = r_1^2 + r_2^2$$

$$\sum r^2 = 8^2 + 8^2 = 128 \text{ mm}^2$$

$$V_i'' = \frac{12062 * 8}{128} = 753.875 \text{ N}$$

- Punto Crítico

El punto crítico es aquel perno que soporta la mayor parte de la carga, por la configuración de la ubicación de los pernos se puede deducir que el perno 1 soporta la mayor carga.

$$V1 = Vi' + Vi'' \quad (3.56)$$

Donde:

$V1$: Carga cortante resultante

Vi' = Fuerza cortante primario

Vi'' = Fuerza cortante secundaria

$$V1 = 62,5 + 753.875 = 816.375 \text{ N}$$

- Análisis a corte

El esfuerzo a cortante en el perno se puede determinar cómo (Budynas y Nisbett, 2012, p. 432):

$$\tau = \frac{n_{cc} * V1}{A_r} \quad (3.57)$$

Donde:

n_{cc} : Factor de seguridad

$V1$: Carga cortante resultante

A_r : Área del diámetro menor del perno

τ : Esfuerzo a cortante en el perno

$$\tau = \frac{n * 816.375 \text{ N}}{17.9 \text{ mm}^2} = 45.607 * n_{cc}$$

- Análisis a tracción

Los pernos de las cuchillas no presentan tracción primaria ni secundaria, solo presenta la pretensión que se genera al apretar la tuerca para asegurar la junta.

$$Fi = 0.7 * S_p * At \quad (3.58)$$

Donde:

Fi : Fuerza de Pretensión

S_p : Resistencia de Prueba ($S_p = 0.85 S_y$)

At : Área de esfuerzo de tensión del perno

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso		Serie de paso fino			
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			

Ilustración 3-49: Diámetro y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino
Fuente: (Budynas y Nisbett, 2008, p. 1008)

Entonces, calculamos la fuerza de la pretensión

$$F_i = 0.7 * 0.85 * S_y * A_t$$

$$F_i = 0.7 * 0.85 * 450 \text{ Mpa} * 20.1 \text{ mm}^2$$

$$F_i = 5381.775 \text{ N}$$

Entonces, el esfuerzo de tensión en el perno puede determinarse como (Budynas y Nisbett, 2012, p. 421):

$$\sigma_p = \frac{F_i}{A_t} + \frac{n_p * c * P}{A_t} \quad (3.59)$$

Donde:

σ_p : Esfuerzo a tensión en el perno

F_i : Fuerza de Pretensión

A_t : Área de esfuerzo de tensión del perno

n_p : Coeficiente de Seguridad

c : Constante de rigidez de la unión

P : Carga total de tracción del perno crítico

Como el perno no está sometido a una carga de tracción, la ecuación anterior se reduce a:

$$\sigma = \frac{F_i}{A_t} = \frac{5381.775}{20.1 \text{ mm}^2} = 267.75 \text{ Mpa}$$

- Esfuerzo equivalente de Von Mises

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau^2} \quad (3. 60)$$

Donde:

σ_{eq} : Esfuerzo equivalente de Von Mises

σ_p : Esfuerzo a tensión del perno

τ : Esfuerzo a cortante en el perno

$$\sigma_{eq} = \sqrt{267.75^2 + 3(45.607 * n)^2}$$

Como el esfuerzo equivalente debe ser menor o igual al esfuerzo de fluencia, se tiene que:

$$\sigma_{eq} = Sy \quad (3. 61)$$

Donde:

σ_{eq} : Esfuerzo equivalente de Von Mises

Sy : Límite de Fluencia

$$\begin{aligned} \sqrt{267.75^2 + 3(45.607 * n)^2} &= 450 \\ n &= 4.57 \end{aligned}$$

El factor de seguridad que presenta el perno de acero inoxidable antes las cargas son de 4.57, por tanto, no existirá falla en el perno durante el desfibrado de las hojas.

3.6.11. Estructura

La estructura está formada por un tubo estructural cuadrado de 40x40x2 mm y por un perfil L de 40x40x2 que fueron seleccionados bajo el catálogo comercial Dipac. Para evaluar la resistencia se tomará en cuenta los pesos de los elementos mecánicos que debe soportar la estructura.

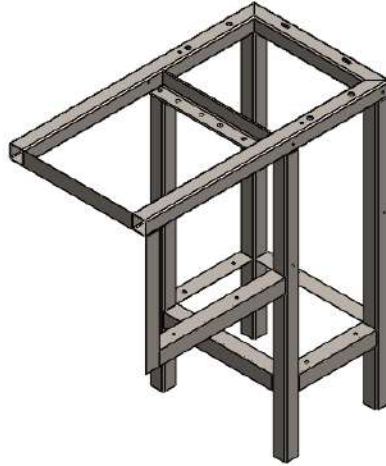


Ilustración 3-50: Estructura de la máquina desfibadora
Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Se realiza primero un modelo en un programa CAD de la estructura, para luego exportar en formato compatible con el software SAP 2000 para analizar la resistencia de la estructura.

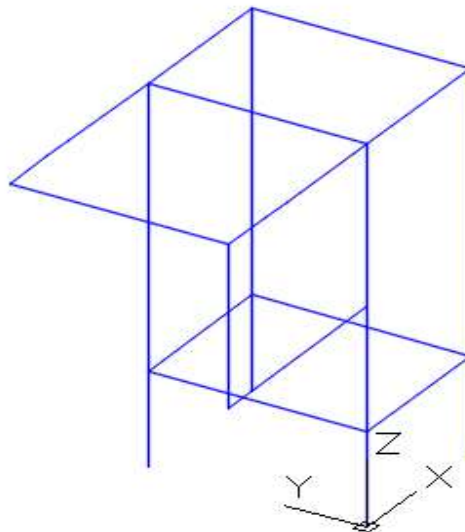


Ilustración 3-51: Modelo de la estructura en un Software CAD
Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Luego se va a asignar los perfiles a la estructura, modificando las propiedades en base al perfil seleccionado bajo el catálogo DIPAC.

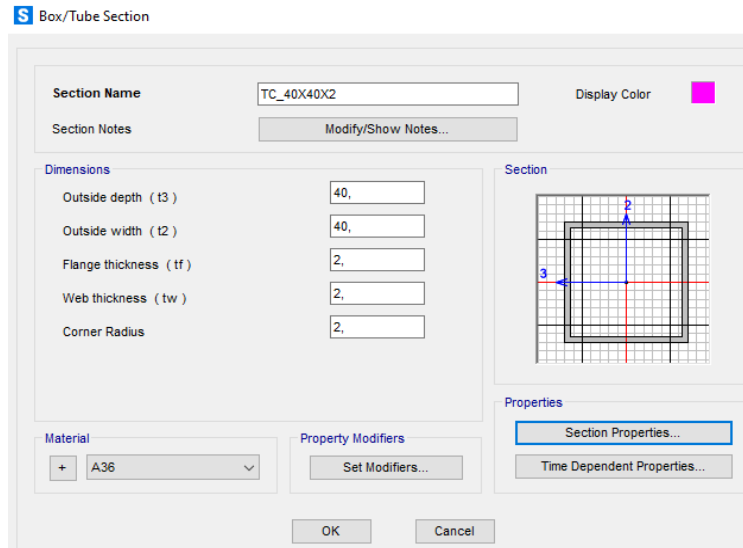


Ilustración 3-52: Dimensiones del tubo estructural cuadrado
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

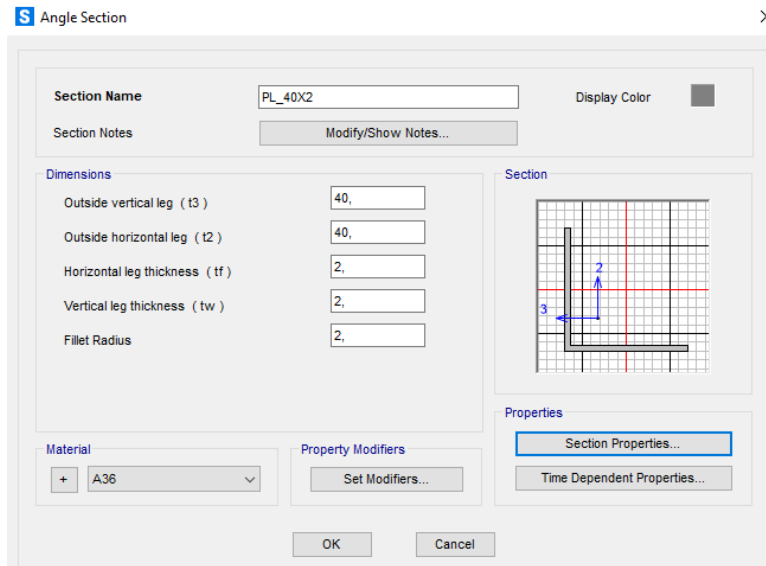


Ilustración 3-53: Dimensiones del perfil estructural L40X40X2
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

La carga que se va a aplicar para evaluar la resistencia son la carga permanente o muerta, se considerara cada uno de los pesos de los elementos mecánicos que debe soportar la estructura.

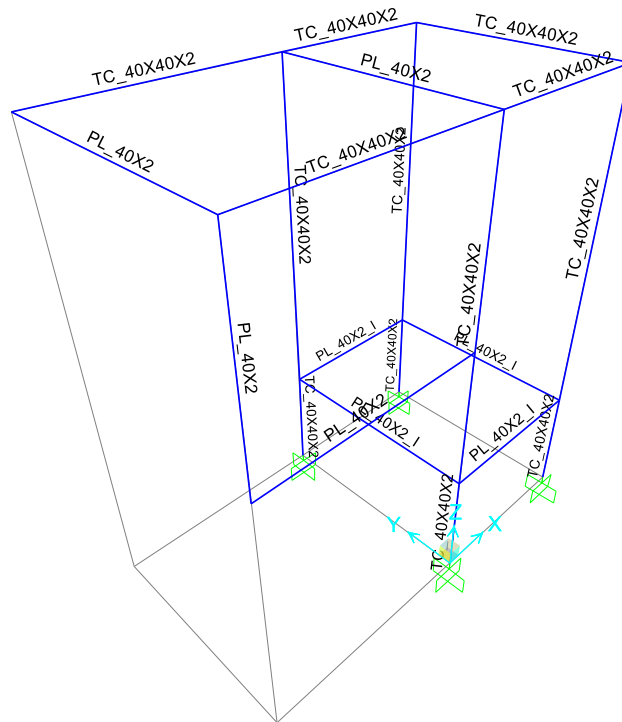


Ilustración 3-54: Aplicación de los perfiles en la estructura de la desfibradora
 Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Carga permanente o Muerta

En base al diseño de materialización se puede determinar el peso de cada componente mecánico, obteniendo así un peso permanente resultante de los elementos de 48,79 kgf.

Peso distribuido Superficialmente por la carga de los elementos mecánicos

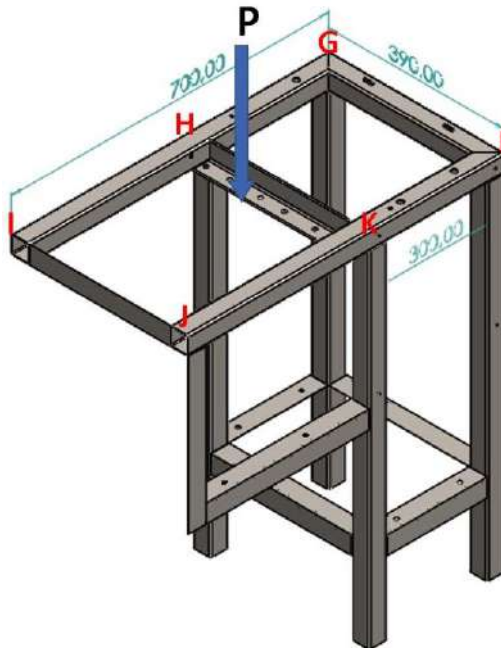


Ilustración 3-55: Peso superficial en la estructura de la desfibradora
 Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

$$P_s = \frac{P}{A_t} \quad (3. 62)$$

Donde:

P_s : Peso distribuido superficialmente por la carga de los elementos mecánicos

A_t : Área tributaria

P : Peso resultante del peso de los elementos mecánicos

$$P_s = \frac{478,63 \text{ N}}{0,39\text{m} * 0,7\text{m}} = 1753,22 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Carga distribuida linealmente en la viga JL

$$W_{JL} = P_s * Ah_{JL} \quad (3. 63)$$

Donde:

W_{JL} : Carga distribuido linealmente en la viga JL

Ah_{JL} : Ancho tributario para la viga JL

P_s : Peso distribuido superficialmente por la carga de los elementos mecánicos

$$W_{JL} = 1753,22 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 0,195\text{m} = 341,878 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

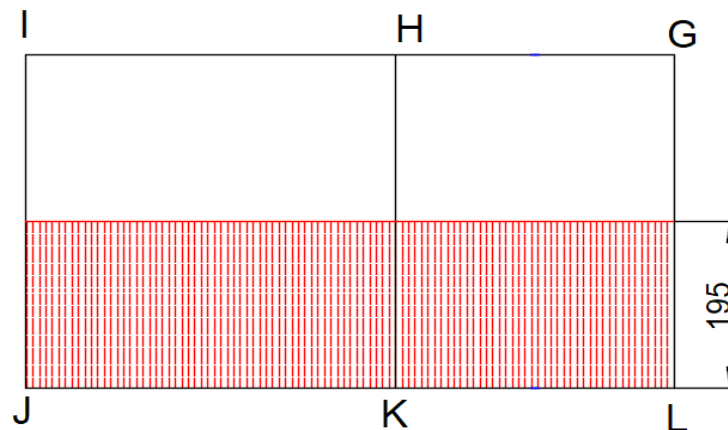


Ilustración 3-56: Ancho tributario de la viga JL
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Carga distribuida linealmente en la viga principal JL

$$W_{GL} = P_s * Ah_{GL} \quad (3. 64)$$

Donde:

W_{GL} : Carga distribuido linealmente en la viga GL

Ah_{GL} : Ancho tributario para la viga GL

Ps : Peso distribuido superficialmente por la carga de los elementos mecánicos

$$W_{GL} = 1753,22 \frac{N}{m^2} * 0,150m = 262,98 \frac{N}{m}$$

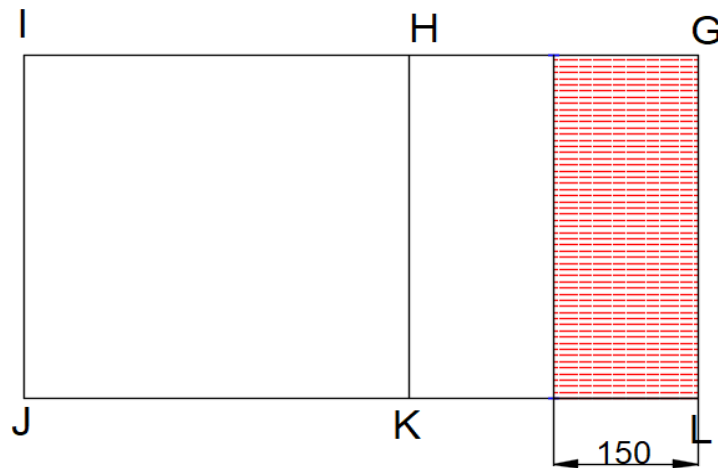


Ilustración 3-57: Ancho tributario de la viga GL

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Carga distribuida linealmente en la viga HK

$$W_{HK} = Ps * Ah_{HK} \tag{3. 65}$$

Donde:

W_{HK} : Carga distribuido linealmente en la viga HK

Ah_{HK} : Ancho tributario para la viga HK

Ps : Peso distribuido superficialmente por la carga de los elementos mecánicos

$$W_{HK} = 1753,22 \frac{N}{m^2} * 0,350m = 613,627 \frac{N}{m}$$

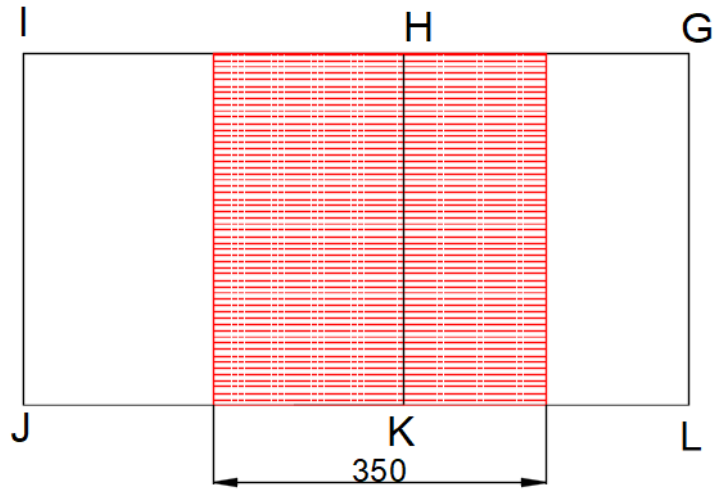


Ilustración 3-58: Ancho tributario de la viga HK
 Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Carga distribuida linealmente en la viga IJ

$$W_{IJ} = Ps * Ah_{IJ} \tag{3. 66}$$

Donde:

W_{IJ} : Carga distribuido linealmente en la viga IJ

Ah_{IJ} : Ancho tributario para la viga IJ

Ps : Peso distribuido superficialmente por la carga de los elementos mecánicos

$$W_{IJ} = 1753,22 \frac{N}{m^2} * 0,200m = 350,644 \frac{N}{m}$$

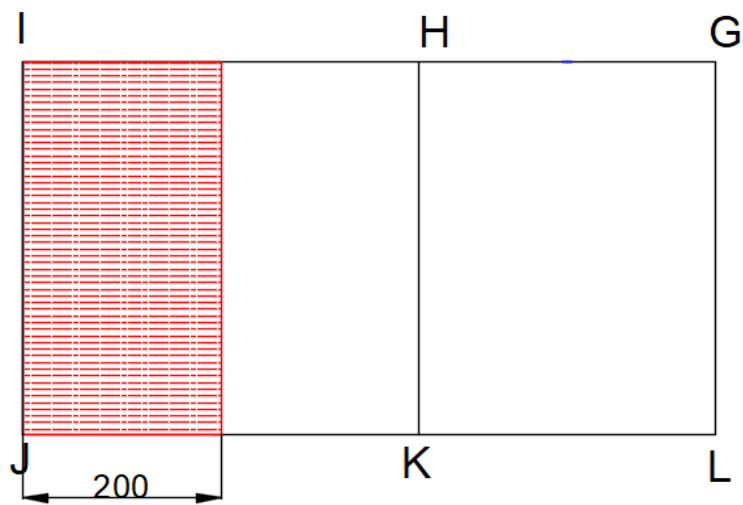


Ilustración 3-59: Ancho tributario de la viga IJ
 Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Peso Superficial por la carga del Motor eléctrico

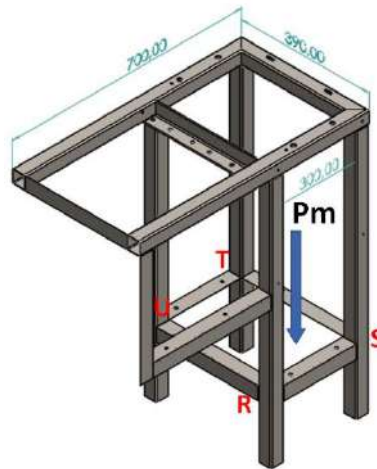


Ilustración 3-60: Carga superficial del peso del motor
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Ahora, se va a establecer la carga distribuida para la estructura que soportara el motor eléctrico.

$$Pm = 45 \text{ Kg}f = 441,45 \text{ N}$$

$$P_{sm} = \frac{Pm}{Atm} \quad (3. 67)$$

Donde:

P_{sm} : Peso superficial por la carga del motor eléctrico

Pm : Peso del motor eléctrico

Atm : Área tributaria

$$P_{sm} = \frac{441,45}{0,3 * 0,390} = 3769,23 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Carga distribuida linealmente en la viga RS

$$W_{RS} = Psm * Ah_{RS} \quad (3. 68)$$

Donde:

W_{RS} : Carga distribuida linealmente en la viga RS

Psm : Peso superficial por la carga del motor eléctrico

Ah_{RS} : Ancho tributario de la viga RS

$$W_{RS} = 3769,23 \frac{N}{m^2} * 0,195 = 735 \frac{N}{m}$$

Carga distribuida linealmente en la viga TS

$$W_{TS} = Psm * Ah_{TS} \tag{3. 69}$$

Donde:

W_{TS} : Carga distribuida linealmente en la viga TS

Psm : Peso superficial por la carga del motor eléctrico

Ah_{TS} : Ancho tributario de la viga RS

$$W_{TS} = 3769,23 \frac{N}{m^2} * 0,150 = 565,38 \frac{N}{m}$$

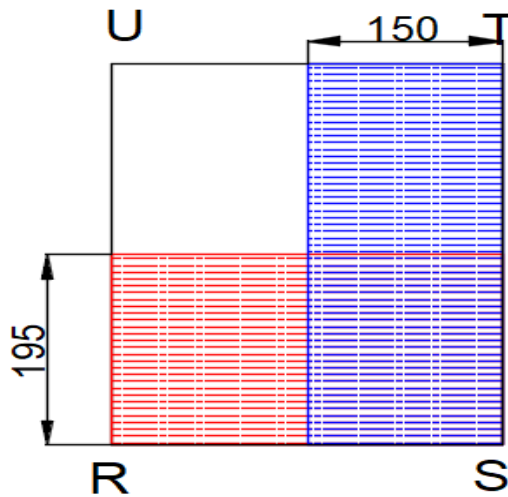


Ilustración 3-61: Ancho Tributario de la viga RS y TS
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

También se debe definir los patrones de carga, en este caso solo se tiene la carga permanente producto de los pesos de los elementos mecánicos.

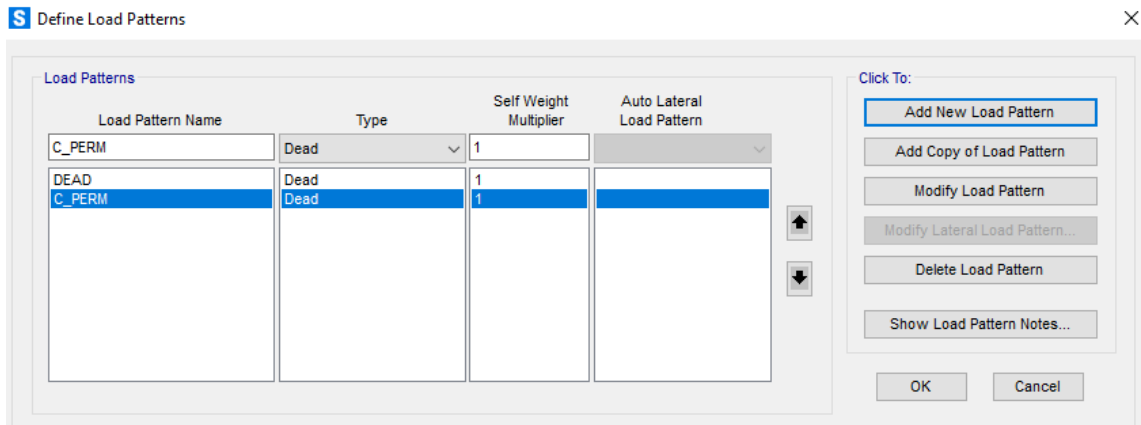


Ilustración 3-62: Determinar los patrones de cargas

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

La NEC -SE-CG establece combinaciones de cargas para el análisis de estructuras, se utilizará la combinación 1 para evaluar la estructura de la máquina.

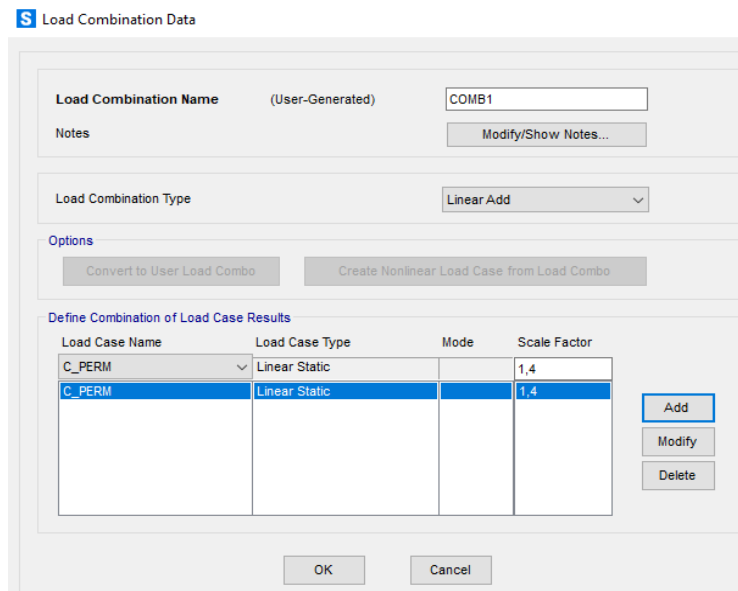


Ilustración 3-63: Combinación de cargas

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Enseguida se agregan las cargas distribuidas linealmente a la estructura para poder evaluar la resistencia de la estructura.

Los resultados obtenidos por el programa de la relación demanda/capacidad indica un valor aproximado de 0,05. Este valor nos indica que la estructura resistirá las cargas permanentes de los elementos mecánicos.

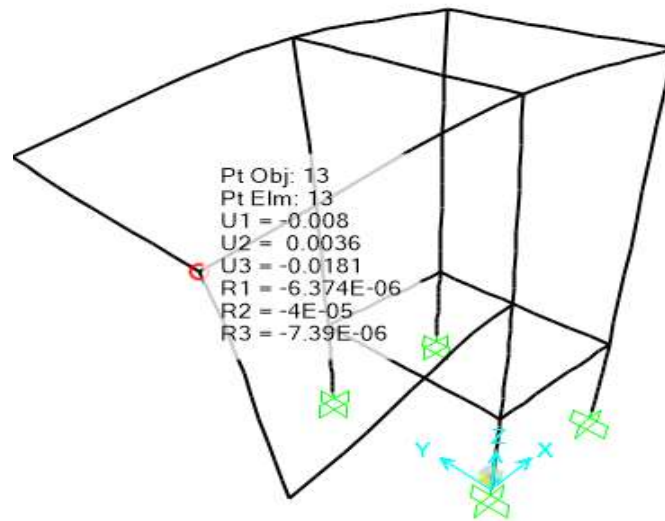


Ilustración 3-66: Deformaciones en la estructura de la desfibradora
 Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

La deformación máxima vertical es de 0,0036 mm, por tanto, la estructura tiene buena rigidez y es adecuado para el correcto funcionamiento de la máquina desfibradora.

3.6.12. Tornillo de bolas

Se escogió un tornillo de bola para desplazar la mesa de soporte, debido a que se requiere menos potencia para impulsar una carga. Por medio de catálogo NTN se selecciona el tornillo BSH01205 que tiene un diámetro nominal de 12mm, con un paso de 5mm/Rev.

Referencias	Dimensiones [mm]						Momento de inercia kg • m ² /m	Masa kg/m
	d	d ₀	P	d ₁	d ₂	L _{máx}		
BSH01205	12	12,30	5	12	9,80	1000	7,64x10 ⁻⁵	0,61
BSH01210	12	12,30	10	12	9,80	1000	1,42x10 ⁻⁵	0,83
BSH01605	16	15,67	5	15	12,89	3000	3,17x10 ⁻⁵	1,24
BSH01610	16	15,67	10	15	12,89	3000	3,54x10 ⁻⁵	1,32
BSH01616	16	15,67	16	15	12,89	2900	3,45x10 ⁻⁵	1,30
BSH01620	16	15,67	20	15	12,89	3000	3,54x10 ⁻⁵	1,32

Ilustración 3-67: Modelo de husillo de bolas.

Fuente:(NTN-SNR, 2014)

$$Paso = \frac{5mm}{1rev} = 0.2 \frac{rev}{mm} = 200 \frac{rev}{m}$$

El tornillo seleccionado se acompañará con su respectiva tuerca y soportes. Además, la unión entre tuerca y tornillo es directa para obtener una buena precisión y evitar interferencias mecánicas que afecten el desempeño del sistema.



Ilustración 3-68: Soporte fijo tipo BK
Fuente: (NTN, 2014)

3.6.13. Motor de Corriente Continua

El motor de corriente continua que se utilizará será del tipo paso a paso, presenta la ventaja de tener precisión y repetividad en cuanto al posicionamiento del sistema. Además, son muy utilizados en aplicaciones de robótica y automatización.

3.6.13.1. Cálculo del torque del motor DC

A continuación, se indicará mediante una tabla los elementos mecánicos que intervienen en el sistema de movimiento conducido por un motor paso a paso.

Tabla 3-19: Peso de los elementos mecánicos que conforman la mesa deslizable.

Elemento	Cantidad	Peso (Kgf)	Peso Total (Kgf)
Estructura de la mesa de apoyo	1	3,14	3,14
Plancha para mesa	1	1,43	1,43
Soporte fijo para barra de acero	4	0,3	1,2
Apoyo fijo para husillo de bolas	1	0,492	0,492
Acople para barra de acero	4	0,115	0,46
Tuerca de husillo de bolas	1	0,23	0,23
Husillo de bolas	1	0,201	0,201
Barra de acero	2	0,347	0,694
TOTAL (Kgf)			7,847

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Se utilizará un factor de 1.2 para cubrir las cargas permanentes de pernos, soldadura. Etc.

$$P_{\text{mesa}} = 1.2D \quad (3.70)$$

Donde:

P_{mesa} : Peso de la mesa móvil

D : Peso total de los elementos que conforman la mesa

$$P_{\text{mesa}} = 1.2 * (7,847\text{kgf}) = 9,416\text{ kgf}$$

- Torque necesario para mover la carga

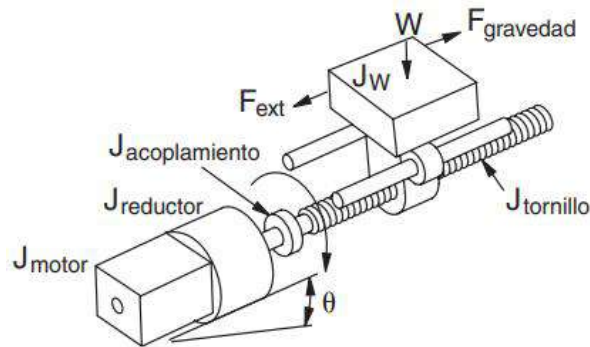


Ilustración 3-69: Sistema con tornillo de Bolas
Fuente: (AUTOMATION DIRECT, 2007, p. A-7)

Inercia total del motor

$$J_{\text{total}} = J_{\text{motor}} + J_{\text{tornillo}} + J_{\text{carga}} \quad (3.71)$$

Donde:

J_{total} : Inercia total del motor

J_{motor} : Inercia del rotor

J_{tornillo} : Inercia del tornillo de bolas

J_{carga} : Inercia de la carga

Inercia del Motor:

$$J_{\text{motor}} = \text{Inercia del Motor (Catálogo} \rightarrow 5,7 * 10^{-6}\text{kg.m}^2)$$

Inercia del Tornillo de bolas:

$$J_{\text{tornillo}} = \pi * L * \rho * r^4 \quad (3.72)$$

Donde:

L : Longitud del tornillo

ρ : Densidad del acero ($7700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

r : Radio nominal del tornillo

$$J_{\text{tornillo}} = \pi * 0.3 * 7700 * 0,006^4 = 9,405 * 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$

Inercia de la carga:

$$J_{\text{carga}} = \frac{P_{\text{mesa}}}{e} * \left(\frac{1}{2 * \pi * P} \right)^2 \quad (3.73)$$

Donde:

J_{carga} : Inercia de la carga

P_{mesa} : Peso de la mesa desplazable

e : Eficiencia (tuerca de bola $\rightarrow 0,90$)

P : Paso del tornillo ($\frac{\text{rev}}{\text{m}}$)

$$J_{\text{carga}} = \frac{9,416 \text{ kgf}}{0,90} * \left(\frac{1}{2 * \pi * 200} \right)^2 = 6,632 * 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$

Entonces, la inercia total del motor es:

$$J_{\text{total}} = 5,7 * 10^{-6} + 9,405 * 10^{-6} + 7,72 * 10^{-6} = 21,737 * 10^{-6} \text{ kg.m}^2$$

Entonces el torque necesario para mover la carga es:

$$T_{J_{\text{total}}} = J_{\text{total}} * \left(\frac{\Delta_{\text{velocidad}}}{\Delta_{\text{tiempo}}} \right) * \frac{2\pi}{60} \quad (3.74)$$

Donde:

$T_{J_{\text{total}}}$: Torque necesario para mover la carga

$\Delta_{\text{velocidad}}$: Velocidad de rotación del motor

Δ_{tiempo} : Tiempo de aceleración

Se va a establecer que el tiempo del movimiento sea como mínimo 10 segundos, entonces el tiempo de aceleración es el 25% del tiempo total.

$$\Delta_{\text{tiempo}} = 0,25 * t \quad (3.75)$$

Donde:

Δ_{tiempo} = Tiempo de aceleración

T = Tiempo del movimiento

$$\Delta_{tiempo} = 0,25 * 10 = 2,5 \text{ s}$$

Los motores paso a paso presentan mayor par de torsión a velocidad bajas, entonces se va a establecer una velocidad de 300 rpm.

$$T_{Jtotal} = 21,737 * 10^{-6} \text{ kg.m}^2 * \left(\frac{300 \text{ rpm}}{2,5} \right) * \frac{2 * \pi}{60} = 2,73 * 10^{-3} \text{ N.m}$$

• Torque resistivo de la carga

$$T_{resistivo} = \frac{Ftotal}{2 * \pi * P} \quad (3.76)$$

Donde:

$T_{resistivo}$: Torque resistivo de carga

P : Paso del tornillo $\left(\frac{rev}{m} \right)$

$Ftotal$: Fuerza total

Fuerza total

$$F_{total} = F_{ext} + F_{Fricción} + F_{gravedad} \quad (3.77)$$

Donde:

F_{total} : Fuerza total

$F_{Fricción}$: Fuerza de Fricción

$F_{gravedad}$: Fuerza de gravedad

Fuerza de fricción:

$$F_{Fricción} = \mu * P_{mesa} * \cos\theta * 9,81 \quad (3.78)$$

Donde:

$F_{Fricción}$: Fuerza de Fricción

P_{mesa} : Peso de la mesa desplazable

μ : Coeficiente de fricción → Acero en Acero ($\mu = 0,58$)

θ : Ángulo de inclinación

$$F_{\text{Fricción}} = 0,58 * 9,416 * \cos(0) * 9,81 = 53,575 \text{ N}$$

Fuerza de gravedad:

$$F_{\text{gravedad}} = P_{\text{mesa}} * \sin(\theta) * 9,81 \quad (3. 79)$$

Donde:

F_{gravedad} : Fuerza de gravedad

P_{mesa} : Peso de la mesa desplazable

θ : Ángulo de inclinación

$$F_{\text{gravedad}} = 9,416 * \sin(0) * 9,81 = 0$$

Entonces la fuerza total es:

$$F_{\text{total}} = 53,575 \text{ N}$$

Finalmente, el torque resistivo es:

$$T_{\text{resistivo}} = \frac{53,575}{2 * \pi * 200} = 0,043 \text{ N.m}$$

- Torque a ser suministrado por el motor

$$T_{\text{movimiento}} = T_{\text{Jtotal}} + T_{\text{resistivo}} \quad (3. 80)$$

Donde:

$T_{\text{movimiento}}$: Torque a ser suministrado por el motor

T_{Jtotal} : Torque necesario para mover la carga

$T_{\text{resistivo}}$: Torque resistivo

$$T_{\text{movimiento}} = 0,0027 + 0,043 = 0,046 \text{ N.m}$$

$$T_{\text{movimiento}} = 4,6 \text{ N.cm}$$

Se va a optar por la selección de un motor paso a paso M49SP-1, con su respectiva fuente de poder y su driver para el control del motor.

Items	M49SP-1	
	DC 12V	DC 24V
Rated Voltage	DC 12V	DC 24V
Working Voltage	DC 10.8~13.2V	DC 21.6~26.4V
Rated Current/Phase	431mA	216mA
No. of Phase	4 Phase	4 Phase
Coil DC Resistance	30Ω /phase ±7%	120Ω /phase ±7%
Step Angle	7.5° /step	7.5° /step
Excitation Method	2-2 Phase excitation (Unipolar driving)	
Insulation Class	Class E insulation	Class E insulation
Holding Torque	181.3mN·m	176.4mN·m
Pull-out Torque	62.7mN·m/150pps	60.8mN·m/150pps
Pull-in Torque	60.8mN·m/150pps	58.8mN·m/150pps
Max. Pull-out Pulse Rate	290pps	290pps
Max. Pull-in Pulse Rate	280pps	280pps

Ilustración 3-70: Características técnicas del motor M49SP-1
Fuente: (MITSUMI, 2013)

3.7. Diseño eléctrico

3.7.1. Selección y dimensionamiento de los dispositivos electromecánicos para el arranque del motor eléctrico

3.7.1.1. Corriente nominal del motor

Se determinará la intensidad nominal del motor eléctrico trifásico usando la siguiente expresión:

$$I_n = \frac{P}{V * \cos \phi * \sqrt{3} * n} \quad (3.81)$$

Donde:

I_n : Intensidad nominal del motor eléctrico

P : Potencia (Wattios)

V : Voltaje (Voltios)

$\cos \phi$: Factor de Potencia

n : Eficiencia

$$I_n = \frac{3000 \text{ W}}{220 \text{ V} * 0,83 * \sqrt{3} * 0,84} = 11,23 \text{ A}$$

3.7.1.2. Contactor

Para seleccionar un contactor se debe multiplicar la corriente nominal del motor por un factor 1.25, para luego aproximar a un valor comercial más cercano.

$$I_c = 1.25 * I_n \quad (3.82)$$

Donde:

I_c : Intensidad del contactor

I_n : Intensidad nominal del motor eléctrico

$$I_c = 1,25 * 11,23 = 14,03 A$$

$$I_{c\text{comercial}} \approx 18A$$

Tabla 3-20: Características técnicas del contactor

Contactor					
Tipo	Número de Polos	Categoría	Tensión Nominal (V)	Intensidad Nominal (A)	Frecuencia
MC-18a	Tripolar	AC-3	200/240V	18	50/60 Hz

Fuente: (LS ELECTRIC, 2022)

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.7.1.3. Interruptor Termomagnético

$$I_{TM} = 1.20 * I_n \quad (3.83)$$

Donde:

I_{TM} : Intensidad del interruptor termomagnético

I_n : Intensidad nominal del motor eléctrico

$$I_{TM} = 13,476 A$$

$$I_{TM\text{comercial}} \approx 16A$$

Tabla 3-21: Características técnicas del interruptor termomagnético

Interruptor Termomagnético				
Marca	Código EB	Voltaje (V)	Intensidad Nominal (A)	Temperatura de operación
Schneider	11637	400	16	-25 °C a 60 °C

Fuente: (Schneider Electric, 2016)

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.7.1.4. Calibre del conductor

$$I_{cable} = 1.25 * I_n \quad (3. 84)$$

Donde:

I_{cable} : Intensidad del cable eléctrico

I_n : Intensidad nominal del motor eléctrico

$$I_{cable} = 14,03 A$$

$$I_{cable_{comercial}} \approx 15 A$$

A continuación, se indica el cable para el panel de control y de potencia respectivamente.

Tabla 3-22: Conductor de cobre

Conductor				
Calibre (AWG)	Sección Transversal (mm ²)	Capacidad de corriente (A)	Tipo de Aislante	Nivel de temperatura
14 AWG	2,08	15	TW	60°C
12 AWG	3,31	20	TW	60°C

Fuente: (Incable, 2023)

Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.7.2. Diseño del Circuito Eléctrico

3.7.2.1. Esquema de potencia y mando para el arranque del motor eléctrico

Para poner en marcha el motor eléctrico de la desfibrado se debe realizar un cuadro eléctrico que este formado por un circuito de mando para controlar el encendido y apago del motor, con su respectiva señalización en este caso con luces piloto. Para el circuito de potencia se debe utilizar protecciones para cortocircuitos y sobrecarga con el objetivo de proteger el motor eléctrico, para el enclavamiento se utilizará un contactor con una intensidad de 18 A para energizar o desconectar la energía eléctrica del motor cuando se manipulen los pulsadores.

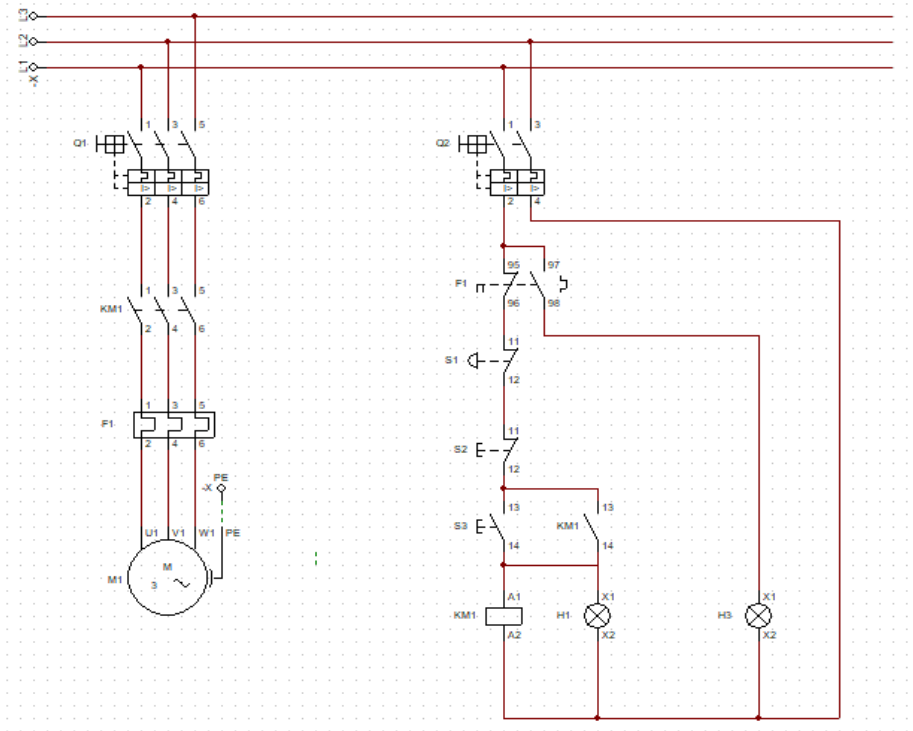


Ilustración 3-71: Circuito eléctrico de mando y control del motor eléctrico
Realizado por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

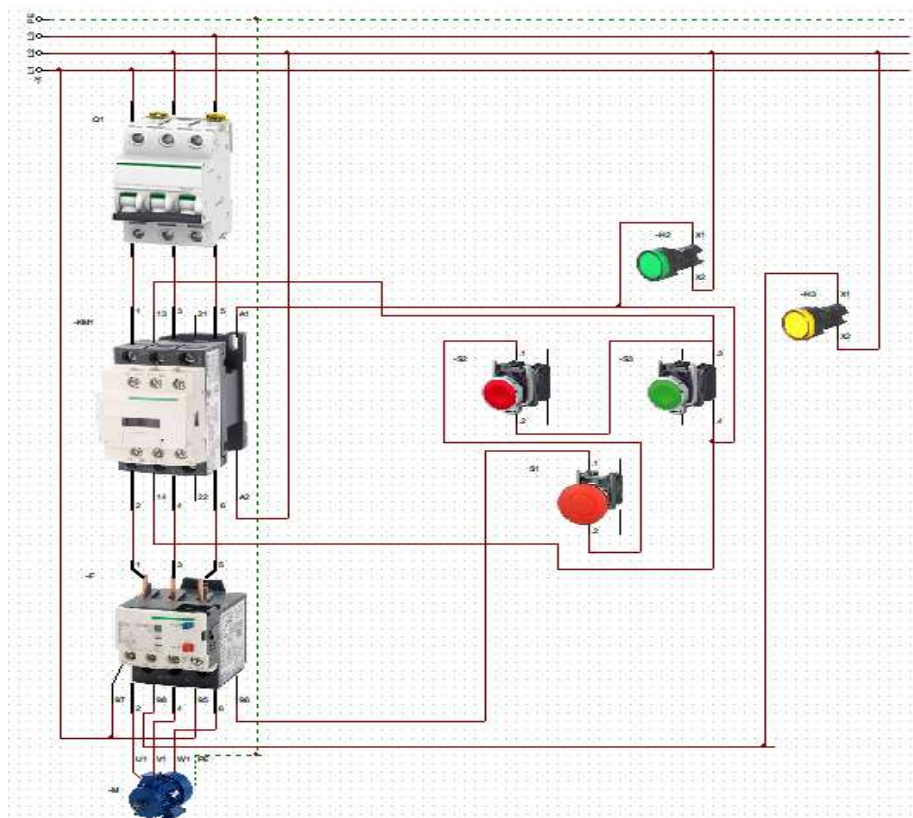


Ilustración 3-72: Conexión real del circuito eléctrico del motor.
Realizo Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.8. Diseño del circuito electrónico

3.8.1. Fuente de alimentación para el microcontrolador ATMEGA328P

Para controlar el desplazamiento de la mesa por medio de sistemas electrónicos es fundamental diseñar un circuito para alimentar el chip ATmega 328P. El circuito será alimentado con 12Vcc que será proporcionado por una fuente de alimentación, y será esta desarrollado por resistencias, condensadores, regulador de voltaje para tener como salida 5 Vcc.

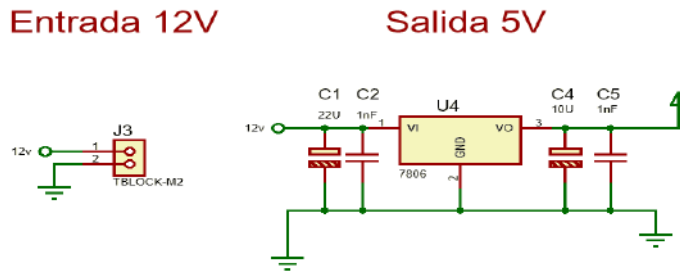


Ilustración 3-73: Circuito electrónico para alimentar el chip ATmega328P
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.8.2. Acondicionamiento del microcontrolador ATmega328P

El microcontrolador debe disponer de un oscilador de dos terminales, que será conectado en el pin 9 y 10. El oscilador de 16 Mhz sirve para procesar instrucciones en el menor tiempo posible, y es recomendable conectar con dos capacitadores de 22µF para que funcione correctamente.

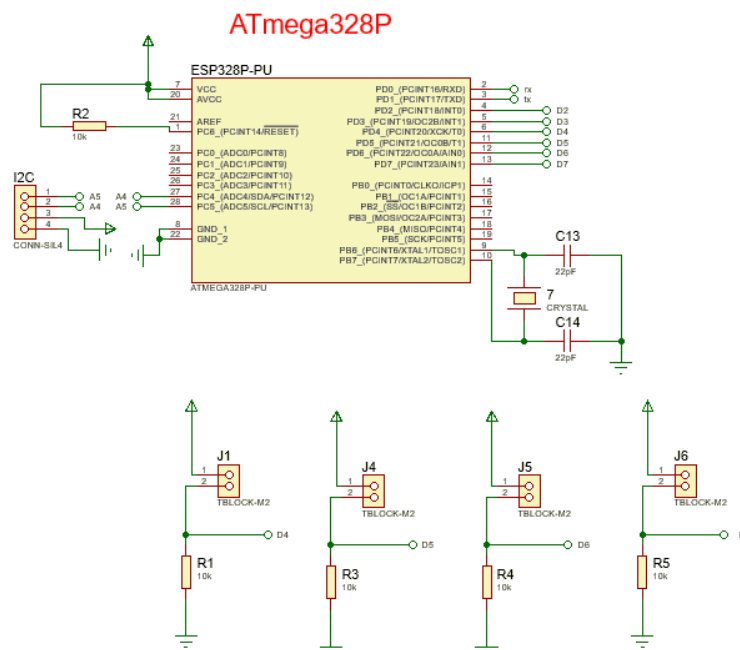


Ilustración 3-74: Circuito electrónico para el acondicionamiento del ATmega328P
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

El proceso void setup () sirve para establecer entradas y salidas de los pines del microcontrolador. Los pines 4 y 5 son salidas, mientras que los pines 4, 5, 6, 7 son entradas. También iniciamos el LCD e imprimimos un texto de información en el panel de control.

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(STEP, OUTPUT); // pin 4 como salida
  pinMode(DIR, OUTPUT); // pin 5 como salida
  pinMode(p1, INPUT);
  pinMode(p2, INPUT);
  pinMode(s1, INPUT);
  pinMode(s2, INPUT);

  lcd.init();
  lcd.backlight();

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Bienvenido");
}

```

Ilustración 3-77: Establecer las entradas y salidas de los pines del ATmega328P

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

En el proceso void loop () se capta el estado de los pines de salida para poder evaluar funciones de control para ejecutar instrucciones de movimiento horario o antihorario del motor DC.

```

void loop()
{
  if(digitalRead(p1)==HIGH){
    estado = 1;

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("  Iniciando  ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("  Espera  ");

  }
  if(digitalRead(s1)==HIGH){

    estado=0;

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("  Terminado  ");
    lcd.clear();

  }

  if (estado == 1 && digitalRead(s1) == LOW){

```



```

digitalWrite(DIR, HIGH); // giro en un sentido

digitalWrite(STEP, HIGH); // nivel alto
delayMicroseconds(vel); // por 10 mseg
digitalWrite(STEP, LOW); // nivel bajo
delayMicroseconds(vel); // por 10 mseg

}

if(digitalRead(p2)==HIGH && digitalRead(s2) == LOW){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(" Retrocediendo ");

  for(int i = 0; i < 400; i++){
    digitalWrite(DIR, LOW);

    digitalWrite(STEP, HIGH); // nivel alto
    delayMicroseconds(vel); // por 10 mseg
    digitalWrite(STEP, LOW); // nivel bajo
    delayMicroseconds(vel); // por 10 mseg

  }
  lcd.clear();
}

}

```

Ilustración 3-78: Proceso de ejecución del programa
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

3.9. Construcción de la máquina desfibradora

La estructura está construida de un tubo cuadrado de 40x40x2mm y un perfil L de 40x40x2mm. Primero se realiza el trazado del perfil de tubo cuadrado según el diseño, luego se realiza el corte utilizando una amoladora. Se unirán los cortes de los perfiles aplicando soldadura GMAW con un cordón continuo alrededor del borde, para que soporte los esfuerzos producidos por la carga permanente de los elementos mecánicos y por las fuerzas que se generan durante el desfibrado. La estructura de soporte de la mesa y el motor se realiza con el perfil L, se realizará el trazado y corte del perfil para luego unir con soldadura GMAW. La mesa deslizante será cubierta por una plancha tool galvanizado de 1 mm que será fijada por pernos.



Ilustración 3-79: Construcción de la estructura de la máquina desfibradora
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

El tambor está ensamblado por cuchillas y soportes, primero se debe trazar la geometría de la cuchilla y el soporte en Autocad, luego esta información se envía al computador de la máquina láser para realizar los cortes con precisión. Con la ayuda de una máquina dobladora automática de acero se realiza el doblado de los costados de las cuchillas que servirán para fijar en el soporte del tambor. Utilizando herramientas de montaje mecánico se ensamblará el tambor desfibrador.



Ilustración 3-80: Construcción del tambor desfibrador
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Para la construcción del sistema mecánico deslizable, primero se debe fijar los soportes extremos encima del perfil L. Se ensamblará el sistema acoplado el tornillo y la tuerca de bolas, los rodamientos lineales, rodamientos de bolas, barras de acero. Se utiliza herramientas de montaje, de medición para obtener un ensamble preciso y de buena calidad.



Ilustración 3-81: Ensamble del sistema mecánico para deslizar la mesa de apoyo
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Para la construcción del eje de transmisión de la máquina desfibadora se adquiere un eje macizo de acero inoxidable AISI 304 de 32 mm diámetro, con una longitud 600mm. En primera instancia se procede a montar el eje en las mordazas del torno convencional, luego establecemos la velocidad y el montaje de las herramientas de torneado en el carro portaherramientas. Como primer paso se realiza el refrentado exterior para retirar el sobre material de la cara plana producto del corte que se realizó al comprar el eje. Después se realiza el torneado de desbaste y acabado para obtener la geometría lisa y precisa del eje diseñado. La ranura en el eje, en las poleas, en el buje se realizan en la fresadora; servirán para acoplar las chavetas para poder transmitir la potencia del motor hacia el tambor desfibador. En el eje también ira acoplados dos rodamientos de 25mm de diámetro que irán instalados encima de la estructura de máquina desfibadora.



Ilustración 3-82: Construcción y ensamblaje del sistema de desfibrado
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Las guardas del tambor desfibador, del sistema de transmisión, de residuos fueron construidos a partir de planchas de tool galvanizado de 1 mm de espesor, aplicando procesos de corte por láser, doblado de planchas en máquinas dobladoras y unidos por soldadura GMAW se puede obtener la geometría establecida en el diseño. El pintado se lo realizo en una cámara con pintura electrostática para tener resistencia de impacto, rayones y agentes químicos.



Ilustración 3-83: Proceso de pintado de las partes de la máquina desfibadora
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Para el armado del tablero de control eléctrico se traza en la tapa del gabinete el croquis de las perforaciones que servirán para colocar pulsadores, luces pilotos, interruptores, pantalla Lcd. En la parte interior se colocarán sobre canales de riel din el contactor y el interruptor termomagnético. La fuente de poder y el circuito electrónico irán acoplados y atornillados con una base aislante para evitar fugas de corriente. El cableado eléctrico se realiza siguiendo el esquema de mando y potencia establecido en el diseño, se utilizará cable flexible AWG # 14 para el circuito eléctrico y # 22 para el circuito electrónico.

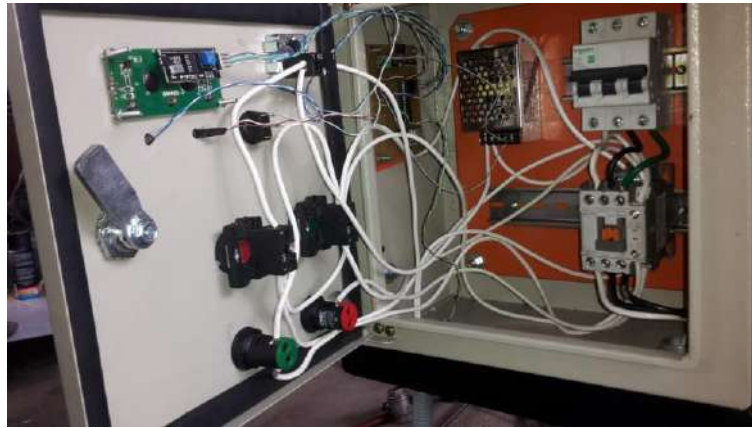


Ilustración 3-84: Armado del tablero de control eléctrico
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Después de realizar el ensamblado de todas las partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que constituye la máquina se obtendrá un prototipo funcional para realizar el proceso de desfibrado.



Ilustración 3-85: Ensamble final de la máquina desfibradora
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

Una vez completado el CAD de la desfibradora se procede a validar los cálculos con la aplicación de elementos finitos utilizando el software ANSYS de las principales piezas que están sometidos a esfuerzos.

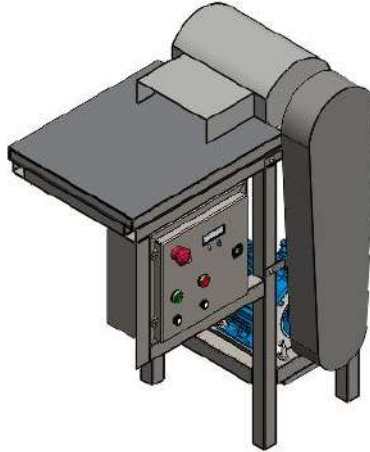


Ilustración 4-1: Desfibradora de Cabuya blanca
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.1. Análisis en el Software CAE ANSYS

4.1.1. Cuchilla

El primer paso es exportar la geometría en formato Step desde SolidWorks, luego se debe trabajar en la calidad del mallado para obtener los resultados los más cercanos a la realidad. El método a utilizar es *Element Quality* que tiene como índice de promedio mínimo de 0,75 y una desviación estándar máximo de 0,20. Para la cuchilla obtuvimos un indicador Promedio de 0,82 y la desviación estándar de 0,13.

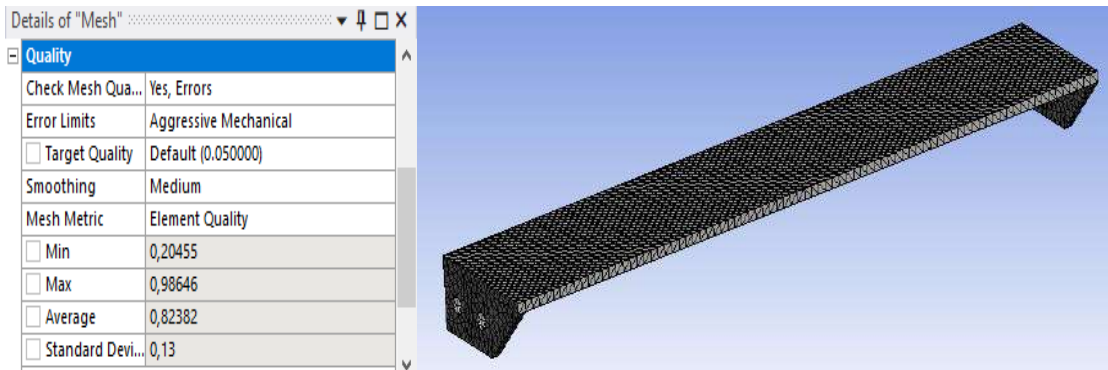


Ilustración 4-2: Importación de la geometría y mallado de la cuchilla
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Luego debemos ingresar las restricciones en la cuchilla, los agujeros sirven para fijar las cuchillas al soporte, por tanto, se considerará como apoyos. También se debe ingresar la fuerza que se genera en la cuchilla al momento de desfibrar la hoja.

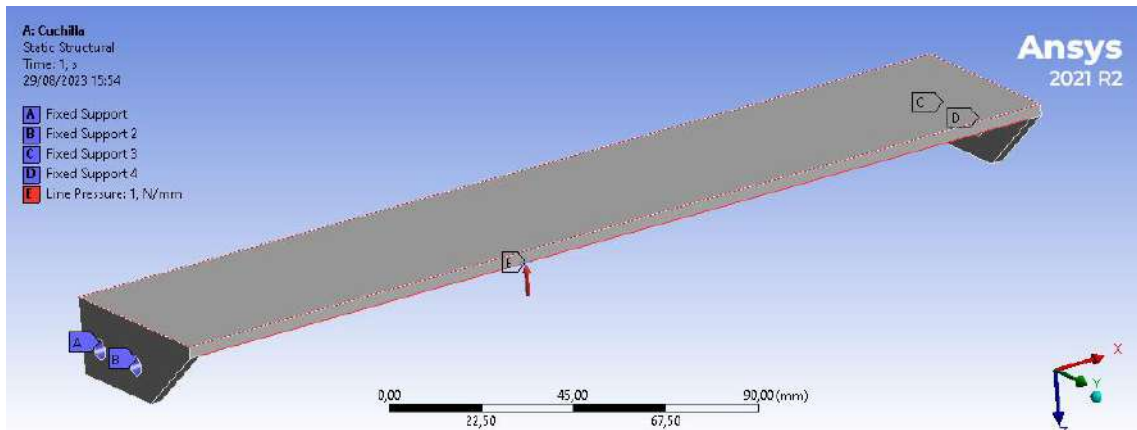


Ilustración 4-3: Representación de las fuerzas y apoyos de la cuchilla
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.1.1.1. Resultados obtenidos en la cuchilla por elementos finitos

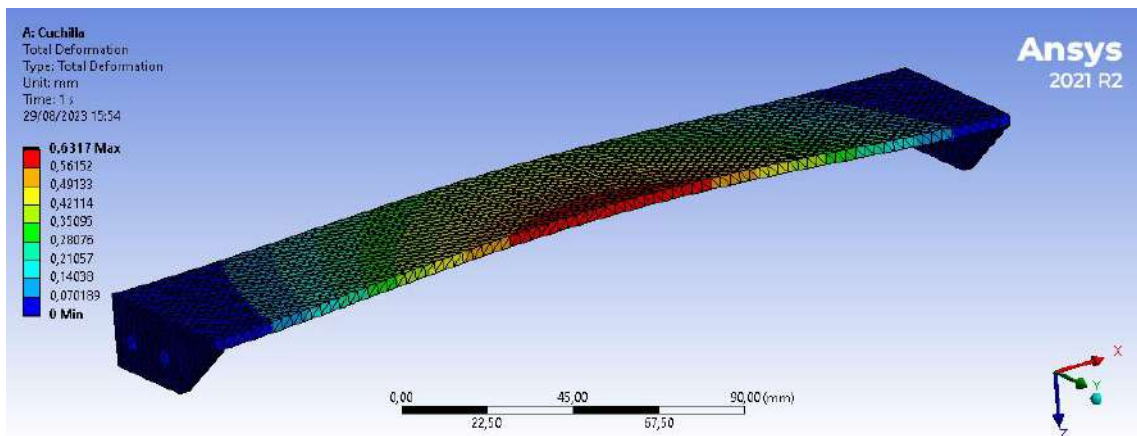


Ilustración 4-4: Resultado de las deformaciones en la cuchilla
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

La deformación Máxima permisible se determina dividiendo la longitud de la cuchilla para 360, dando un valor 0,694 mm y la deformación obtenida por simulación es 0,63mm, con eso podemos indicar que cumple con rigidez.

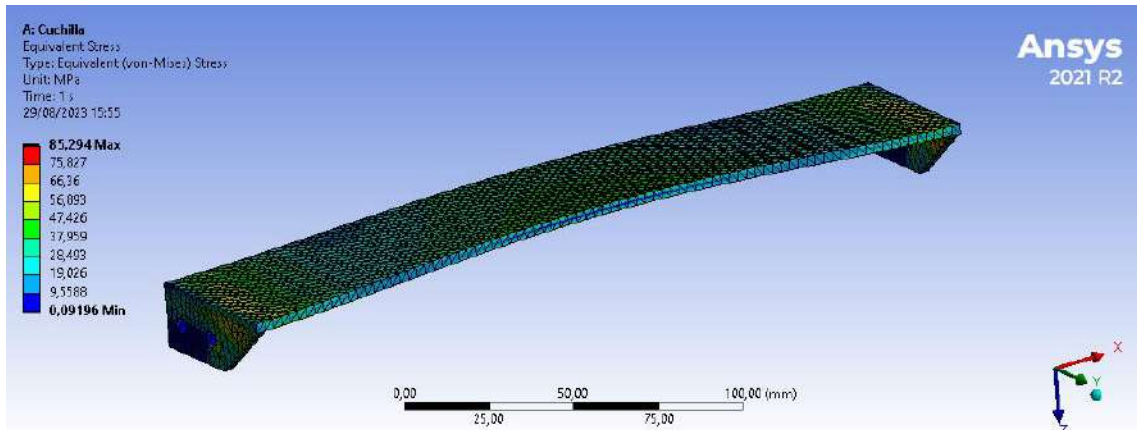


Ilustración 4-5: Resultados de los esfuerzos de Von Mises

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Al realizar el análisis por elementos finitos tenemos un esfuerzo de Von Mises máximo de 85,2 Mpa, al ser menor que 175 Mpa que es el esfuerzo de fluencia de Acero AISI 304 podemos indicar que la cuchilla es capaz de soportar las cargas aplicadas.

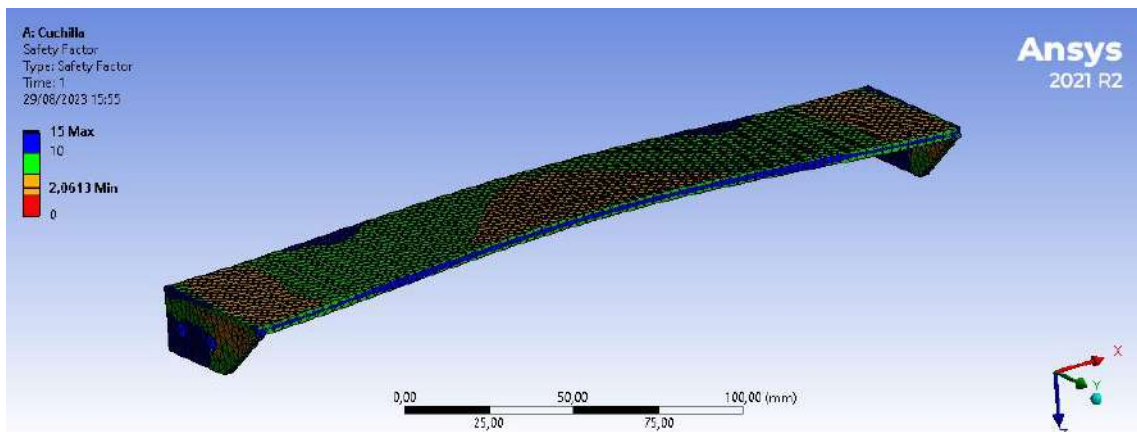


Ilustración 4-6: Resultado del factor de seguridad en la cuchilla

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.1.2. Eje

Para analizar el eje en ANSYS se debe exportar la geometría en formato Step, luego se trabaja en el mallado del eje. Es importante evaluar los parámetros del método Element Quality, obteniendo un indicador promedio de 0,83 y una desviación estándar de 0,10.

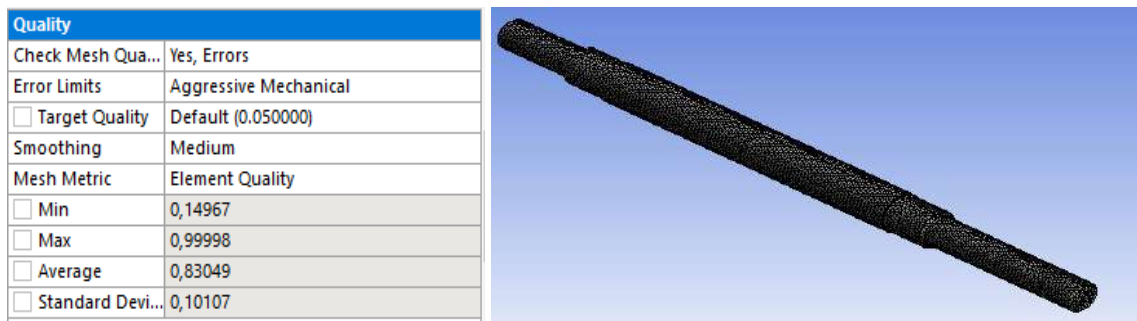


Ilustración 4-7: Importación y mallado del eje

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Ahora se debe ingresar las fuerzas que se generan en el eje, y también se debe ingresar los apoyos en los puntos de los rodamientos para poder simular en ANSYS.

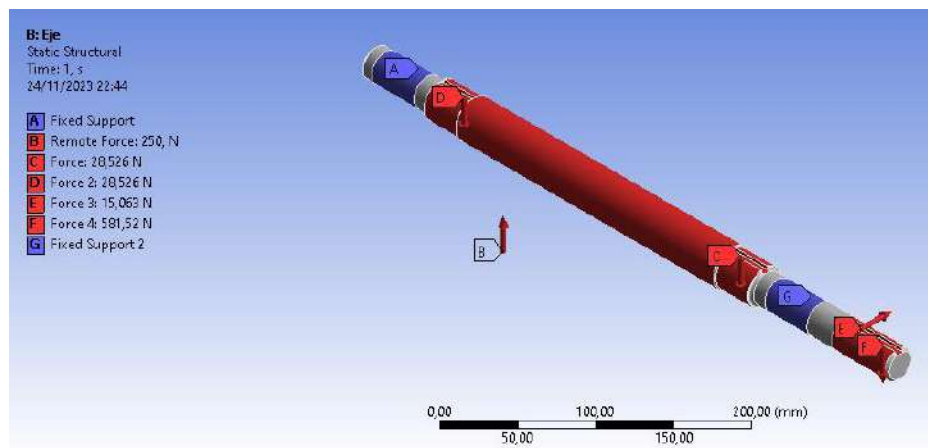


Ilustración 4-8: Asignación de fuerzas y apoyos en el eje

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.1.2.1. Resultados Obtenidos del eje por método de elementos finitos

Una vez que se ha establecido las condiciones necesarias para simular podemos determinar los resultados de deformación, esfuerzos de Von Mises y el Factor de seguridad. La deformación admisible debido a flexión se determina a partir de:

$$Y = 0,0003L \quad (4.1)$$

Donde:

Y: Deformación admisible

L: Distancia entre apoyos

$$Y = 0,0003 * 400 = 0,123 \text{ mm}$$

Entonces, la deformación por simulación en el eje es de 0,014 podemos indicar que la deflexión es aceptable.

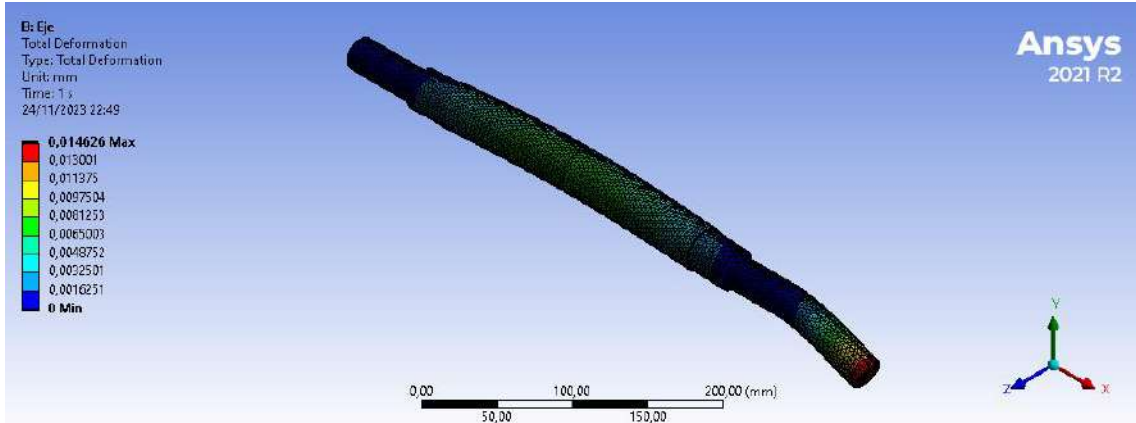


Ilustración 4-9: Resultados de las deformaciones en el eje

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Como se puede observar en la siguiente ilustración 4-10 podemos observar un factor de seguridad de 3,06; por tanto, el eje es capaz de soportar las cargas a la cual está sometida durante el proceso desfibrado.

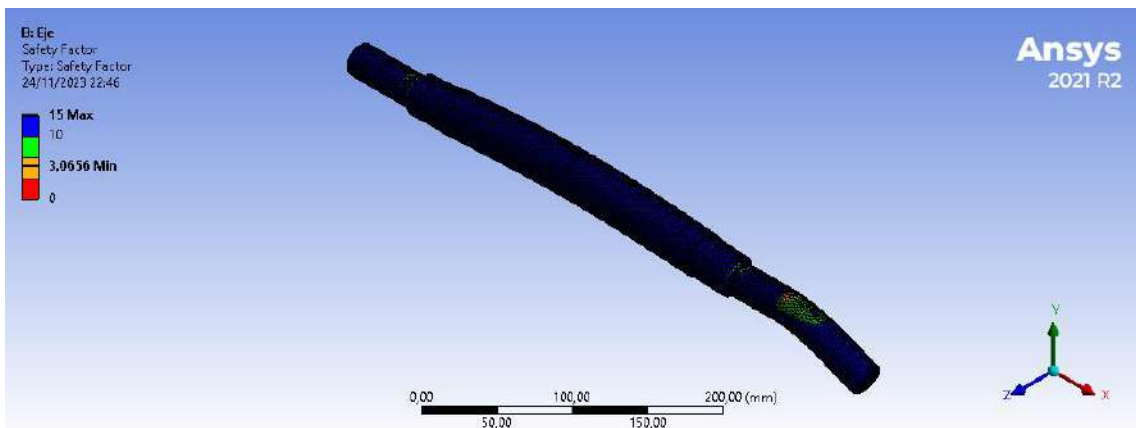


Ilustración 4-10: Factor de seguridad en el eje

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.1.3. Soporte de las cuchillas

Los soportes también se analizan por elementos finitos, se realizó la importación de la pieza en formato Step, luego se trabajó en el mallado obteniendo una desviación estándar de 0,10 y un promedio de 0,81.

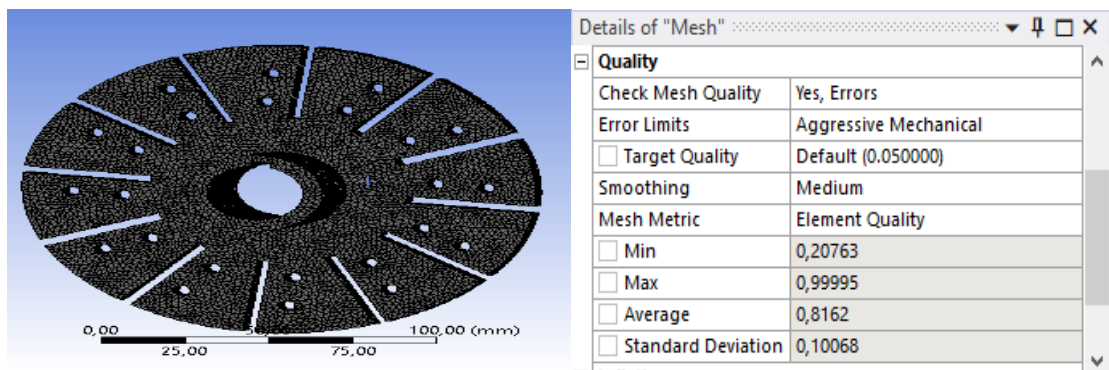


Ilustración 4-11: Importación y mallado del soporte de las cuchillas

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Se asigno las fuerzas y momentos que se generan en las cuchillas al momento de desfibrar al soporte, y también se asignó los apoyos para poder simular con el objetivo de obtener resultados de las deformaciones, de los esfuerzos de Voin Mises y factores de seguridad

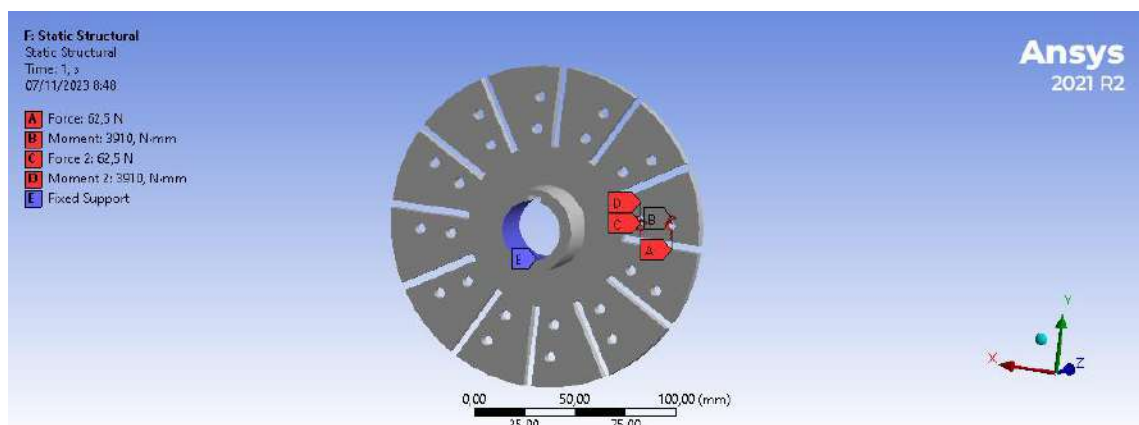


Ilustración 4-12: Asignación de Fuerzas y apoyos en el soporte de las cuchillas

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.1.3.1. Resultados Obtenidos del soporte de cuchillas por elementos finitos

La deformación máxima que se obtiene en el soporte de las cuchillas es de 0,015mm, con este resultado podemos deducir que el soporte tiene una deformación muy pequeña que no afectara el proceso de desfibrado.

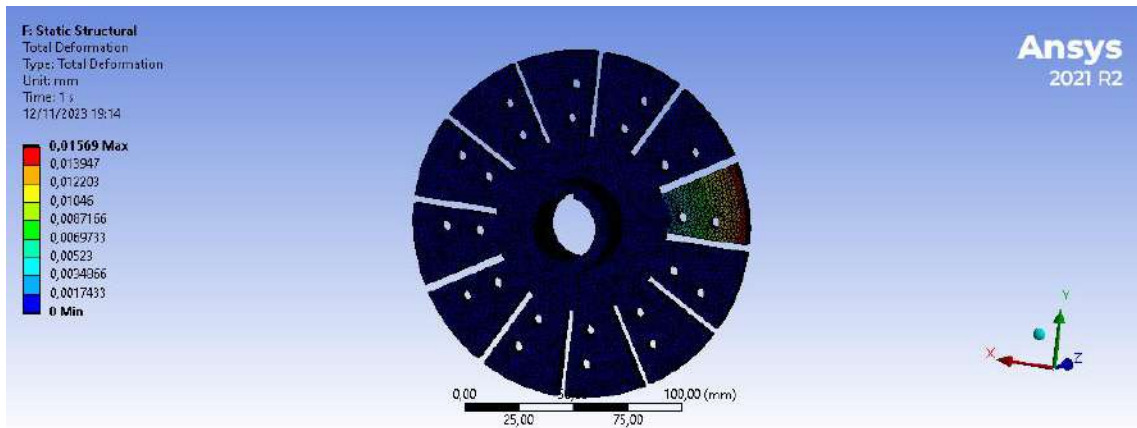


Ilustración 4-13: Deformaciones en el soporte de las cuchillas
 Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

El esfuerzo máximo de Von Mises que se genera en el soporte es de 48,79 Mpa, es menor que el esfuerzo de fluencia del Acero AISI 304, por tanto, el soporte cumple con resistencia mecánica.

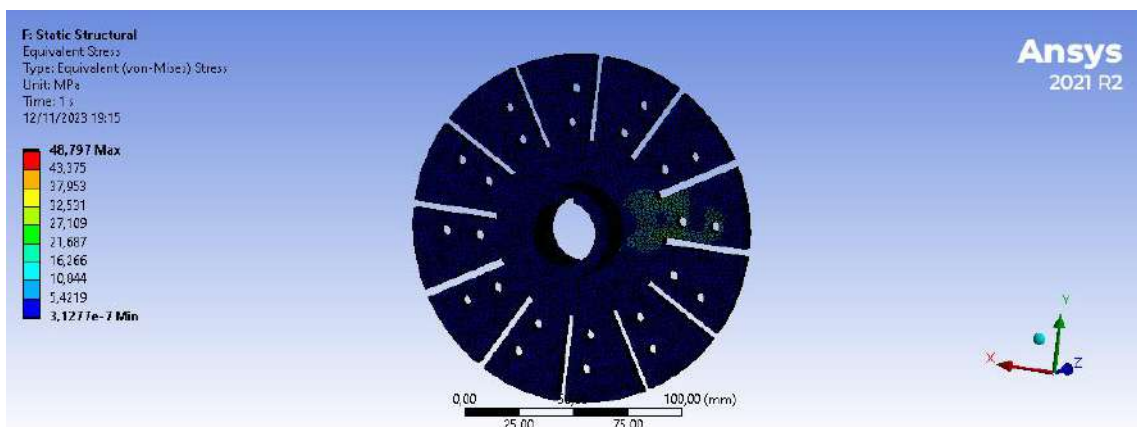


Ilustración 4-14: Esfuerzos de Von Mises en el soporte de las cuchillas
 Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

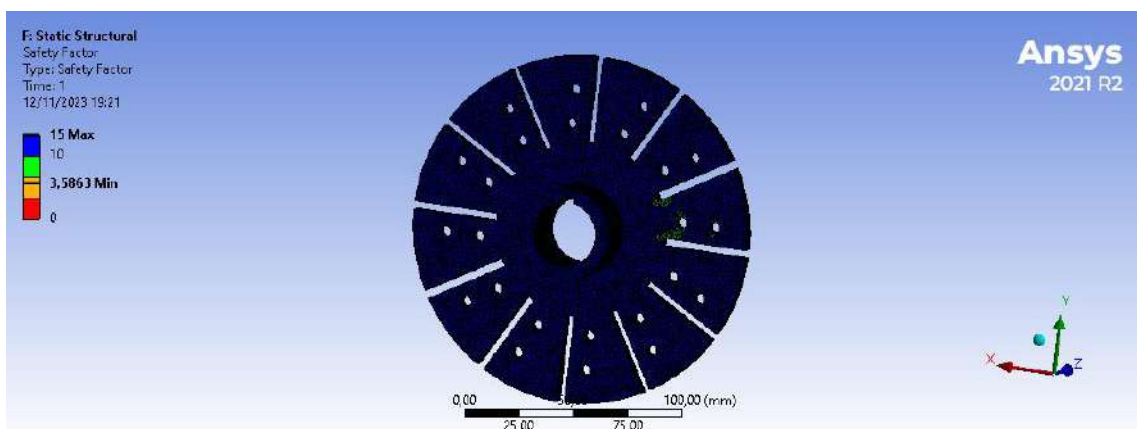


Ilustración 4-15: Factor de Seguridad en el soporte de las cuchillas
 Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.2. Análisis del proceso de desfibrado

El resultado final se obtuvo una máquina desfibradora de hoja de cabuya blanca, al encender la máquina funcionó correctamente. El desfibrador está construido con resguardos mecánicos para evitar accidentes al momento de operar, también tiene elementos de protección eléctrica para proteger el motor.

4.2.1. Experimento 1

La primera prueba se lo realizó con la hoja de cabuya blanca que se encuentra en el campo, se escogen las hojas que estén en buenas condiciones de forma y textura. El corte se lo realiza con un cuchillo cerca del tallo de forma recta, luego se debe quitar los espinos y también se debe hacer en la parte gruesa de la hoja una corte transversal en forma de punta para poder ingresar en la máquina. Después de preparar el material calibramos una distancia de 4 mm entre la cuchilla y la mesa deslizante, luego conectamos y encendemos la máquina desfibradora para proceder con el desfibrado de la hoja.



Ilustración 4-16: Proceso para la obtención de fibra de cabuya
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.2.2. Experimento 2

Para el experimento 2 se realizó una nueva calibración, con una distancia de 2 mm entre la mesa de apoyo y las cuchillas, obteniendo de esta manera un mejor desfibrado de la hoja de cabuya blanca.

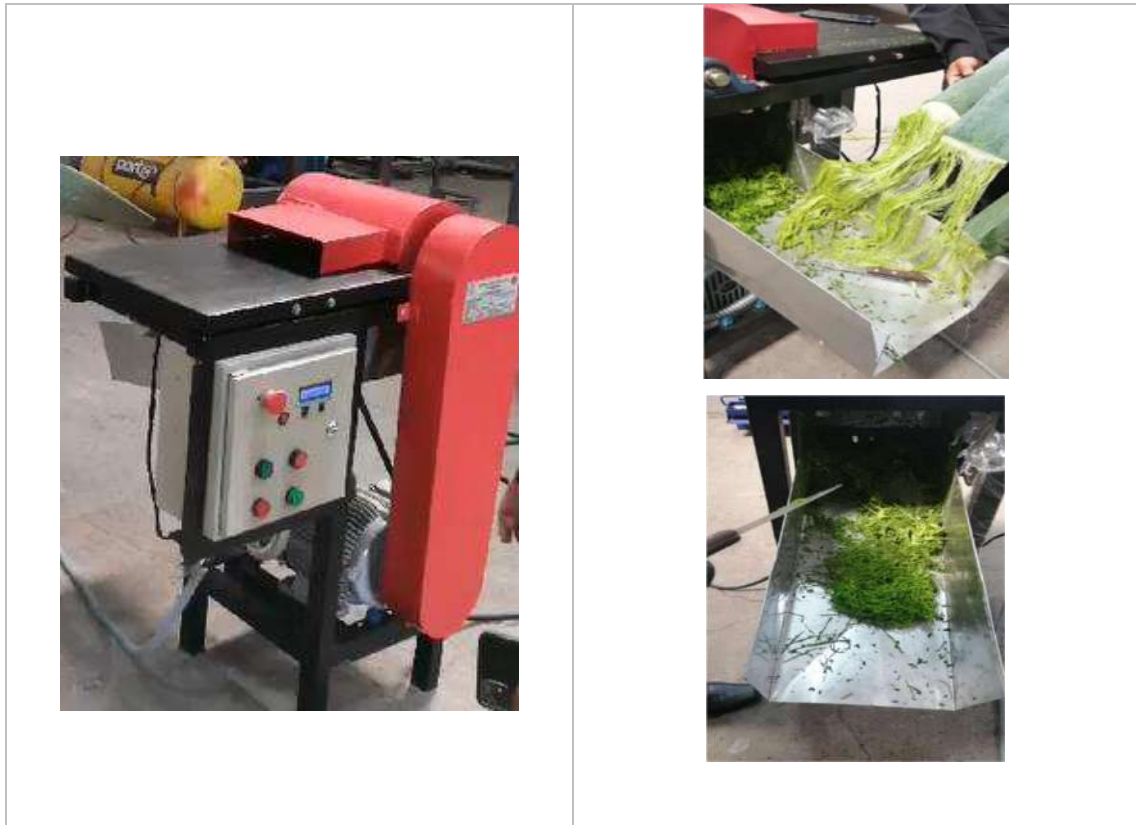


Ilustración 4-17: Recalibración para obtener la fibra de cabuya
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023


4.2.3. Producción de fibra de cabuya

Se realizó el desfibrado de 5 hojas de cabuya blanca las cuales fueron obtenidas de diferentes plantas obteniendo así diferencias en longitud, ancho y espesor. Se tomó el tiempo que toma en desfibrar cada hoja para determinar la capacidad promedio de producción de fibras de cabuya, entonces el tiempo promedio fue de 25 segundos para desfibrar una hoja de cabuya lo cual es suficiente para satisfacer las necesidades de las familias que se dedican a la elaboración de sogas, chimbas, hilos usando fibra de cabuya blanca.

4.2.3.1. Toma de medidas de la hoja de cabuya blanca

Se va a escoger diferentes tamaños de hoja de cabuya, se procede a medir su espesor, ancho y longitud para esto se utilizó un flexómetro y un calibrador pie de rey.

Tabla 4-1: Medidas de las dimensiones de la hoja de cabuya blanca

Hojas de cabuya Blanca	
Medición de las dimensiones de la hoja	
Ancho (Ah)	Espesor (e)
	
Ah_{base}	e_{base}
	
Ah_{medio}	e_{medio}
	
Ah_{punta}	e_{punta}
Longitud (L)	
	

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Luego se realiza la preparación de la máquina desfibadora para poder obtener la fibra de la hoja de cabuya blanca, para determinar el tiempo promedio que se demora la máquina en desfibrar la hoja entera.



Ilustración 4-18: Fibras obtenidas a partir de la hoja de cabuya blanca
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

Tabla 4-2: Prueba experimental de la producción de fibras de cabuya blanca

Medidas y tiempo del desfibrado de cabuya blanca				
Hojas	Largo (L)	Ancho (Ah)	Espesor (e)	Tiempo de desfibrado
1	$L = 1210 \text{ mm}$	$Ah_{base} = 71 \text{ mm}$ $Ah_{medio} = 114 \text{ mm}$ $Ah_{punta} = 68 \text{ mm}$	$e_{base} = 27 \text{ mm}$ $e_{medio} = 8 \text{ mm}$ $e_{punta} = 4 \text{ mm}$	$t = 28 \text{ s}$
2	$L = 1420 \text{ mm}$	$Ah_{base} = 66.5 \text{ mm}$ $Ah_{medio} = 73 \text{ mm}$ $Ah_{punta} = 41 \text{ mm}$	$e_{base} = 28 \text{ mm}$ $e_{medio} = 11 \text{ mm}$ $e_{punta} = 7 \text{ mm}$	$t = 30 \text{ s}$
3	$L = 1200 \text{ mm}$	$Ah_{base} = 81.5 \text{ mm}$ $Ah_{medio} = 108 \text{ mm}$ $Ah_{punta} = 74 \text{ mm}$	$e_{base} = 29 \text{ mm}$ $e_{medio} = 18 \text{ mm}$ $e_{punta} = 5 \text{ mm}$	$t = 25 \text{ s}$
4	$L = 1180$	$Ah_{base} = 60 \text{ mm}$ $Ah_{medio} = 108 \text{ mm}$ $Ah_{punta} = 60 \text{ mm}$	$e_{base} = 23 \text{ mm}$ $e_{medio} = 12 \text{ mm}$ $e_{punta} = 2 \text{ mm}$	$t = 22 \text{ s}$
5	$L = 1170 \text{ mm}$	$Ah_{base} = 65.5 \text{ mm}$ $Ah_{medio} = 100 \text{ mm}$ $Ah_{punta} = 62 \text{ mm}$	$e_{base} = 29 \text{ mm}$ $e_{medio} = 9 \text{ mm}$ $e_{punta} = 3.5 \text{ mm}$	$t = 20 \text{ s}$
Promedio	$L = 1236 \text{ mm}$	$Ah_{base} = 68.9 \text{ mm}$ $Ah_{medio} = 100 \text{ mm}$ $Ah_{punta} = 61 \text{ mm}$	$e_{base} = 27 \text{ mm}$ $e_{medio} = 11.6 \text{ mm}$ $e_{punta} = 4.3 \text{ mm}$	$t = 25 \text{ s}$

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.3. Análisis de Costos

4.3.1. Costos de Fabricación

Tabla 4-3: Costos de fabricación

COSTO DE FABRICACIÓN				
N°	Horas de Trabajo	Descripción de actividades	Costo/hora	Costo total
1	1	Proceso de corte, perforado láser de discos en lámina de acero inoxidable AISI 304	25	\$25,00
2	1	Trazo y corte de perfiles para la elaboración de la estructura metálica	25	\$25,00
3	1	Trazado, corte y rolado para el conformado de la guarda del tambor desfibrador y guarda del sistema de transmisión	25	\$25,00
4	1	Trazado y corte de lámina galvanizado para la bandeja de residuos	10	\$10,00
5	1	Trazado, corte y laminado para la mesa en acero ASTM A-36	5	\$5,00
6	22	Proceso de armado mediante los planos estructurales	3,75	\$82,50
7	16	Proceso de soldadura GTAW y GMAW	3,75	\$60,00
8	6	Mecanizado, fresado de eje	10	\$60,00
9	5	Proceso de pintura al horno estructura, carcasa y bandeja	5	\$25,00
Costo total de fabricación				\$317,50

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.3.2. Costos de Mano de Obra

Para establecer el costo de mano de obra se utilizó el sueldo mínimo sectorial 2023 establecido por el ministerio de trabajo.

4.3.2.1. Determinación de costo/hora para un técnico del sector metalmecánico.

$$\left(\frac{\text{Costo}}{\text{hora}}\right)_{\text{técnico}} = \frac{S_{m-\text{Técnico}}}{d_t} \quad (4.2)$$

Donde:

$S_{m-\text{Técnico}}$: Sueldo mínimo → (466,95\$ mensual)

d_t : Días de trabajo → (22 días laborables mensualmente)

$$\left(\frac{\text{Costo}}{\text{hora}}\right)_{\text{Técnico}} = \frac{466,95 \$}{22 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 2,65 \$/h$$

4.3.2.2. Determinación de costo/hora para un Ayudante del sector metalmecánico.

$$\left(\frac{\text{Costo}}{\text{hora}}\right)_{\text{técnico}} = \frac{S_m - \text{Ayudante}}{d_t} \quad (4.3)$$

Donde:

S_m : Sueldo mínimo → (463,75\$ mensual)

d_t : Días de trabajo → (22 días laborables mensualmente)

$$\left(\frac{\text{Costo}}{\text{hora}}\right)_{\text{técnico}} = \frac{463,75 \$}{22 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 2,63 \$/h$$

Tabla 4-4: Costo de mano de obra

Cargo	Costo/hora (\$/h)	Horas de actividad (horas)	Costo Total (\$)
Técnico metalmecánico	2,65	54	\$143,1
Ayudante metalmecánico	2,63	54	\$142,02
Costo total de la mano de obra			\$285,12

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.3.3. Costo de materiales

Tabla 4-5: Costos de materiales

COSTOS DE MATERIA PRIMA				
PERFILES ESTRUCTURALES				
N°	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Tubería cuadrada 40x40x2 mm ASTM A36	1	\$42,00	\$42,00
2	Ángulo L40X2mm ASTM A36	1	\$12,80	\$12,80
3	Ángulo L30X2mm ASTM A36	1	\$9,56	\$9,56
			Total	\$64,36
LÁMINAS DE ACERO				
1	Placas 170x170x3mm de acero inoxidable 304	2	\$25,00	\$50,00
2	Placas 250x250x6mm, acero inoxidable 304	1	\$25,00	\$25,00
3	Plancha de tool galvanizado, e=1mm	1	\$35,00	\$35,00
			Total	\$110,00
ACCESORIOS MECÁNICOS				

1	Eje Φ 32 mm acero AISI 304, L=500 mm	1	\$45,00	\$45,00
2	Buje Φ 42 mm en acero inoxidable AISI 304, L=80 mm	2	\$10,00	\$20,00
3	Tuerca de husillo de bolas	1	\$6,00	\$6,00
4	Apoyo de fijo para husillo de bolas	1	\$6,00	\$6,00
5	Soporte fijo para barra de acero	4	\$6,00	\$24,00
6	Motor DC, Torque= 3.2 N.m	1	\$50,00	\$50,00
7	Tornillo sin fin M12x1,5	1	\$20,00	\$20,00
8	Chumacera Φ 12 mm	1	\$25,00	\$25,00
9	Acople para el soporte fijo del husillo	1	\$6,00	\$6,00
10	Barra de acero Φ 12 mm	1	\$18,00	\$18,00
11	Buje para barra de acero	4	\$3,00	\$12,00
12	Acople para barra de acero	4	\$5,00	\$20,00
13	Acople para tuerca de husillo	1	\$5,00	\$5,00
14	Polea de aluminio Φ 4 in	1	\$5,00	\$5,00
15	Polea de aluminio Φ 6 in	1	\$6,00	\$6,00
16	Banda Trapezoidal PHG 62	1	\$8,00	\$8,00
17	Chumaceras Φ 25mm SKF 505 M	2	\$30,00	\$60,00
18	Tornillo Cabeza hueca hexagonal, M8x1,25-35mm	12	\$0,25	\$3,00
19	Tuerca hexagonal, M8X1,25	12	\$0,12	\$1,44
20	Perno de cabeza hexagonal M5X0,8-16mm	10	\$0,25	\$2,50
21	Tuerca hexagonal, M5X0,8	10	\$0,12	\$1,20
22	Perno hexagonal, galvanizado, M5X0,8-50mm	2	\$0,50	\$1,00
23	Tuerca hexagonal, galvanizado, M5X0,8	6	\$0,16	\$0,96
24	Perno hexagonal, acero negro, M10X1,5-70mm	4	\$1,40	\$5,60
25	Tuerca hexagonal, acero negro, M10x1,5	4	\$0,27	\$1,08
26	Perno hexagonal Inoxidable, M5X0,8-16mm	48	\$0,16	\$7,68
27	Tuerca hexagonal inoxidable, M5X0,8	48	\$0,06	\$2,88
28	Arandela plana inoxidable, M5	48	\$0,06	\$2,88
29	Perno hexagonal, galvanizado, M8X1,25-60mm	4	\$0,40	\$1,60
30	Tuerca hexagonal galvanizado, M8X1,25	8	\$0,15	\$1,20
			Total	\$369,02
SISTEMA ELÉCTRICO				
1	Motor eléctrico 4 Hp	1	\$600,00	\$500,00
2	Breaker Tripolar CHINT 20A	1	\$10,00	\$10,00
3	Contactador Schneider Electric LC1D16	1	\$11,30	\$11,30
4	Relé térmico CHINT NXR-25	1	\$12,00	\$12,00
5	Cable Eléctrico #14, #10 AWG THHN	1	\$15,00	\$15,00
6	Pulsador	2	\$2,00	\$4,00
7	Luz piloto	2	\$1,63	\$3,26
8	Gabinete metálico	1	\$45,00	\$45,00
9	Bornera riel din 4mm	1	\$2,52	\$2,52
10	Fuente de poder 12V	1	\$10,00	\$10,00
11	Circuito integrado ATmega328P	1	\$5,00	\$5,00

12	Módulo Driver controlador para motor DC	1	\$12,00	\$12,00
13	Accesorios electrónicos	1	\$10,00	\$10,00
			Total	\$640,08
COSTO TOTAL				\$1.183,46

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.3.4. Costo directo Total

Tabla 4-6: Costo directo total

COSTO DIRECTO TOTAL	
Descripción	Costo (\$)
Costo del material	\$1.183,46
Costo de fabricación	\$317,50
Costo de mano de obra	\$285,12
Costo Total	\$1.786,08

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.3.5. Costo indirecto total

Tabla 4-7: Costo indirecto total

COSTO DIRECTO TOTAL	
Descripción	Costo (\$)
Costo de ingeniería	\$500
Costo de transporte	\$100
Costo de insumo	\$60
Costo total	\$660

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.3.6. Costo Total

Tabla 4-8: Costo total

COSTO TOTAL	
Descripción	Costo (\$)
Costo directo	\$1.786,08
Costo indirecto	\$660,00
Costo total	\$2.446,08

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.3.7. Análisis de Costo - beneficio

La máquina desfibadora al momento de su adquisición tendrá un valor monetario de \$2446,08 con una vida útil de 10 años. Al momento que termine la vida útil de la máquina desfibadora,

pero aún sigue funcionando esta tendrá un valor de salvamento de \$500 que el mercado estaría dispuesto a pagar.

4.3.7.1. Depreciación de la máquina desfibradora

La depreciación anual se determina con la siguiente expresión:

$$DA = \frac{CT - VS}{N_{\text{útil}}} \quad (4.4)$$

Donde:

DA: Depreciación anual

CT: Costo total

VS: Valor de Salvamento

N_{útil}: Años de vida útil

$$DA = \frac{2446,08 - 500}{10} = \$ 194,608$$

En la tabla se muestra la depreciación anual, depreciación acumulada y el valor contable para los años de vida útil de la máquina.

Tabla 4-9: Depreciación anual, acumulada y valor contable para la vida útil de la máquina

Año	Depreciación anual	Depreciación acumulada	Valor contable
0			
1	\$194,61	\$194,61	\$2.251,47
2	\$194,61	\$389,22	\$2.056,86
3	\$194,61	\$583,82	\$1.862,26
4	\$194,61	\$778,43	\$1.667,65
5	\$194,61	\$973,04	\$1.473,04
6	\$194,61	\$1.167,65	\$1.278,43
7	\$194,61	\$1.362,26	\$1.083,82
8	\$194,61	\$1.556,86	\$889,22
9	\$194,61	\$1.751,47	\$694,61
10	\$194,61	\$1.946,08	\$500,00

Realizado Por: Moyon, S. y Sntaxi, J., 2023

Como se puede apreciar en la tabla podemos observar el valor contable que tiene la máquina en los diferentes años de vida útil, para el último año de vida útil tenemos una depreciación anual de \$194.61, depreciación acumulada de \$ 1946,08 y el valor de salvamento de \$ 500.

4.3.8. Punto de equilibrio Contable

4.3.8.1. Costos Fijos

Los costos fijos son los valores económicos que se pagaran al final de cada mes y no dependen de la cantidad de producción.

Para adquirir la máquina se debe invertir aproximadamente \$ 2500, si se consigue financiar con una entidad bancaria con tasa anual de 15,6% para un plazo de 24 meses tendrá una deuda de \$ 2972,5. La amortización mensual será de 124,27\$.

Tabla 4-10: Costos fijos

Costos Fijos (CF)	
Descripción	Costo (\$)
Sueldo	\$450
Arriendo	\$100
Servicios móviles	\$20
Impuestos	\$5
Mantenimiento (infraestructura y Máquina)	\$30
Amortización	\$124,27
Costo Total	\$729,27

Realizado Por: Moyon, S. y Sntaxi, J., 2023

4.3.8.2. Costos variables unitarios

Los costos variables unitarios indican los recursos económicos que se utiliza para producir una unidad de paca de fibra de cabuya. Estos costos dependen de la cantidad producida y vendida.

Los pencos se obtienen de la planta de cabuya, el valor de cada planta puede variar de 1 a 2 dólares dependiente del tamaño y volumen. Para obtener una paca de fibra se necesita aproximadamente 15 plantas, entonces el valor promedio puede ser de \$15.

La energía eléctrica consumida por el motor eléctrico para desfibrar la cantidad suficiente de pencos para obtener una paca de fibra de cabuya será aproximadamente 2,4 \$.

La capacidad de agua que se ocupa para el lavado de las fibras, limpieza del lugar de trabajo, de la máquina, etc. puede ser de 10m³, la tarifa es de 0,5 \$/m³ dando un costo de 5 \$.

El costo del transporte es de 8\$ aproximadamente, abarca la movilidad de los pencos que se encuentran en diferentes parroquias del cantón guano al lugar donde se procede a desfibrar utilizando la máquina desfibradora.

Tabla 4-11: Costos variables unitario

Costos Variables Unitario (CVU)	
Descripción	Costo (\$)
Materia Prima (Plantas de cabuya)	\$15
Energía eléctrica (8h/día)	\$2,4
Agua (10m ³)	\$5
Transporte	\$8
Costo Total	\$30,4

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

4.3.8.3. Cálculo del punto de equilibrio

- Precio de venta unitario

El precio de venta unitario de cada paca de cabuya es de \$50, cada paca de cabuya tiene un peso de 80 libras. Con los costos fijos, costos variables unitarios y el precio de venta se puede establecer el punto de equilibrio en unidades y ventas.

- Punto de Equilibrio (Unidades de Paca)

$$P.E.U = \frac{CF}{PVU - CVU} \quad (4.5)$$

Donde:

P.E.U: Punto de equilibrio en unidades de Paca

CF: Costos Fijos

PVU: Precio de venta unitario

CVU: Costos variable unitario

$$P.E.U = \frac{729,27}{50 - 30,4} = 37,20 \text{ unidades de Paca}$$

• Punto de Equilibrio (Ventas)

$$P.E.V = \frac{CF}{1 - \frac{CVU}{PVU}} \quad (4.6)$$

Donde:

P.E.V: Punto de equilibrio en Ventas

CF: Costos Fijos

CVU: Costos variables unitario

PVU: Precio de venta unitario

$$P.E.V = \frac{729,27}{1 - \frac{30,4}{50}} = 1860,38 \$$$

Tabla 4-12: Ingresos y costos

Unidades de Paca (Q)	Ingresos (D)	Costos Fijos (CF)	Costos Variables (CV)	Costos totales (CT)	Utilidad (Perdida o Ganancia)
	(Q*P.V.U)		(Q*C.V.U)		
0	0	729,27	0	729,27	-729,27
2	100	729,27	60,8	790,07	-690,07
4	200	729,27	121,6	850,87	-650,87
6	300	729,27	182,4	911,67	-611,67
8	400	729,27	243,2	972,47	-572,47
10	500	729,27	304	1033,27	-533,27
12	600	729,27	364,8	1094,07	-494,07
14	700	729,27	425,6	1154,87	-454,87
16	800	729,27	486,4	1215,67	-415,67
18	900	729,27	547,2	1276,47	-376,47
20	1000	729,27	608	1337,27	-337,27
22	1100	729,27	668,8	1398,07	-298,07
24	1200	729,27	729,6	1458,87	-258,87
26	1300	729,27	790,4	1519,67	-219,67
28	1400	729,27	851,2	1580,47	-180,47
30	1500	729,27	912	1641,27	-141,27
32	1600	729,27	972,8	1702,07	-102,07
34	1700	729,27	1033,6	1762,87	-62,87
36	1800	729,27	1094,4	1823,67	-23,67
38	1900	729,27	1155,2	1884,47	15,53
40	2000	729,27	1216	1945,27	54,73
42	2100	729,27	1276,8	2006,07	93,93
44	2200	729,27	1337,6	2066,87	133,13
46	2300	729,27	1398,4	2127,67	172,33
48	2400	729,27	1459,2	2188,47	211,53
50	2500	729,27	1520	2249,27	250,73

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

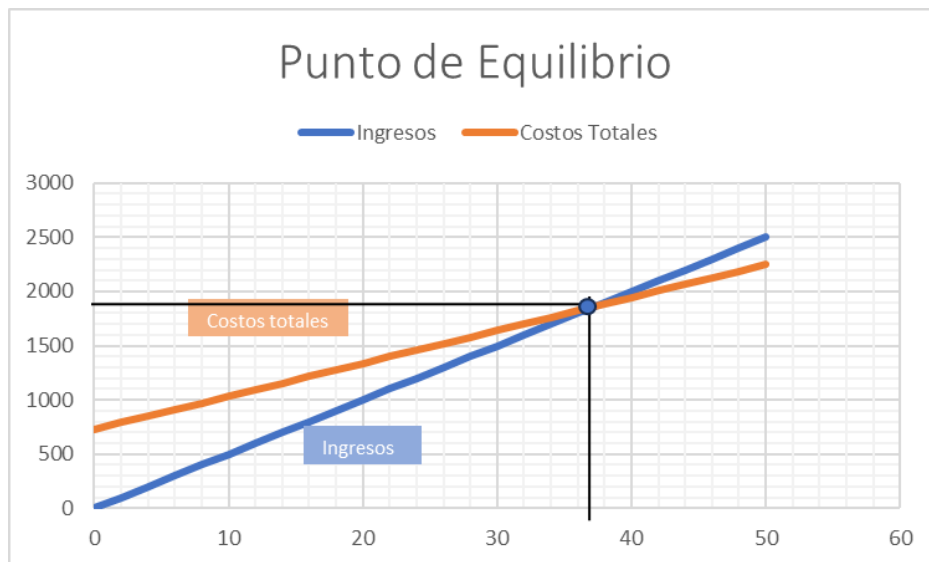


Ilustración 4-19: Punto de equilibrio
Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

En la ilustración 4.19 se grafican las rectas de los costos totales e ingresos, se observa que las rectas se cortan en un punto que corresponde en 37.20 unidades de paca; al vender estas unidades se obtendrá un costo por ingresos de 1860.38 \$, por lo tanto, el usuario no gana ni pierde dinero. A partir del punto de equilibrio de 37.20 unidades se podrán generar utilidad de ganancia para el usuario.

4.4. Manual de Operación y Mantenimiento de la máquina

4.4.1. Información general

La máquina desfibradora es usada para desfibrar hojas de cabuya blanca, obteniendo como producto final fibras de cabuya. El sistema de desfibrado está formado por un motor eléctrico, sistema de transmisión por poleas, eje, tambor desfibrador y una mesa de calibración de distancia. El control de la máquina se lo realiza por medio de un cuadro de control eléctrico.

4.4.2. Seguridad

4.4.2.1. Precauciones

En el momento de usar la máquina se debe tener cuidado de no ingresar la mano a la tolva de ingreso de la hoja de cabuya blanca, también tener cuidado con el contacto con la energía eléctrica debido a que la maquina utiliza alimentación trifásica.

4.4.2.2. Reglas Generales de Seguridad

El operario debe contar con el Equipo de protección personal (EPP).

Tener cuidado al momento de energizar la máquina, es importante utilizar guantes calificado contra trabajos eléctricos.

No acercarse a los sistemas mecánicos móviles una vez que se encienda la máquina.

En caso de que exista un atasco de la hoja de cabuya blanca en el tambor desfibrador se debe desconectar totalmente la máquina para proceder a retirar la hoja atorada en el tambor desfibrador. Solo podrán utilizar personas adultas que hayan recibido capacitación sobre el manejo de máquinas agrícolas.

4.4.3. Mantenimiento

Es importante hacer el mantenimiento de la máquina para que funcione correctamente, también se evitaría daños prematuros en la máquina que generaría gastos innecesarios y su vida útil sería de larga duración.

4.4.3.1. Programa de mantenimiento

Tabla 4-13: Plan de mantenimiento de la desfibradora

Plan de Mantenimiento				
Actividades	Diario	Semanal	Mensual	Anual
Limpieza del tambor desfibrador	X			
Limpieza del resguardo del tambor desfibrador	X			
Limpieza del resguardo de residuos	X			
Revisión y Reapriete de pernos y tuercas de la desfibradora		X		
Revisión y templado de la correa de transmisión			X	
Engrase de las chumaceras y elementos móviles			X	
Limpiar internamente el tablero eléctrico				X
Inspección de voltaje, intensidad del tablero eléctrico				X
Inspección mecánica y eléctrica del motor eléctrico				X

Realizado Por: Moyon, S. y Suntaxi, J., 2023

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que la hoja tiene una forma irregular, su base es ancha y gruesa, mientras que la punta es estrecha y delgada. Los métodos manuales para obtener la fibra son el sistema enriado que consiste en cortar, aplastar, lavar y secar en un tiempo de 15 días, mientras que el sistema de tallado utiliza como una herramienta una cuchilla o hueso para raspa la hoja hasta encontrar la fibra, generando un desperdicio del 50% por lo que su producción es cara.
- Es importante utilizar la metodología QFD para transformar las necesidades del cliente en especificaciones técnicas (selección del motor, dimensiones, caracterización del material, etc.) que servirán para el desarrollo del diseño de la desfibradora.
- El diseño conceptual permite generar posibles soluciones al requerimiento de desfibrar hojas de cabuya de manera uniforme, tratando de evitar el corte de las fibras. Es una técnica útil para poder tener el diseño preliminar de las diferentes alternativas de solución que serán analizados con criterios de valorización (potencia, costo, selección de material) que se obtuvieron en la casa de la calidad para elegir aplicando un análisis de ponderación la mejor alternativa de solución.
- Para el diseño mecánico de la máquina se determinó una fuerza de 250 N para desfibrar la hoja de cabuya blanca. Luego se estableció la geometría y dimensiones de las cuchillas y soportes. La revolución del tambor Searby es de 1146 rpm, y la potencia de motor eléctrico establecido fue de 3KW, al realizar las primeras experimentaciones de desfibrado constatamos que efectivamente la potencia establecida era capaz de desfibrar hojas de cabuya.
- Se uso el software SolidWorks para crear y modificar los componentes mecánicos tridimensionales de la desfibradora, para luego ensamblar en el mismo programa obteniendo un prototipo preliminar en el que se puede visualizar la posición de cada elemento, y de esa manera detectar posibles defectos mecánicos que puedan afectar el funcionamiento de la máquina. La parte eléctrica se realizó en el programa CADE SIMU, ahí se desarrolló y además se simuló los diagramas de potencia y control que serán implementado en el cuadro eléctrico de la máquina. Los programas utilizados permitieron optimizar y validar el diseño de la máquina, reduciendo tiempo y costos en la construcción de la máquina.

- Se realizó el análisis por elemento finito a los elementos mecánicos como la cuchilla, soporte y el eje. El evaluador de malla que se uso es el Element Quality que tiene una desviación estándar de 0,2025 y un promedio de 0,7570. Después de obtener una buena calidad de malla se procede a aplicar las condiciones de fuerzas, momentos de torsión, restricciones de apoyos en las piezas mecánicas para poder realizar la simulación estructural en ANSYS. La cuchilla tiene una deformación de 0,6 mm y un factor de seguridad 2,06; el soporte tiene una deformación de 0,015 mm y un factor de seguridad de 3,5; el eje tiene una deformación de 0,014 mm y un factor de seguridad de 3,06. Con estos resultados podemos indicar que estos elementos soportan las cargas que se generan en el desfibrado, y además tiene buena rigidez.

- En el primer ensayo de la máquina desfibadora obtuvimos un desfibrado de una calidad regular, por lo que se nivelo y se regulo las cuchillas del sistema, así como también la distancia entre la mesa de apoyo y las cuchillas obteniendo como resultado un desfibrado uniforme y de buena calidad. Es importante lavar las fibras que se obtuvo para eliminar la savia que está compuesto por nutrientes que pueden afectar a la piel de las personas, después dejar que se seque para así poder utilizarlo en la elaboración de artesanías (sogas, chimbos, costales).

- El costo total de fabricación de la máquina es de \$2446. Con el análisis de costo beneficio se puede relacionar el coste de la máquina y los beneficios que puede otorgar al producir fibras de cabuya, la forma de comercialización es por pacas de cabuya de 80 lbs. Al establecer los costos fijos, costos variables unitarios y el precio de venta podemos establecer un punto de equilibrio, en este caso es la producción de 37 unidades de paca de cabuya que generaría un ingreso por venta de 1860\$, en este punto el usuario no pierde ni gana dinero. A partir de la producción de 37 unidades el usuario tendrá ganancias.

5.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar siempre el equipo de protección personal para la manipulación de la desfibradora con el propósito de salvaguardar la integridad del operador.
- La distancia entre la mesa de apoyo y las cuchillas debe ser calibrada antes de poner en funcionamiento el tambor desfibrador para evitar un posible rozamiento mecánico que pueda afectar el rendimiento de la máquina.
- Al terminar de usar el desfibrador siempre debemos desconectar la alimentación eléctrica de la máquina para poder limpiar los residuos que quedan atrapados en el tambor desfibrador y en el resguardo de salida de residuos orgánicos.
- Inspeccionar mensualmente la dimensión, forma y geometría de las cuchillas con la ayuda de equipos y herramientas que verifiquen su alineación y nivelación para conseguir un desfibrado uniforme de la hoja de cabuya.
- Es conveniente revisar semanalmente que los elementos mecánicos estén bien ajustados y posicionado para poner en funcionamiento la máquina, esto ayudaría a prevenir accidentes al operario y evitar gastos adicionales por averías mecánicas prematuras.

GLOSARIO

Degradable: Compuesto que se puede degradar para no resultar contaminante (WordReference, 2023).

Desespinar: Quitar espinas (ASALE y RAE, 2023).

Despojar: Quitar a algo lo que lo acompaña, cubre o completa (ASALE y RAE, 2023).

Hoja lanceoladas: Son aquellos cuya forma característica es de una base más ancha y una punta estrecha y afilada (Espacioverde, 2021).

Lechuguilla: Planta acuática flotante de hojas esponjosas e infladas, agrupadas en rosetas, con venas prominentes y florecitas poco vistosas rodeadas de una hoja (ASALE, 2023).

Paca: Unidad de medida para un conjunto de fibras de cabuya que pesa 36 kg (ASALE, 2023).

Sisal o henequén: Es una planta utilizada para fines comerciales, cultivadas en regiones semiáridas. Se usa principalmente la fibra de las hojas, que se procesan especialmente para fabricar cuerdas, sacos, telas y tapetes (EDUCALINGO, 2023).

Suelo calcáreo: Está compuesto por, al menos, un 15% de carbonato cálcico. Dispone de los niveles apropiados de nutrientes y agua, su potencial producto es alto (Julian Pérez, Ana Gardey , 2023).

Tambor Maxwell: Tambor compuesto con 25 hileras de clavos (Cobix et al., 2022, pg. 138).

Tambor Searby: Tambor que desintegra la fibra mediante el método de ruptura por explosión y exposición que causan los martillos adheridos alrededor del rodillo (Cobix et al., 2022, pg. 138).

Zumo: Líquido de la hiervas, flores, frutas, que se sacan exprimiéndolas o mojàndolas (RAE , 2020).

BIBLIOGRAFÍA

- 1. ACEROMAFE, R.** *Acero 4140: características y usos* [en línea]. Aceromafe, 2022. [consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.aceromafe.com/acero-4140-caracteristicas/>.
- 2. AHMAD, T. et al.** "Design and Development of a Portable Sisal Decorticator". *Pakistan Journal of Agricultural Research* [en línea], 2017, vol. 30 (3), págs. 209-217. [consulta: 22 abril 2023]. ISSN 02510480. Disponible en: <http://researcherslinks.com/current-issues/Design-and-Development-of-a-Portable-Sisal-Decorticator/24/1/763/html>.
- 3. ALIBABA.** *Best Price Sisal Fiber Extracting Machine / Pineapple Leaf Fiber Extractor Machine / Banana Stem Processing Machine For Fiber - Buy Fiber Extractor Machine, Banana Fiber Extractor Machine, Banana Stem Processing Machine For Fiber Product on Alibaba.com.* [en línea], 2023. [consulta: 24 mayo 2023]. Disponible en: https://www.alibaba.com/product-detail/best-price-sisal-fiber-extracting-machine_1600691206483.html?spm=a2700.pcdm.0.0.6a13VtHdVtHdsN.
- 4. ASALE.** *lechuguilla | Diccionario de americanismos.* [blog]. Diccionario de americanismos, 2023. [consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.asale.org/damer/lechuguilla>.
- 5. ASALE, R. y RAE.** *desespinar | Diccionario de la lengua española.* [blog]. Edición del Tricentenario, 2023. [consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/desespinar>.
- 6. ASALE, R. y RAE.** *despojar | Diccionario de la lengua española.* [blog]. Edición del Tricentenario, 2023. [consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/despojar>.
- 7. ASALE.** *paca | Diccionario de americanismos.* [blog]. 2023. [consulta: 4 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.asale.org/damer/paca>
- 8. ASHBY, Michael.** *MATERIALS SELECTION IN MECHANICAL DESIGN. FIFTH.* United States. ISBN 978-0-08-100599-6. pág. 111.
- 9. AUTOMATION DIRECT.** *Sistema de Control paso a paso* [en línea]. 2ª ed. 2007. [Consulta: 12 agosto 2023]. Disponible en: <https://cdn.automationdirect.com/static/manuals/surestepmanualsp/surestepmanualsp.html>.

10. BALDEON CAJO, J.E. Estudio de retención de metales pesados en agua sintéticas (Preparadas en el Laboratorio) Utilizando como lecho Filtrante la Fibra de Cabuya Furcraea Andina como Alternativa de Bioremendiación. [En línea]. (Trabajo de Graduación) (Ingeniería). Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2013. págs. 7-9. [consulta: 27 junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/766>.

11. BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA. "*Implemento de Beneficio*". [en línea], 2010. Colombia. págs. 65-74. Disponible en: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/15295/25117_9150.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

12. BUDYNAS, Richard y NISBETT, Keith. *Diseño en ingeniería mecánica de shigley*. 9ª ed. México: McGraw-Hill, 2012. ISBN 978-607-15-0771-6, págs. 274-279.

13. CHÁFUEL ORTEGA, V.S. Análisis estructural por el método de elementos finitos de una carrocería de bus interprovincial basado en simulación virtual del impacto frontal y posterior para verificar materiales y geometrías de construcción. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz. Latacunga-Ecuador. 2017.págs. 30-32. [consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/13434>.

14. CHECA, Carlos y JURADO, Faber. Mejoramiento de la calidad de la fibra de cabuya y su aplicación. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. 2001. págs. 3-20. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2658/2/04%20IT%20006%20TESIS.pdf>.

15. CÍA, G. de A. "Aceros Especiales". *General de Aceros*. [en línea]. 2020. (Colombia). Disponible en: https://www.cga.com.co/wp-content/uploads/2020/07/Ficha_T%C3%A9cnica_Aceros_Grado_Estructural_A36.pdf.

16. COBIX, L.G.D. et al. "Alternativa de diseño para automatizar el proceso de desfibrado manual en la obtención de fibras naturales usando SolidWorks 2020". *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar [en línea]*, 2022, (México), vol. 6 (6), págs. 130-144. ISSN 2707-2215. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/3476>

- 17. DUQUE, D.** "Optimización de los subproductos del fique". *phyto* [en línea]. 2011. (Colombia). págs. 11-13. [Consultado: 1 mayo 2023]. Disponible en: https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/78814/1/duque_sistema_fique_2011.pdf.
- 18. EDUCALINGO.** *SISAL - Definición y sinónimos de sisal en el diccionario español*. [blog]. Educalingo. 2023. [consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://educalingo.com/es/dic-es/sisal>.
- 19. ESPACIO VERDE.** *Tipos de hojas según su forma*. [blog]. Espacio Verde. 2021. [consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.espacioverde.pe/tipos-de-hojas-segun-su-forma/>.
- 20. ESPÍN CÁRDENAS, L.D. y TELLO MANOSALVAS, J.P.** Diseño y construcción de una desfibradora de hojas y pseudotallos para obtener material lignocelulósico a utilizar como refuerzo de polímeros [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). EPN. Quito-Ecuador. 2015. págs. 14-16. [consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9221>.
- 21. FARINA, I.A.L.** "Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento". *Editores SRL* [en línea], 2018. págs. 68-69. [Consultado: 2 mayo 2023]. Disponible en: https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie330_farina_motores_electricos.pdf
- 22. GENERAL DE ACERO, C.** "Acero AISI / SAE 4140". *Cia. General de Aceros S.A.* [en línea], 2022, (Colombia). [consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.cga.com.co/producto/acero-aisi-sae-4140/>.
- 23. GUANO, G.M.** "Artesanías en Cabuya y Totorá de San Gerardo". *Guano Turismo* [en línea], 2020, (Ecuador). [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://visitaguano.com/es-ec/chimborazo/guano/artesanales/artesantias-cabuya-totora-san-gerardo-aycnv95dg>.
- 24. IMPORT ACERO.** *Acero inoxidable 304*. [Blog]. Quito, 2023. [consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/acero-inoxidable-304/>.
- 25. INCABLE.** Cable de cobre. [Blog]. Guayaquil, 2023. [consulta: 29 junio 2023]. Disponible en: <https://incable.com/>.

- 26. JARAMILLO RODRÍGUEZ, C.X. y PEÑA CORONEL, R.B.** Simulación y automatización de los sistemas de frenado para motores trifásicos de corriente alterna. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil-Ecuador. pág. 15. [consulta: 10 mayo 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15348>.
- 27. KALPAKJIAN SCHMID, S.** *MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*. Quinta. México: Pearson educación. 2008. ISBN 0-13-148965-8, pág. 159.
- 28. KANOBU, M.H. et al.** DEVELOPMENT OF A SISAL DECORTICATOR FOR SMALL HOLDER FARMERS/TRADERS: REDESIGN, FABRICATION AND FIELD TESTING. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). University of Nairobi. 2011. pág. 28.
- 29. LEAL-IGA, C. et al.** "Análisis del diseño, ruido y vibración de maquinaria desfibradora de Ixtle de Lechuguilla". *e-CUCBA [en línea]*, 2021 pág. 55. [Consultado: 24 mayo 2023]. ISSN 2448-5225. Disponible en: <http://e-cucba.cucba.udg.mx/index.php/e-Cucba/article/view/210/196>
- 30. LS ELECTRIC.** *Metasol Contactor & Overload Relay*. [en línea]. 2022. [consulta: 29 junio 2023]. Disponible en: <https://www.ls-electric.com>.
- 31. MARTIN, J. y GARCÍA, M.** *Automatismos industriales*. Madrid-España: EDITEX, 2009. ISBN 978-84-9771-534-8. págs. 136-272
- 32. MITSUMI.** Stepping Motors [en línea]. digchip, 2013. [Consulta: 8 agosto 2023]. Disponible en: https://www.digchip.com/datasheets/download_datasheet.php?id=585196&part-number=M49SP-1.
- 33. MOTT, Robert L.** *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS*. 4ª ed. México: Pearson educación, 2006. ISBN 970-26-0812-0, págs.
- 34. NORTON, Robert.** *DISEÑO DE MAQUINAS*. Cuarta. México: Pearson educación, 2011 ISBN 978-607-32-0589-4. págs. 415-425.
- 35. NTN.** *BK12_C5 - SNR - Unidad de rodamiento fija*. [en línea]. 2014. [consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: https://eshop.ntn-snr.com/es/product/BK12C5-SNR/BK12_C5.

36. NTN-SNR. *husillo de bolas* [en línea]. 2014 [Consulta: 1 agosto 2023]. Disponible en: https://www.ntn-snr.com/sites/default/files/2018-03/doc.i_bs_cat3_ea-web.pdf.

37. OPAC COMPONENTS. *DIN 6885 G Chaveta paralela* [en línea], 2017. [consulta: 6 julio 2023]. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/din-6885-din-6886-opac-6885-hpdf-2019-02-21-chavetas-keys-clavettes-chavetas.html>.

38. ÓRDOÑEZ, Javier y RESABALA, Felipe. *Control Eléctrico Industrial*. Académica española, 2020. ISBN 978-620-0-40181-6, págs. 45-49.

39. PÉREZ DEL RÍO, R. et al. "Diseño y construcción de una desfibradora de hojas de Agave angustifolia Haw". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [en línea], 2013, (México) vol. 22 (4), pág. 7. [Consultado: 21 abril 2023]. ISSN 2071-0054. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-00542013000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es

40. PÉREZ DEL RIO, R. et al. "Multi-objective optimization through artificial intelligence for designing of an Agave angustifolia leaf shredder". *Scientia Agropecuaria* [en línea], 2022, (México) vol. 13 (3), pág 293. [Consultado: 22 abril 2023]. ISSN 2077-9917. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172022000300291&lng=es&nrm=iso&tlng=en

41. PERÉZ, Julian y GARDEY, Ana. Calcáreo - Definicion.de" *Definición.de* [en línea], 2023. [Consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://definicion.de/calcareo/>.

42. RACTEM, Racking System. *¿Qué es el acero galvanizado? ¿En qué consiste?* [blog], 2020. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.ractem.es/blog/es-acero-galvanizado-consiste>.

43. RAE. *zumo* / *Diccionario de la lengua española (2001)*. [blog], 2020. [consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.rae.es/drae2001/zumo>.

44. RODAMIENTOS SKF. *Rodamientos* / *SKF* / *SKF*. [en línea], 2015. [consulta: 6 julio 2023]. Disponible en: <https://epidor.com/documentos/27-Epidor-Technical-Distribution-Catalogo-Rodamientos-SKF.pdf>.

- 45. RUBIO, M.V. y RIVADENEIRA, E.N.** "SARANGE / Instituto Otavaleño de Antropología - Centro Regional de Investigaciones". Instituto Otavaleño de Antropología [en línea], 1992, (Ecuador), págs. 66-70. [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/9929/1/REXTN-SA16-04-Jaramillo.pdf>
- 46. SALGADO, Fernando.** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESFIBRADORA DE TALLOS DE BANANO. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Internacional SEK. Quito-Ecuador. 2017. págs. 29-35. [consulta: 22 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2181>
- 47. SCHNEIDER ELECTRIC.** Interruptores termomagnéticos. [en línea], 2016. [consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.se.com/cr/es/product-category/4200-interruptores-termomagn%C3%A9ticos/>.
- 48. SHACKELFORD, James.** *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*. 6ª ed. Madrid-España: Pearson Educación, 2010. ISBN 978-84-205-4451-9, pág. 393.
- 49. SIEMENS.** *Simotics El portafolio de motores eléctricos más amplio del mundo* [en línea]. 2023. [Consulta: 8 agosto 2023]. Disponible en: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:782b04d0-82f4-488a-936b-514cd8bb5d5f/version:1677053236/arteimpressioncatalogosimotics.pdf>.
- 50. SKF.** *SKF Belts / SKF*. [en línea]. 2016. [Consulta: 9 de agosto 2023]. Disponible en: https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d1968049c9d3/pdf_preview_medium/0901d1968049c9d3_pdf_preview_medium.pdf#cid-568909.
- 51. SKF-SY 505 M.** *SY 505 M - Soportes para rodamientos de inserción / SKF*. [en línea]. 2015. [consulta: 25 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-SY%20505%20M>.
- 52. SMITH, William y HASHEMI, Javad.** *Fundamentos de la ciencia e ingeniería e ingeniería de materiales*. Cuarta. México: McGraw-Hill, 2006. ISBN 970-10-5638-8. pág. 424
- 53. TIXI, Luis.** ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN Y OCUPACIÓN DE LA CABUYA EN LA PARROQUIA SAN GERARDO, CANTÓN GUANO, PROVINCIA

DE CHIMBORAZO. [En línea]. (Trabajo de investigación) (Licenciatura). Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2019. pág. 14.

54. WIKIWAND. *Wikiwand - Furcraea andina*. [en línea]. 2011. [consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: https://wikiwand.com/es/Furcraea_andina.

55. WORDREFERENCE. *degradable - Definición - WordReference.com*. [blog]. 2023. [consulta: 26 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.wordreference.com/definicion/degradable>.

ANEXOS

ANEXO A: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA PLANCHA

PLANCHAS
ACERO INOXIDABLE

Norma: AISI 304
Especificaciones Generales:

ESPEORES desde 0,40-1,5mm

DIMENSIONES 1220 x 2440mm (estándar)
1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACIERO A NORMA	DIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

ANEXO B: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL EJE

EJES

ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales:

Norma: AISI 304

Descripción: Acero Inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300 C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas, si se emplea con la superficie pulida espejo.

Aplicaciones: Industrias alimenticias; cervecera, azucarera, utensilios domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc...

Largo: 6 mts



COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10,5	18 - 20

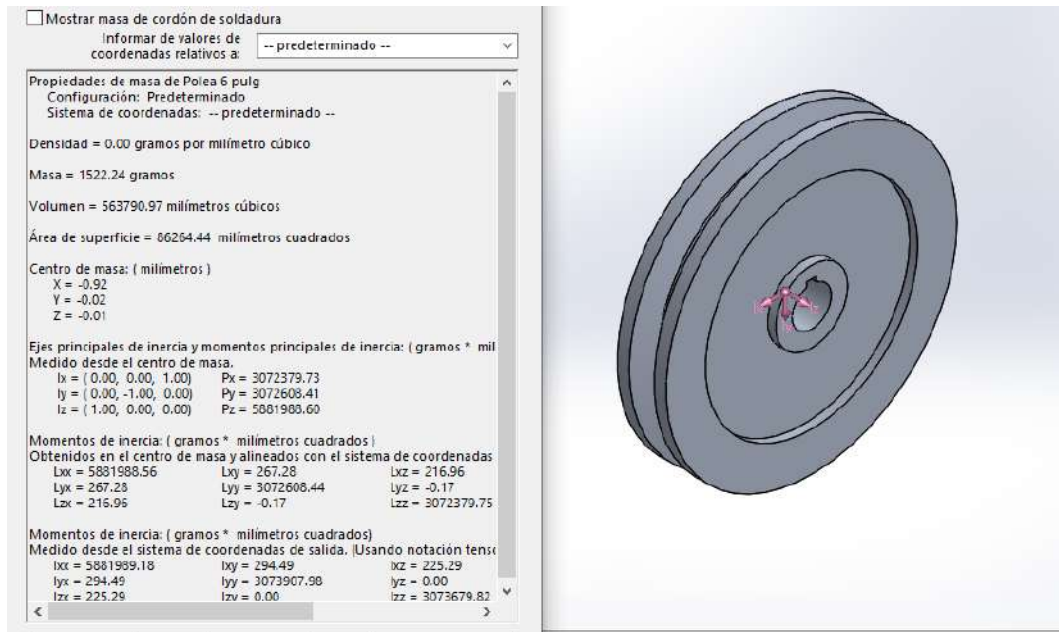
PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

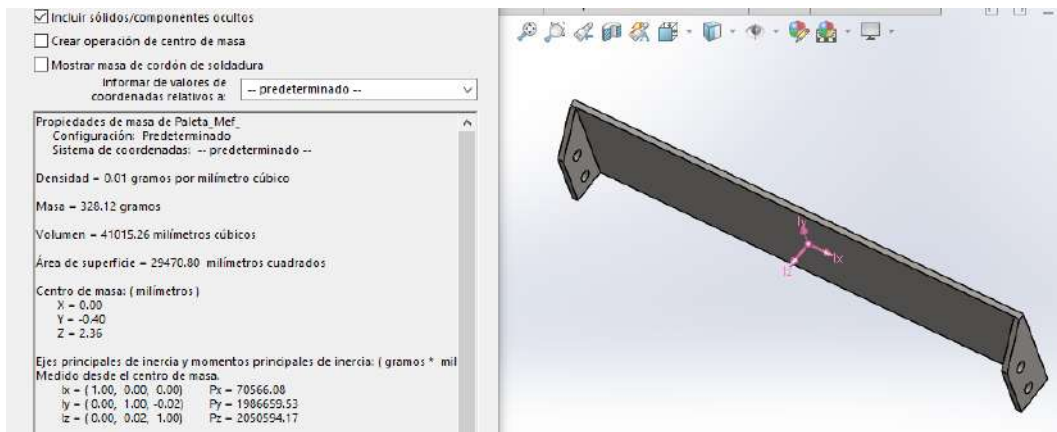
DIMENSIONES

DIÁMETRO
3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1-1/4"
1-1/2"
2"
2-1/2"
3"
3-1/2"
4"
5"
6"

ANEXO C: PESO DE LA POLEA MAYOR CALCULADO POR SOLIDWORKS



ANEXO D: PESO DE LA CUCHILLA CALCULADO POR SOLIDWORKS



ANEXO E: PESO DEL SOPORTE DEL TAMBOR CALCULADO POR SOLIDWORKS

Mostrar masa de cordón de soldadura

Informar de valores de coordenadas relativos a: -- predeterminado --

Propiedades de masa de Soporte de paletas

Configuración: Predeterminado

Sistema de coordenadas: -- predeterminado --

Densidad = 0.01 gramos por milímetro cúbico

Masa = 939.87 gramos

Volumen = 117483.96 milímetros cúbicos

Área de superficie = 51209.83 milímetros cuadrados

Centro de masa: (milímetros)

X = 0.00

Y = -0.07

Z = 5.03

Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * mil Medido desde el centro de masa.

lx = (1.00, 0.00, 0.00) Px = 1382113.31

ly = (0.00, 1.00, 0.00) Py = 1383177.67

lz = (0.00, 0.00, 1.00) Pz = 2698767.45

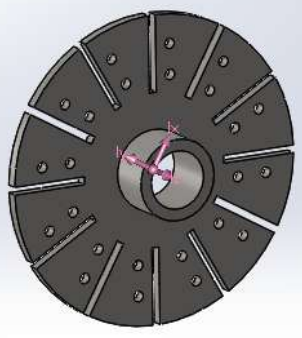
Momentos de inercia: (gramos * milímetros cuadrados)

Obtenidos en el centro de masa y alineados con el sistema de coordenadas

Lxx = 1382113.31 Lxy = 0.00 Lxz = 0.00

Lyx = 0.00 Lyy = 1383178.00 Lyz = -654.68

Lzx = 0.00 Lzy = -654.68 Lzz = 2698767.12



ANEXO F: DIÁMETRO Y ÁREAS DE ROSCAS MÉTRICAS DE PASO GRUESO Y FINO

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0

ANEXO G: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ELEMENTOS DE FIJACIÓN

Grupo de acero	Tipo de acero	Clase de resistencia	Tornillos		
			Res. a la tracción min (N/mm ²)	0,2 % - Limite elástico min (N/mm ²)	Alargamiento de rotura min (mm)
Austenítico	A1, A2, A3 A4 y A5	50	500	210	0,6 d
		70	700	450	0,4 d
		80	800	600	0,3 d

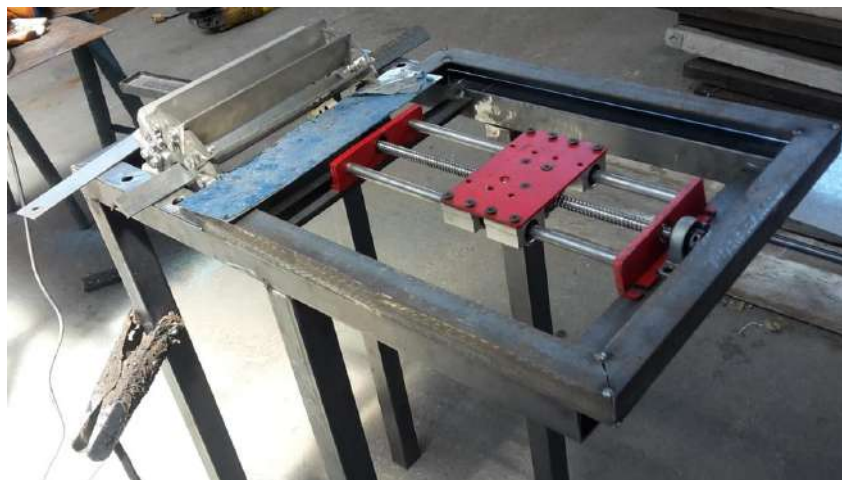
ANEXO H: IMÁGENES DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESFIBRADORA



Armado de la estructura de la máquina desfibradora



Acople de cuchillas y soportes para ensamblar el tambor desfibrador



Ensamble e instalación del mecanismo para la mesa deslizable



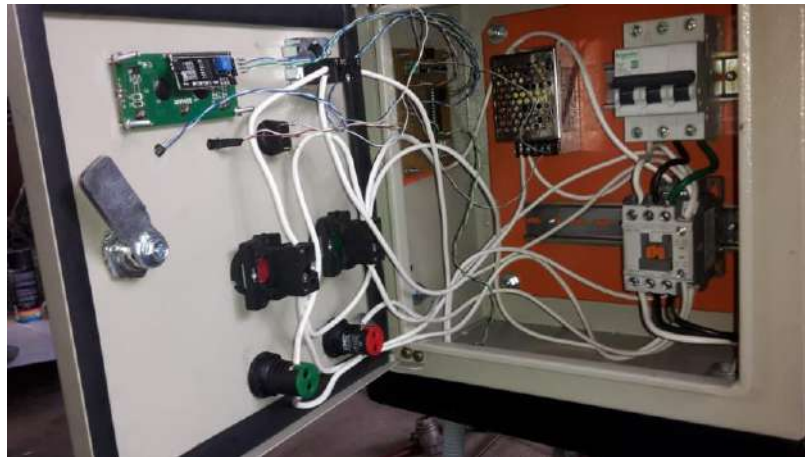
Construcción del elemento acoplador entre para la mesa deslizable



Preparación de los elementos estructurales para el pintado por horno

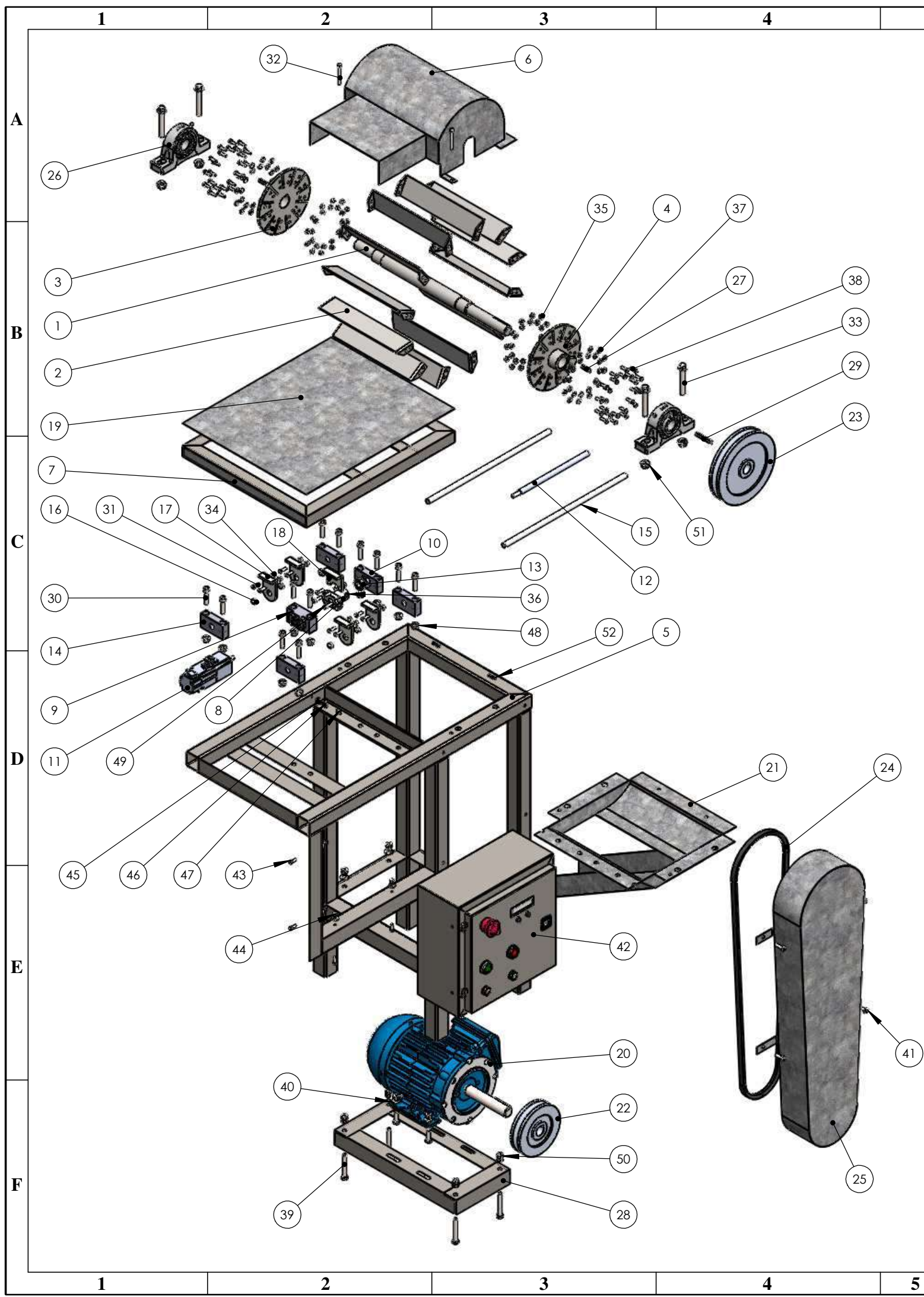


Ensamblaje de los componentes mecánicos de la desfibradora de cabuya



Montaje de los dispositivos eléctricos y electrónicos en la máquina desfibradora

ANEXO I: PLANOS DE DETALLE



N. pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	N.orden	No del modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
37	Arandela plana	ISO 3506	Acero Inoxidable (A2)	48	M6	0,001	
36	Tuerca hexagonal	ISO 4762	AISI 304	2	M5X0,8	0,0018	
35	Tuerca hexagonal	ISO 3506	Acero Inoxidable (A2)	48	M6X1	0,0021	
34	Tuerca hexagonal	ISO 4017	AISI 304	10	M5X0,8	0,0021	
33	Perno hexagonal	DIN 304	Acero negro	4	M10X1,5-70mm; Gr 8.8	0,056	
32	Perno hexagonal	SAE J429H	Acero galvanizado	2	M5X0,8-50mm; Gr. 2	0,0092	
31	Perno de cabeza hexagonal	ISO 4017	AISI 304	10	M5X0,8-16mm; Gr. 8.8	0,004	
30	Tornillo con cabeza hueca hexagonal	ISO 4762	AISI 304	12	M8X1,25-35mm; Gr. 8.8	0,0213	
29	Chaveta para la polea mayor	DIN 6885 A	AISI 304	1	L=50mm; b=h=6mm	0,014	
28	Estructura para el montaje del motor eléctrico		ASTM A-36	1	Perfil L 40x40x2	1,80	Corte, soldadura
27	Chaveta para el buje	DIN 6885 A	AISI 304	2	L=30mm; b=h=6mm	0,0076	
26	Soporte con rodamiento		Según diseño	2	SY 505 M	0,720	
25	Guarda de seguridad para sistema de transmisión		Acero galvanizado	1	Plancha 925x380 mm	2,16	Corte, soldadura
24	Banda trapezoidal		Caucho	1	PHG A62	0,183	
23	Polea mayor		Aluminio	1	Polea 1 Via 6"	1,52	
22	Polea menor		Aluminio	1	Polea 1 Via 4"	0,82	
21	Guarda de residuos		Acero galvanizado	1	Plancha 474x441 mm	1,48	Corte, soldadura, doblado
20	Motor eléctrico		Según diseño	1	1LE0141-1AB56-4AA4	45	
19	Plancha para mesa		Acero galvanizado	1	Plancha 395X474 mm	1,43	Corte
18	Acople para tuerca de husillo		AISI 420	1	b=44mm, h=45mm, e=5mm	0,093	
17	Acople para barra de acero		AISI 420	4	b=40mm, h=66mm, e=5mm	0,115	
16	Buje para barra de acero		AISI 420	4	Ø 12 mm, L=5mm	0,00079	
15	Barra de acero		AISI 420	2	Ø 12 mm, L=384 mm	0,347	
14	Soporte fijo para barra de acero		Acero pavonado	4	b=70mm, h=38mm	0,3	
13	Rodamiento para husillo de bolas		Según diseño	1	Ø 12 mm	0,021	
12	Husillo de bola		AISI 420	1	M12X5	0,201	
11	Motor paso a paso		Según diseño	1	M49SP-1	2,6	
10	Acople para el soporte fijo del husillo		Acero pavonado	1	WBK15SF-01B-NSK	0,256	
9	Apoyo fijo para el husillo de bolas		Acero pavonado	1	WBK12-01B-NSK	0,492	
8	Tuerca de husillo de bolas		AISI 420	1	FSS1510-NSK	0,23	
7	Estructura de la mesa de apoyo		ASTM A-36	1	Perfil L 30x30x3 mm	3,14	Corte, soldadura
6	Guarda del tambor desfibrador		Acero galvanizado	1	Plancha 500x400x1 mm	1,68	Corte, soldado, doblado
5	Estructura		ASTM A-36	1	Tubo cuadrado 40x40x2 mm	14,217	Corte, soldado
4	Soporte de cuchilla derecho		AISI 304	1	Plancha 85x85x6mm	0,939	Corte, soldado
3	Soporte de cuchilla izquierdo		AISI 304	1	Plancha 85x85x6 mm	0,939	Corte, soldado
2	Cuchilla		AISI 304	12	Plancha 285X55X3 mm	0,32	Corte, doblado
1	Eje de transmisión		AISI 304	1	Barra redondo macizo Ø 32 mm	2,49	Torneado

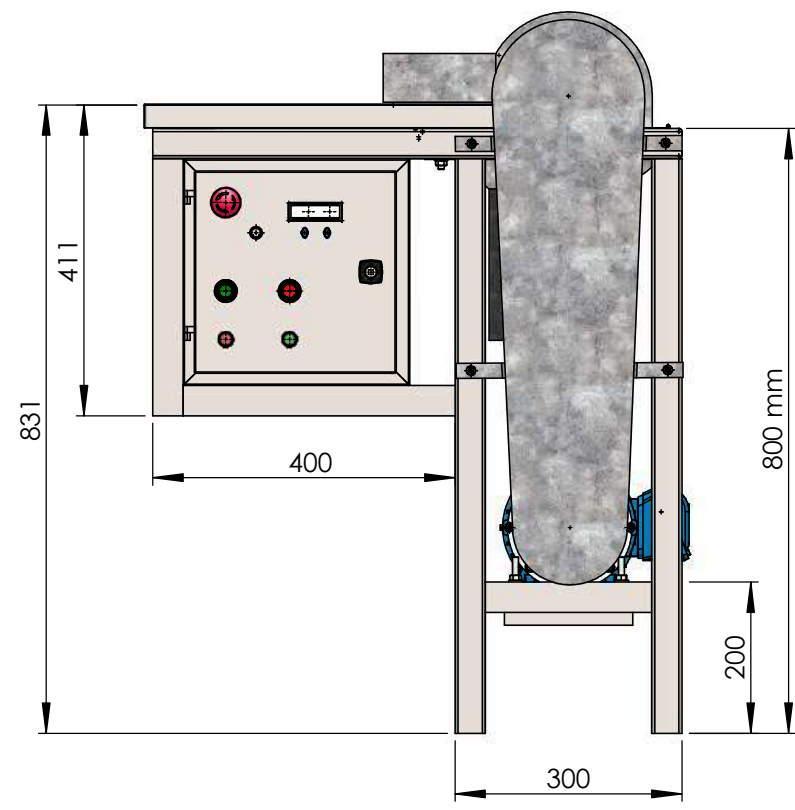
N.º. Lámina: 1	N.º. Hojas: 1 de 2	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616			Denominación:				
Listas de piezas				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Datos	Nombre	Firma	Fecha				
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023	Nombre de archivo: DESFIBRADORA ENSAMBLE.sldprt			
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023				
Revisó	Ing. Santiago López	-	16/10/2023				
Aprobó	Ing. Santiago Choto	-	16/10/2023				



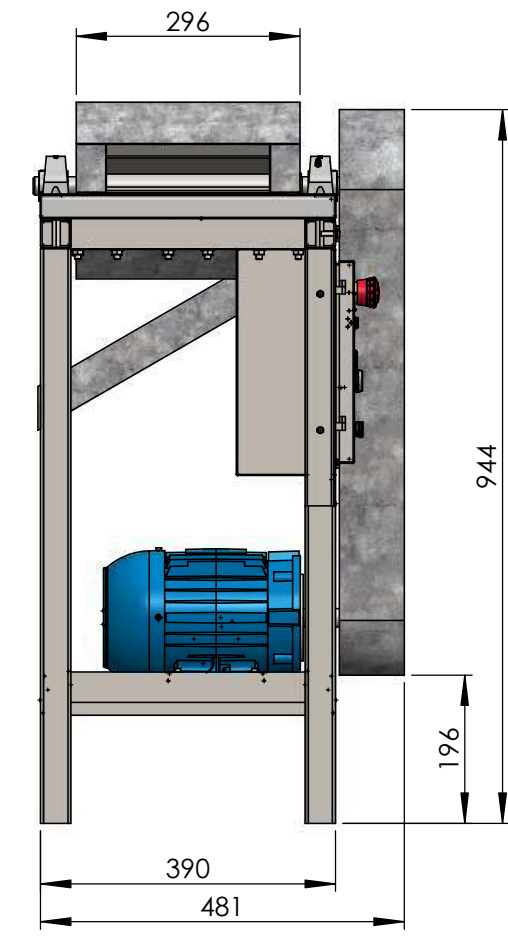
	1	2	3	4
A	A4			
B				
C				

D	52	Bisagra		Acero galvanizado	2	L=75mm, h=90mm, e=6mm	0,2	
	51	Tuerca hexagonal	DIN 304	Acero negro	4	M10X1,5	0,013	
	49	Tornillo con cabeza hueca hexagonal	ISO 4762	AISI 304	2	M5X0,8-20mm; Gr. 8.8	0,005	
	48	Tuerca hexagonal	ISO 4762	AISI 304	12	M8X1,25	0,0081	
	47	Tornillo de cabeza cruzada	DIN 7516	Acero galvanizado	2	M2X0,4X10	0,00036	
	46	Interrptor de límite		Según diseño	1	KW11-3Z	0,015	
	45	Placa para fijación del sensor		ABS	1	b=15mm, h=15mm, e=3mm	0,00044	
	44	Tuerca hexagonal	SAE J429H	Acero galvanizado	6	M5X0,8	0,0015	
E	43	Perno hexagonal	SAE J429H	Acero galvanizado	4	M5X0,8-14mm	0,0035	
	42	Panel de control eléctrico		Acero al carbono	1	300x300x150	3,113	
	41	Tornillo de cabeza plana		Acero galvanizado	4	M6X1-20mm	0,0079	
	40	Arandela plana	ASTM 325	Acero galvanizado	8	M8	0,0038	
	39	Perno hexagonal	ASTM 325	Acero galvanizado	4	M8X1,25-60mm Gr. A325	0,029	
	38	Perno hexagonal	ISO 3506	Acero inoxidable (A2)	48	M6X1-16mm; Gr. A2-70	0,0039	
	N. pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	N.or den	No del modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones

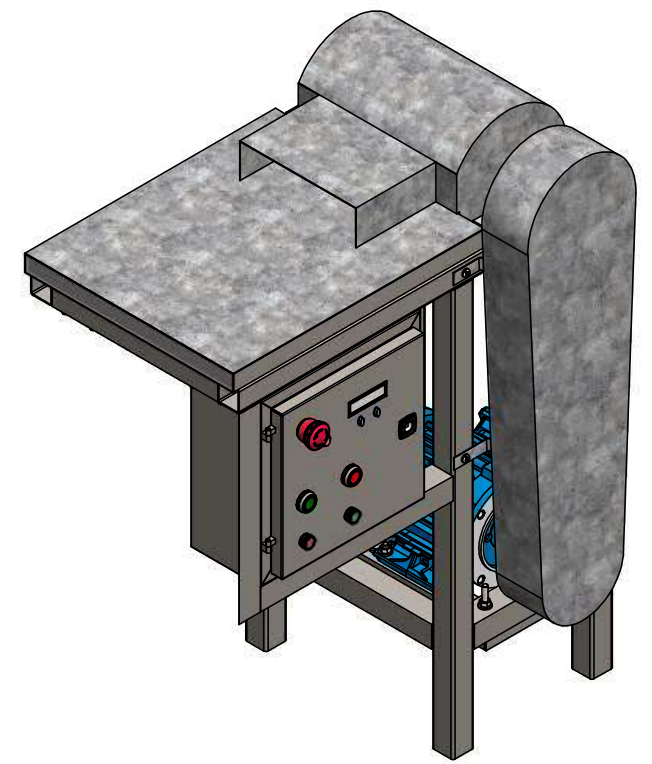
Nº. Lámina: 2		Nº. Hojas: 2 de 2		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616						Listas de piezas				Peso [kg]		Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma	Fecha							93,79		±0,8 [mm]	1:10	
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023			Materiales: Según diseño		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.						
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023											
Revisó	Ing. Santiago López		16/10/2023			Nombre de archivo: DESFIBRADORA ENSAMBLE.sldprt								
Aprobó	Ing. Santiago Choto		16/10/2023											



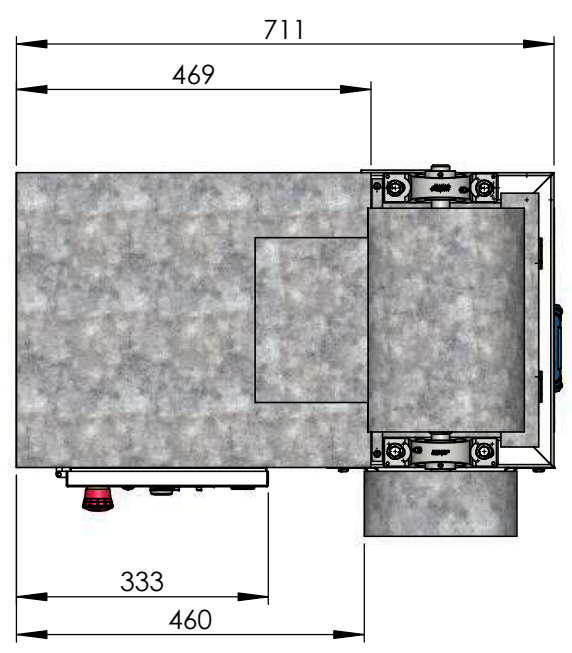
V. FRONTAL



V. LATERAL



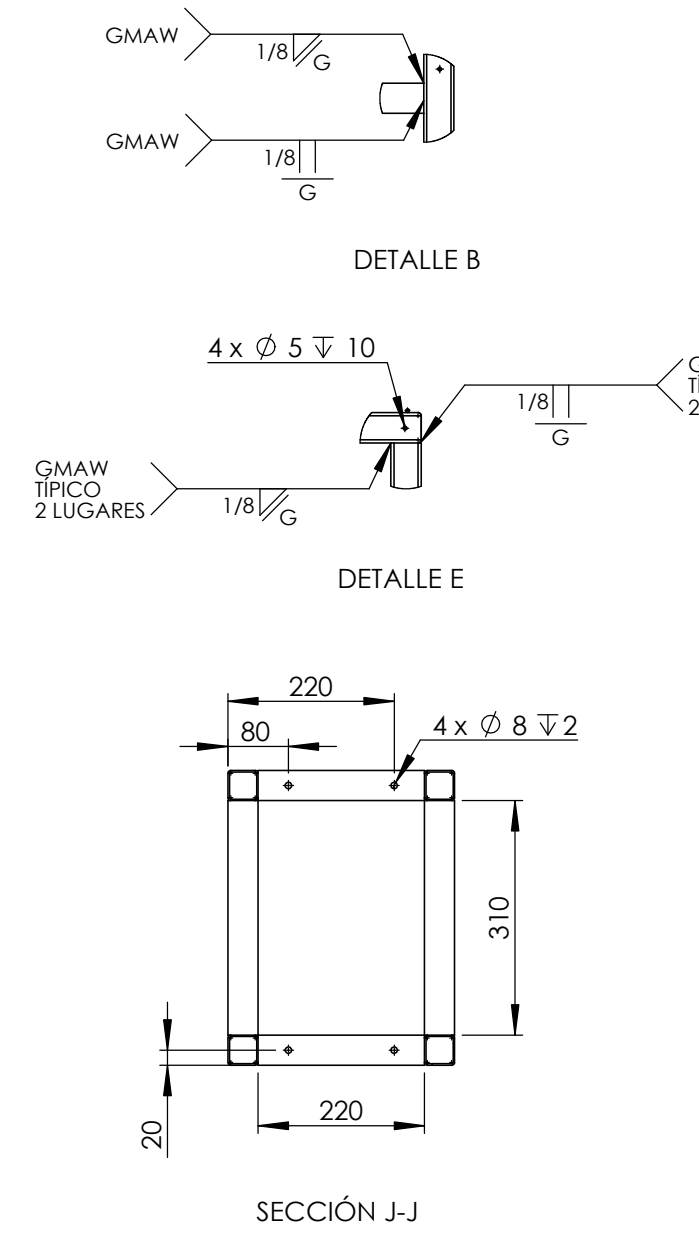
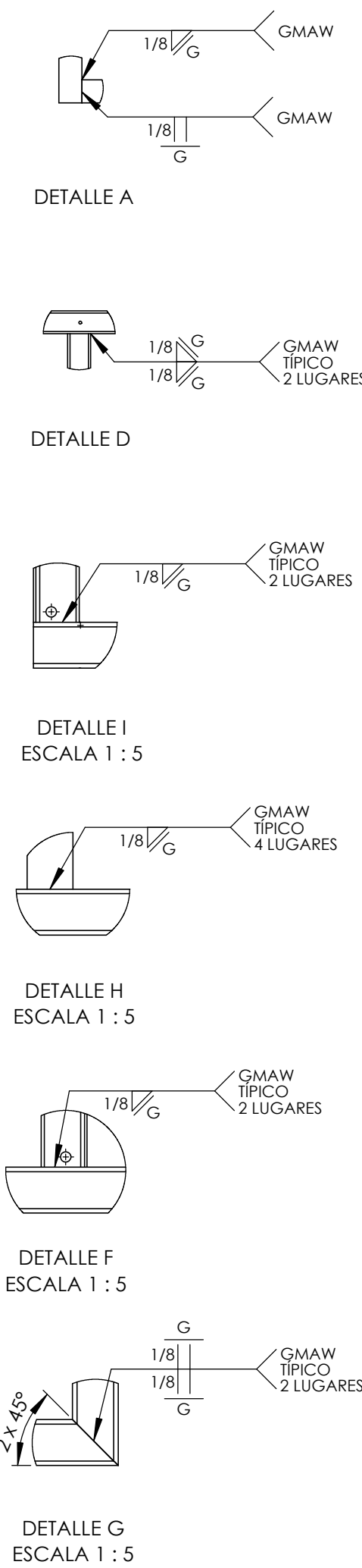
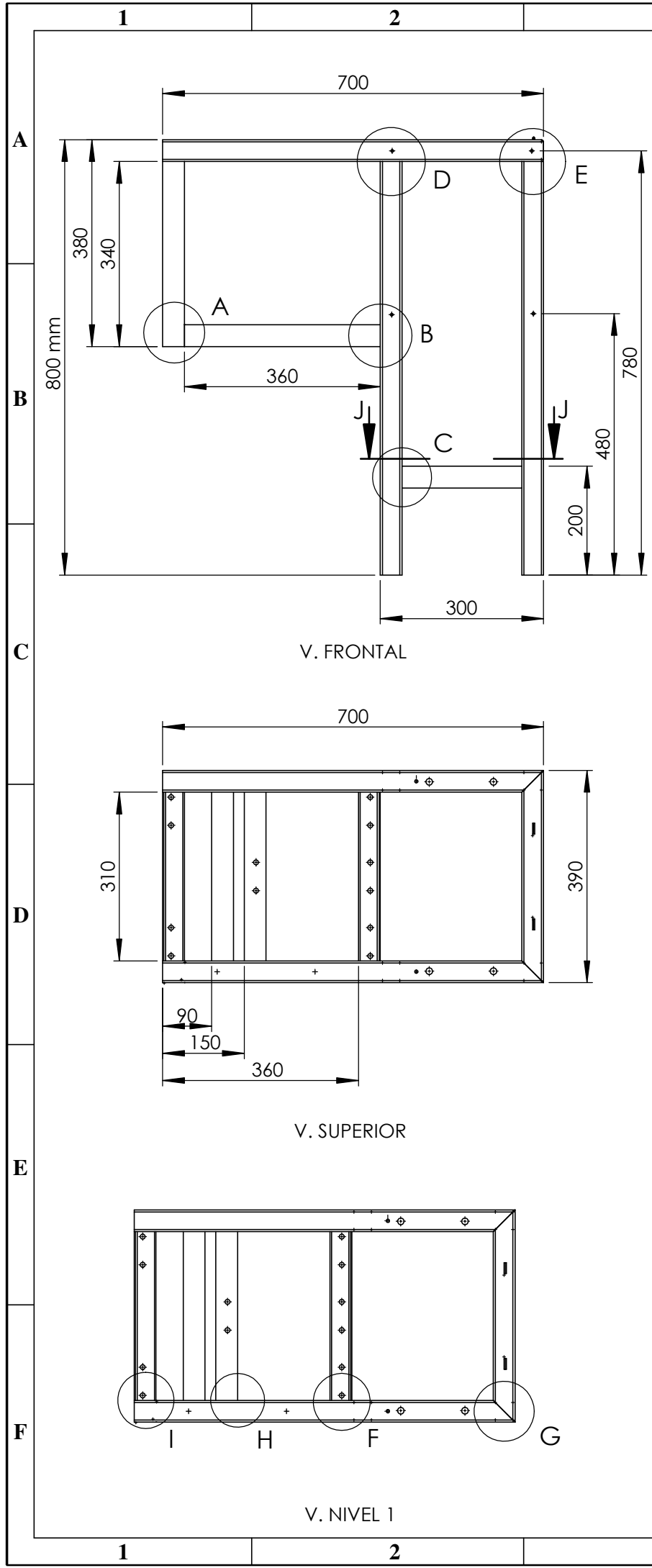
V. ISOMÉTRICA



V. SUPERIOR

Nº. Lámina: 3		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/09888468616						Denominación:					
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Vista de conjunto			
Proyectó		Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge		-		16/10/2023					
Dibujó		Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge		-		16/10/2023					
Revisó		Ing. Santiago López		-		16/10/2023					
Aprobó		Ing. Santiago Choto		-		16/10/2023		Materiales: Según diseño		Nombre de archivo: DESFIBRADORA ENSAMBLE.sldprt	
								ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.			

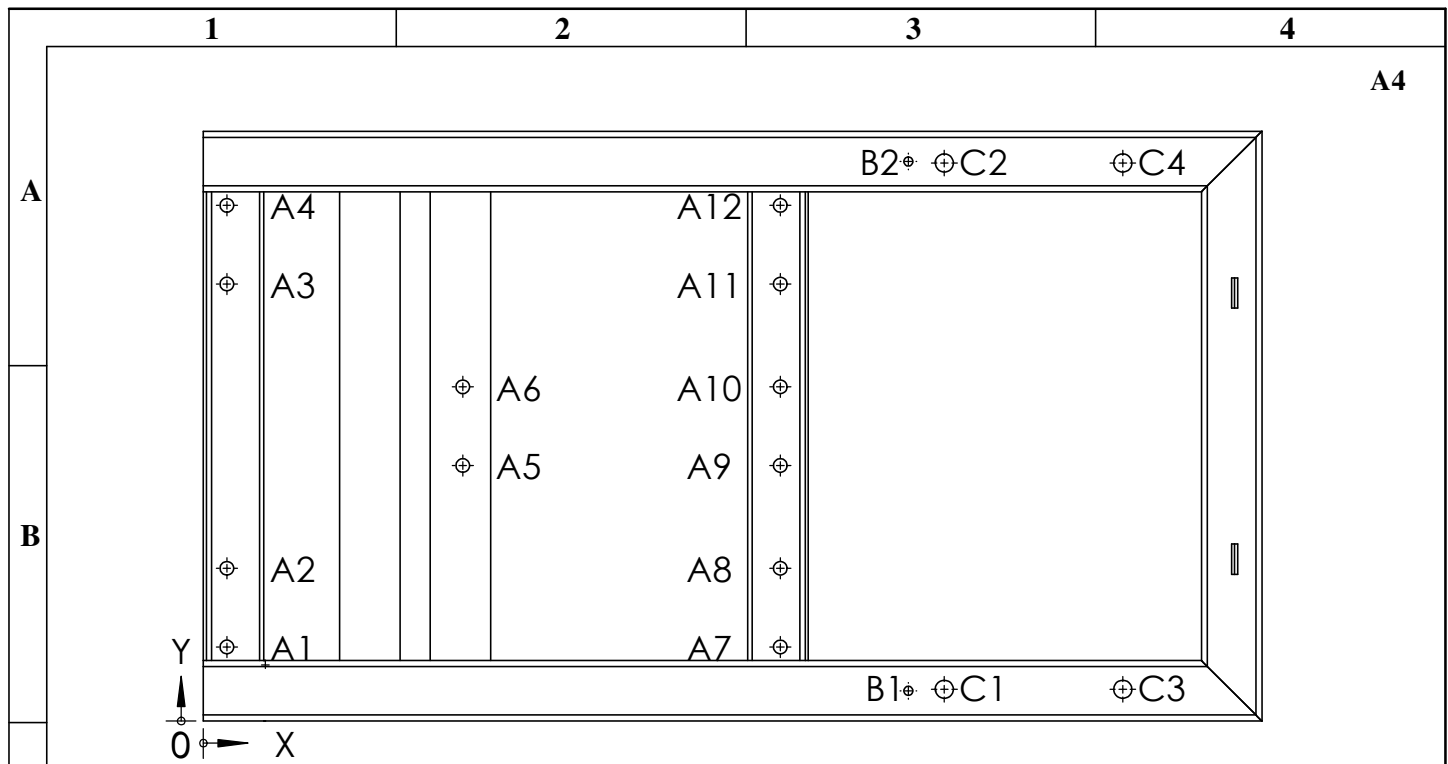




N° Pieza	Denominación	Material	Longitud	Cantidad	Observaciones
9	Platina 40x2 mm	ASTM A-36	310	2	Corte
8	Perfil L 40x40x2 mm	ASTM A-36	310	2	Corte
7	Perfil L 40x40x2 mm	ASTM A-36	220	2	Corte
6	Perfil L 40x40x2 mm	ASTM A-36	360	1	Corte
5	Perfil L 40x40x2 mm	ASTM A-36	340	1	Corte
4	Perfil L 40x40x2 mm	ASTM A-36	310	2	Corte
3	Perfil Cuadrado 40x40x2 mm	ASTM A-36	800	4	Corte
2	Perfil Cuadrado 40x40x2 mm	ASTM A-36	390	1	Corte
1	Perfil Cuadrado 40x40x2 mm	ASTM A-36	700	2	Corte

N° Lámina: 4	N° Hojas: 1 de 2	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616			Denominación: Estructura		
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ASTM A-36	Escala 1:10
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023	Nombre de archivo: Estructura.sldprt	Registro
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023		
Revisó	Ing. Santiago López	-	16/10/2023		
Aprobó	Ing. Santiago Choto	-	16/10/2023	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.	



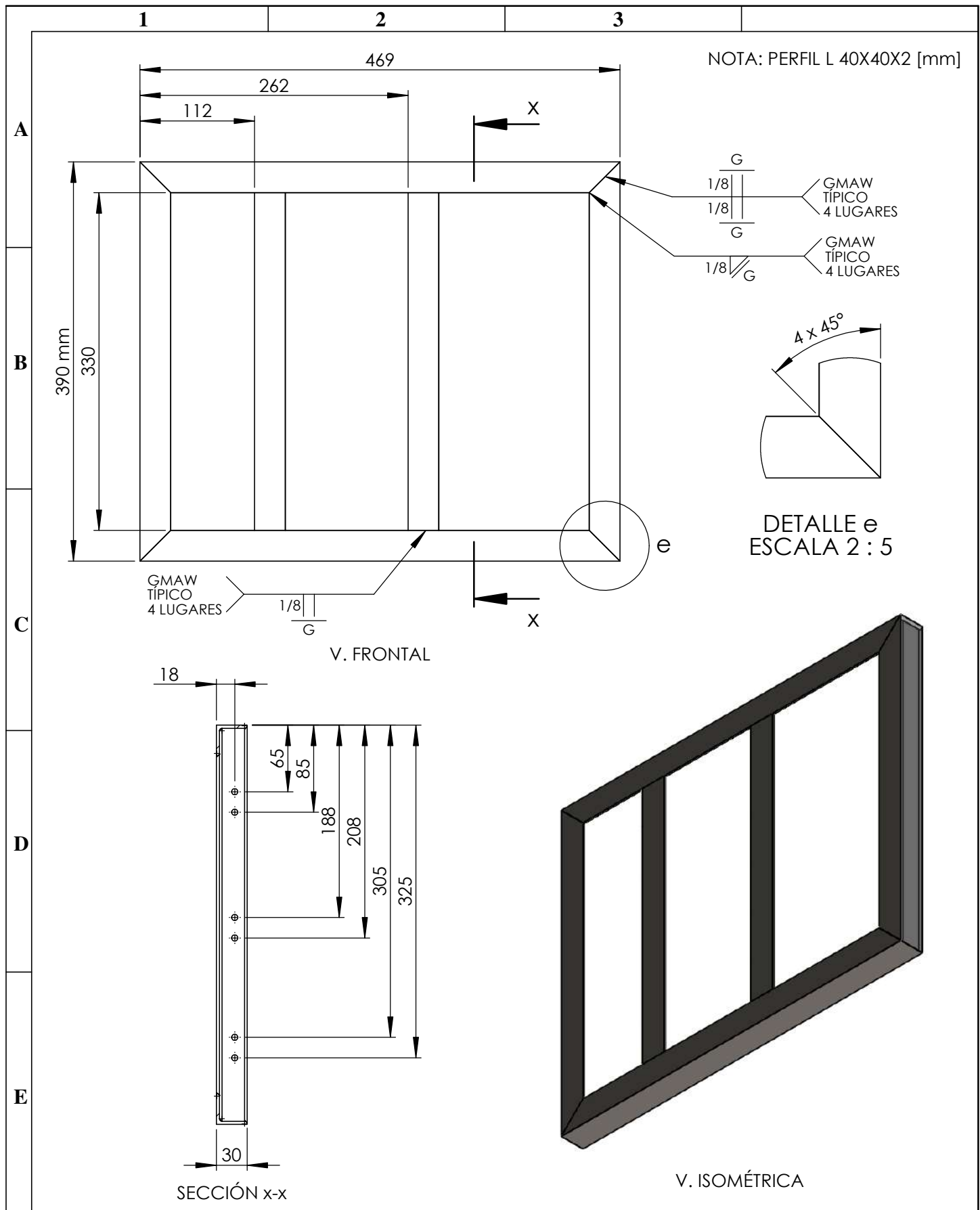


V. SUPERIOR
ESCALA 1 : 5

RÓTULO	EJE X	EYE Y	TAMAÑO
A1	16	49	Ø 9 POR TODO
A2	16	101	Ø 9 POR TODO
A3	16	289	Ø 9 POR TODO
A4	16	341	Ø 9 POR TODO
A5	172	169	Ø 9 POR TODO
A6	172	221	Ø 9 POR TODO
A7	382	49	Ø 9 POR TODO
A8	382	101	Ø 9 POR TODO
A9	382	169	Ø 9 POR TODO
A10	382	221	Ø 9 POR TODO
A11	382	289	Ø 9 POR TODO
A12	382	341	Ø 9 POR TODO
B1	466	20	Ø 6 POR TODO
B2	466	370	Ø 6 POR TODO
C1	490	21	Ø 12 POR TODO
C2	490	369	Ø 12 POR TODO
C3	608	21	Ø 12 POR TODO
C4	608	369	Ø 12 POR TODO

Nº. Lámina: 5		Nº. Hojas: 2 de 2		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@epoch.edu.ec/jorge.suntaxi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616						Denominación: Estructura					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ASTM A-36				14,217	±0,8 [mm]	1:10	
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Revisó	Ing. Santiago López		16/10/2023								
Aprobó	Ing. Santiago Choto		16/10/2023	Nombre de archivo: Estructura.sldprt				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>			





Nº. Lámina: 6		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@epoch.edu.ec/jorge.suntaxi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616						Denominación: Estructura de la mesa de apoyo				Peso [kg] 3,14	Tolerancia ±0,8 [mm]
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ASTM A-36		Nombre de archivo: Estructura mesa.sldprt		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL, O PARCIAL, NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Revisó	Ing. Santiago López	-	16/10/2023								
Aprobó	Ing. Santiago Choto	-	16/10/2023								

1

2

3

4

A4

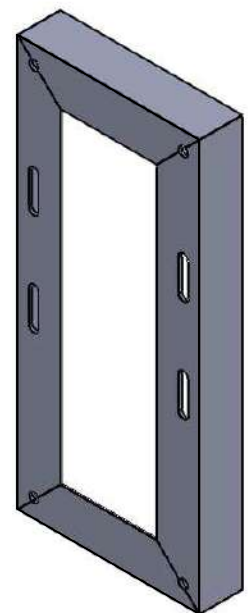
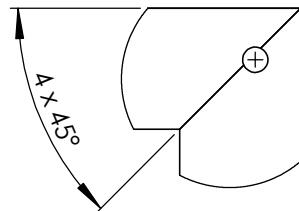
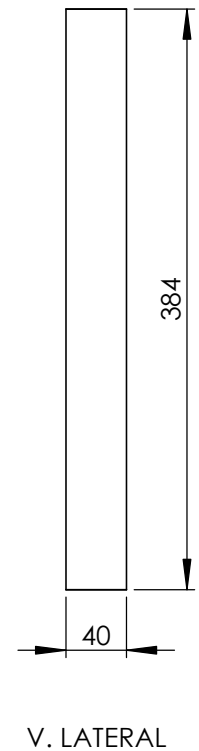
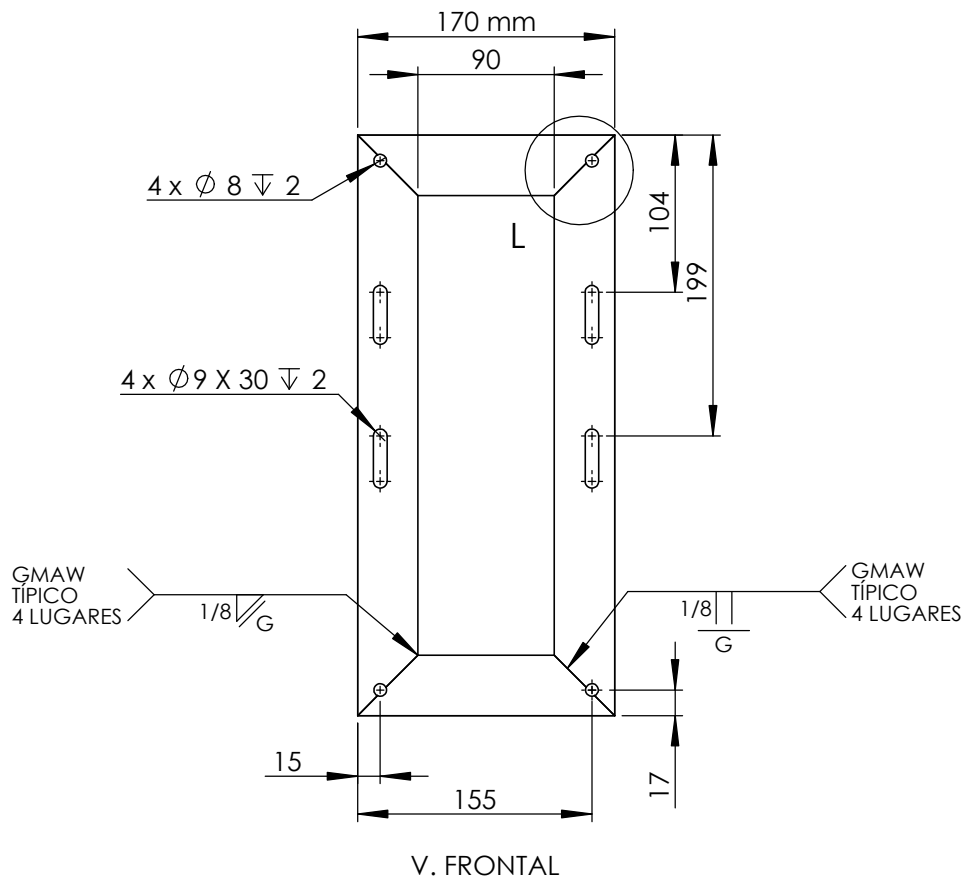
A

B


C

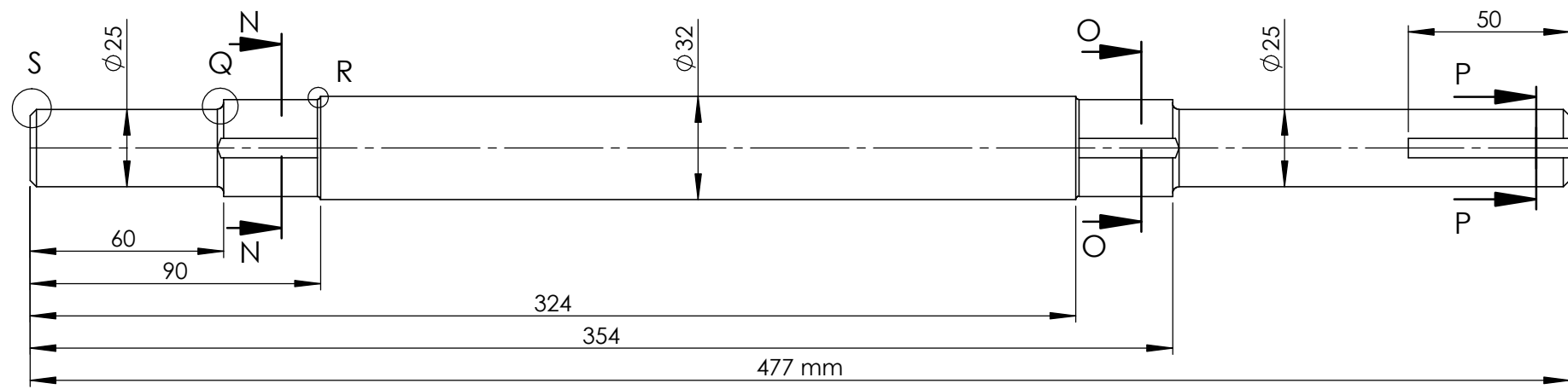
D

E

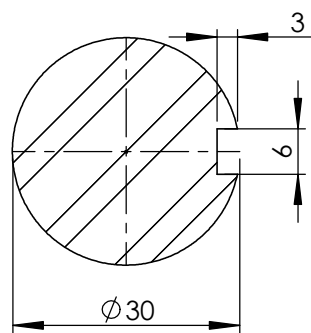


NOTA: PERFIL L 40X40X2 [mm]

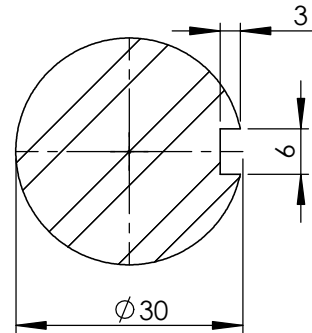
Nº. Lámina: 7		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616				Denominación:		Estructura para el montaje del motor eléctrico				Peso [kg]	Tolerancia
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ASTM A-36				1,80	±0,5 [mm]	1:5	
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023	Nombre de archivo: Estructura motor_.sldprt		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL, O PARCIAL, NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY. 					
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023	Revisó						Aprobó	
Revisó	Ing. Santiago López	-	16/10/2023	Aprobó		Ing. Santiago Choto					



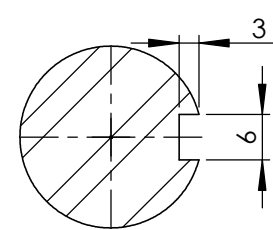
V. FRONTAL



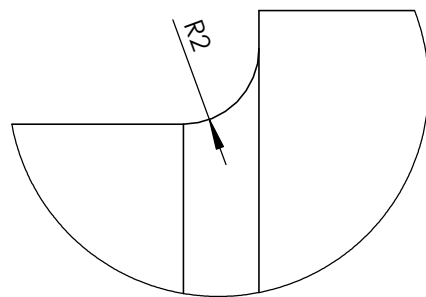
SECCIÓN N-N
ESCALA 1 : 1



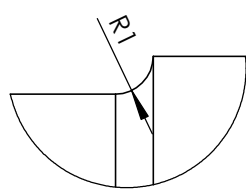
SECCIÓN O-O
ESCALA 1 : 1



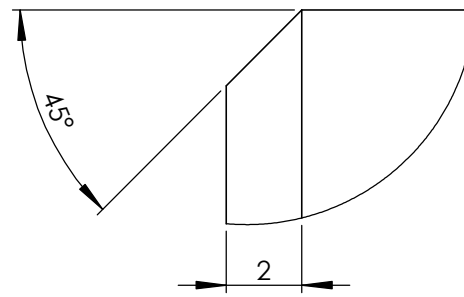
SECCIÓN P-P
ESCALA 1 : 1



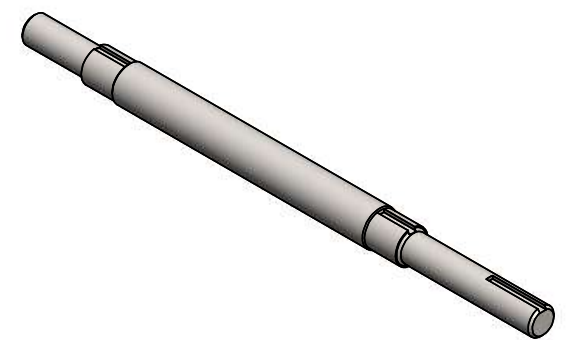
DETALLE Q
ESCALA 5 : 1



DETALLE R
ESCALA 5 : 1



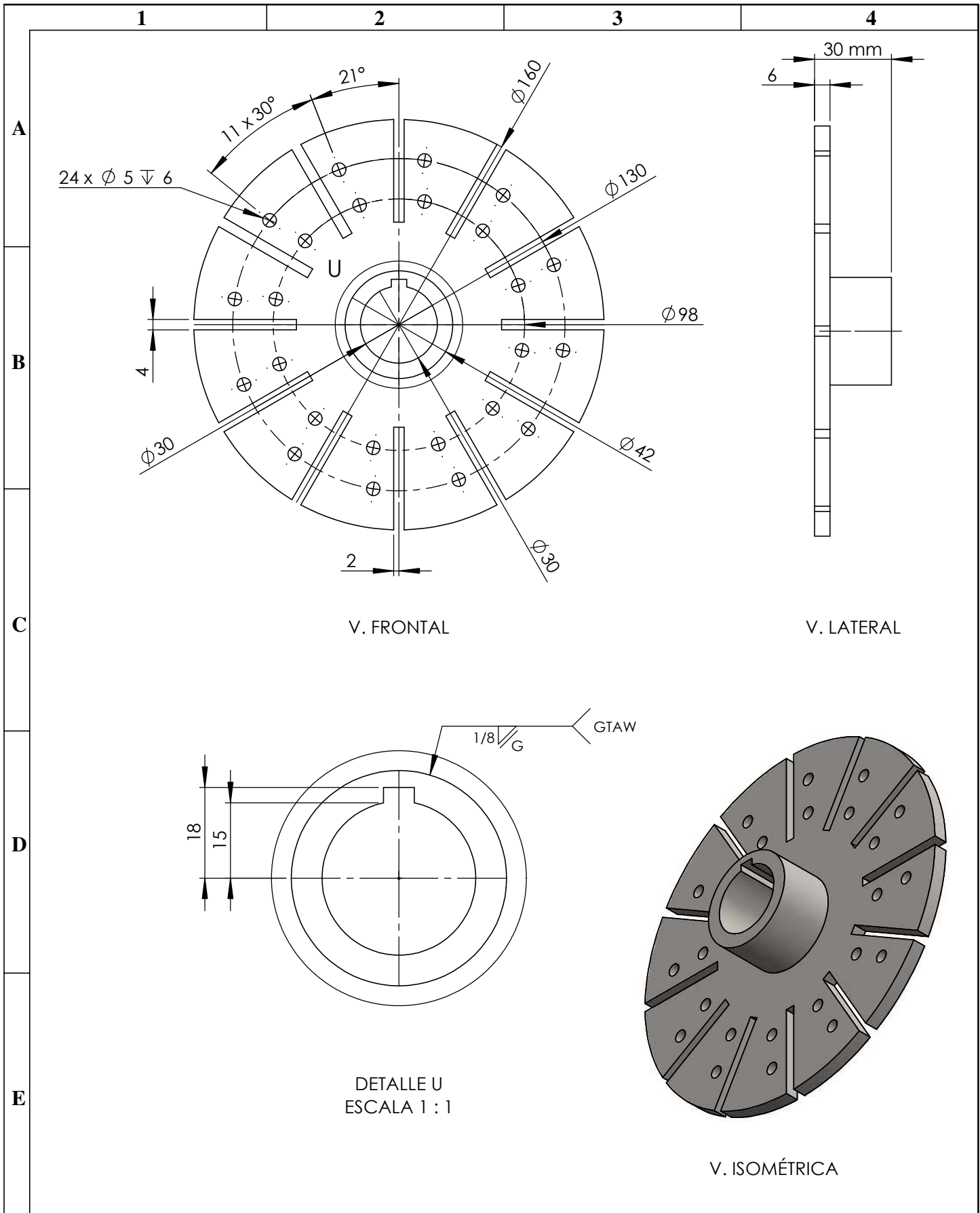
DETALLE S
ESCALA 5 : 1




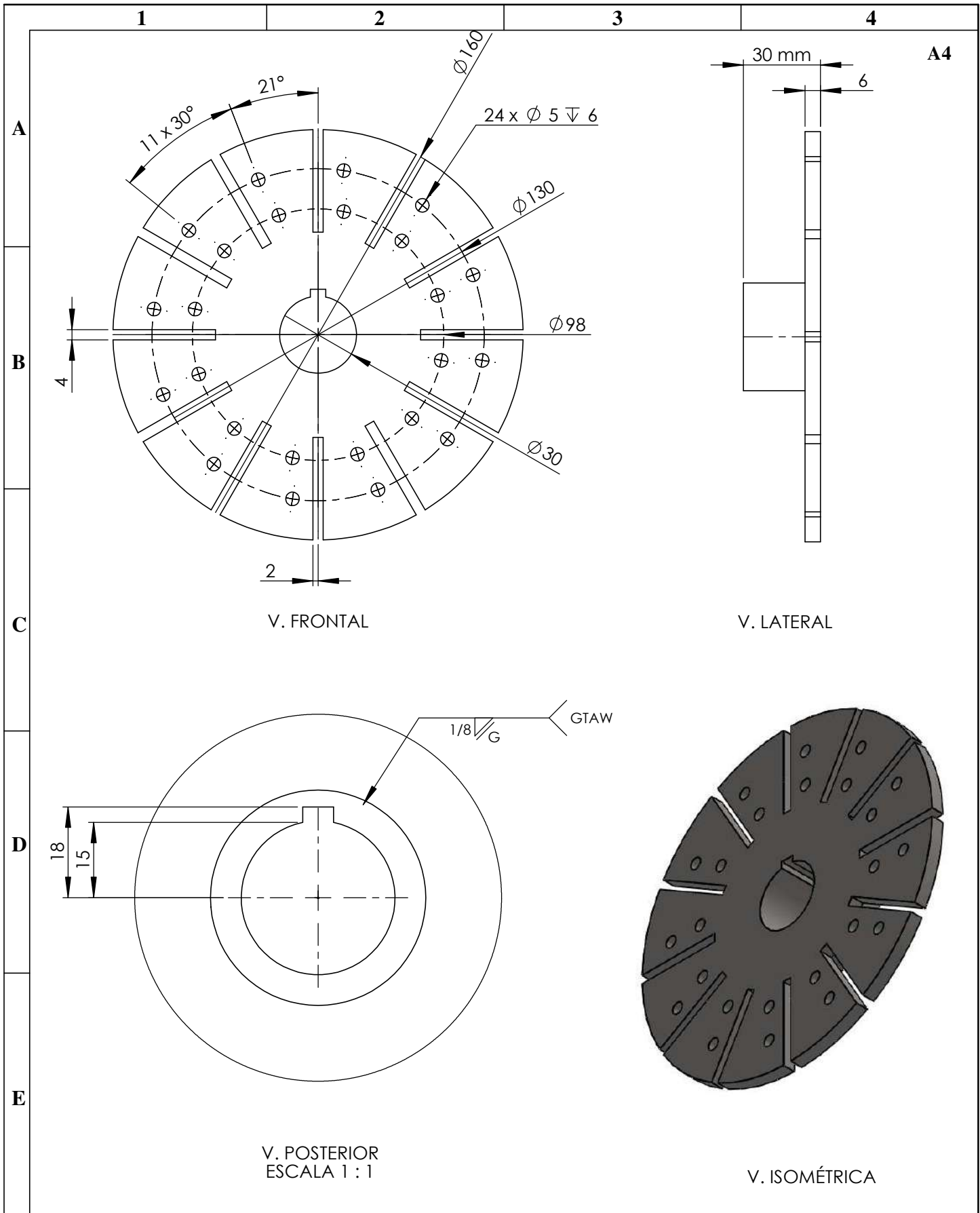
V. ISOMÉTRICA
ESCALA 1 : 5

N°. Lámina: 8		N°. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616						Denominación: Eje de transmisión					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: AISI 304				2,49	±0,5 [mm]	1:2	
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Revisó	Ing. Santiago López	-	16/10/2023								
Aprobó	Ing. Santiago Choto	-	16/10/2023	Nombre de archivo: Eje.sldprt		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.					

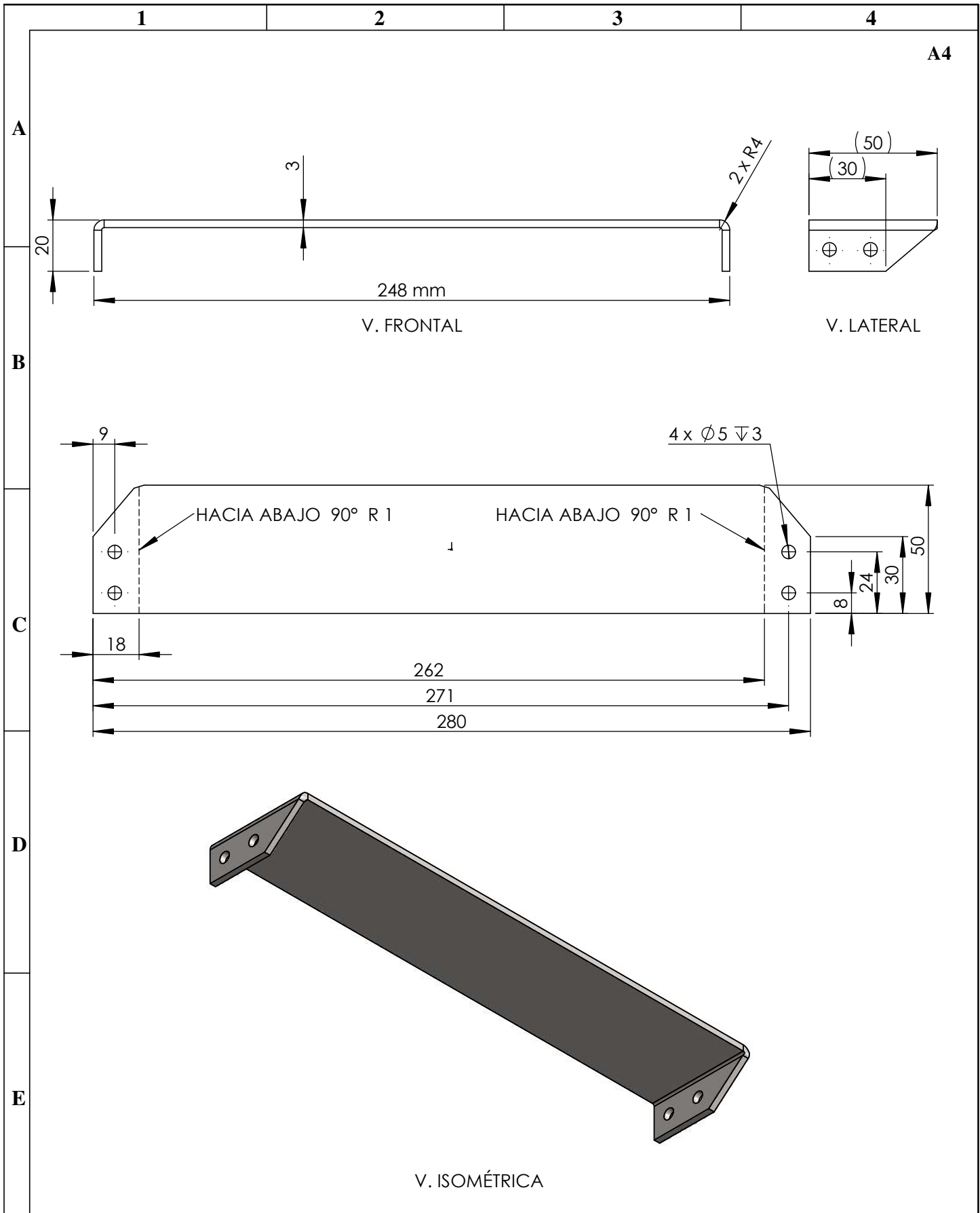




Nº. Lámina: 9		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616				Denominación:		Soporte de cuchilla izquierdo				Peso [kg] 0,939	Tolerancia ±0,5 [mm]
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:		AISI 304		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL, O PARCIAL, NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023	Nombre de archivo:		Soporte de paletas.sldprt					
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023	Revisó		Ing. Santiago López					
Aprobó	Ing. Santiago Choto		16/10/2023	Revisó		Ing. Santiago Choto					



Nº. Lámina: 10		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616				Denominación: Soporte de cuchillas derecho		Peso [kg] 0,939				Tolerancia ±0,5 [mm]
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: AISI 304		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.				
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023	Nombre de archivo: Soporte de paletas SIM.sldprt						
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023							
Revisó	Ing. Santiago López		16/10/2023							
Aprobó	Ing. Santiago Choto		16/10/2023							



Nº. Lámina: 11		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616						Denominación: Cuchilla					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: AISI 304				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL, O PARCIAL, NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Revisó	Ing. Santiago López		16/10/2023								
Aprobó	Ing. Santiago Choto		16/10/2023	Nombre de archivo: Paleta.sldprt							

1

2

3

4

A4

A

V. FRONTAL

469

390 mm

B

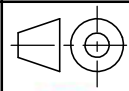

C

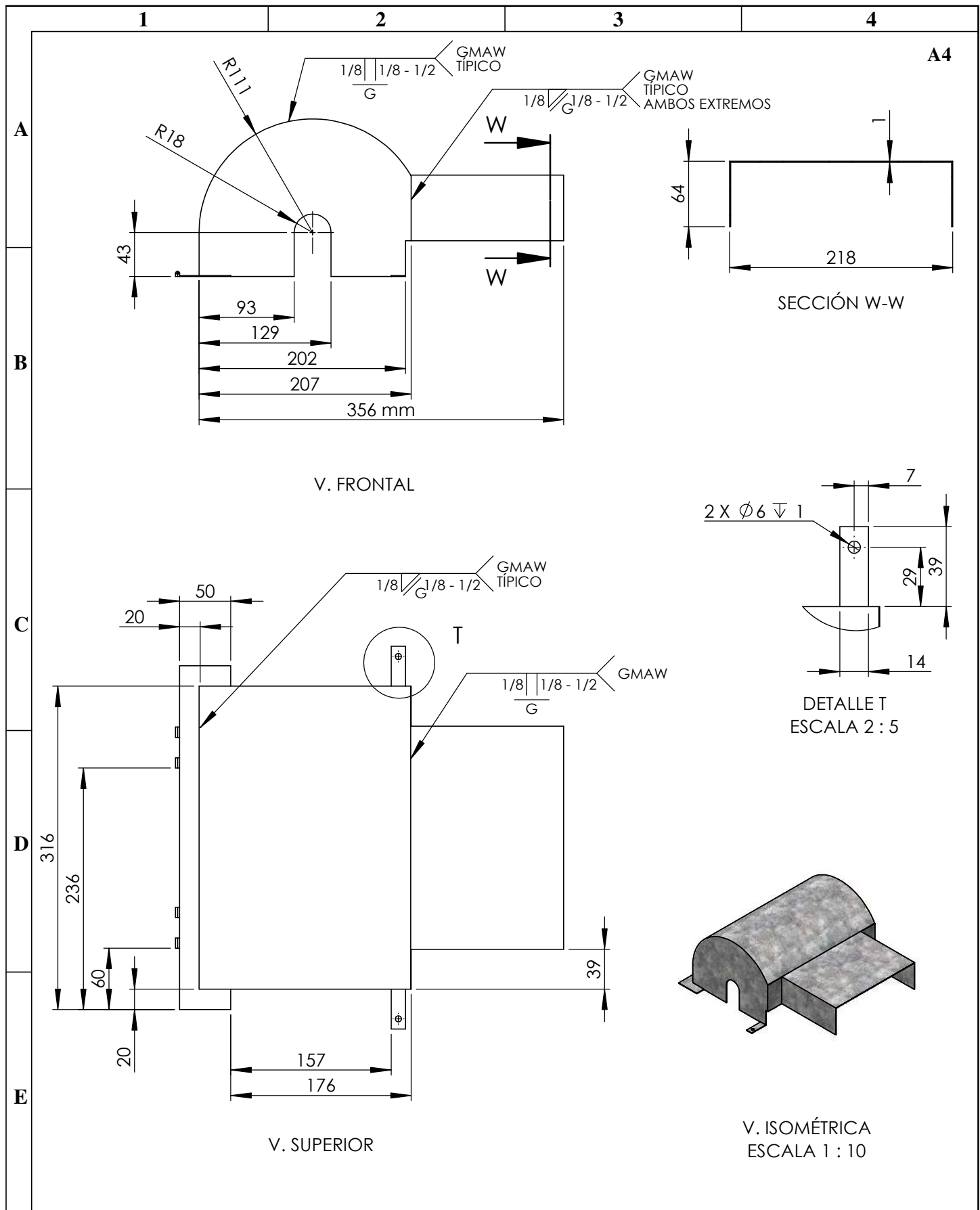
V. SUPERIOR

D

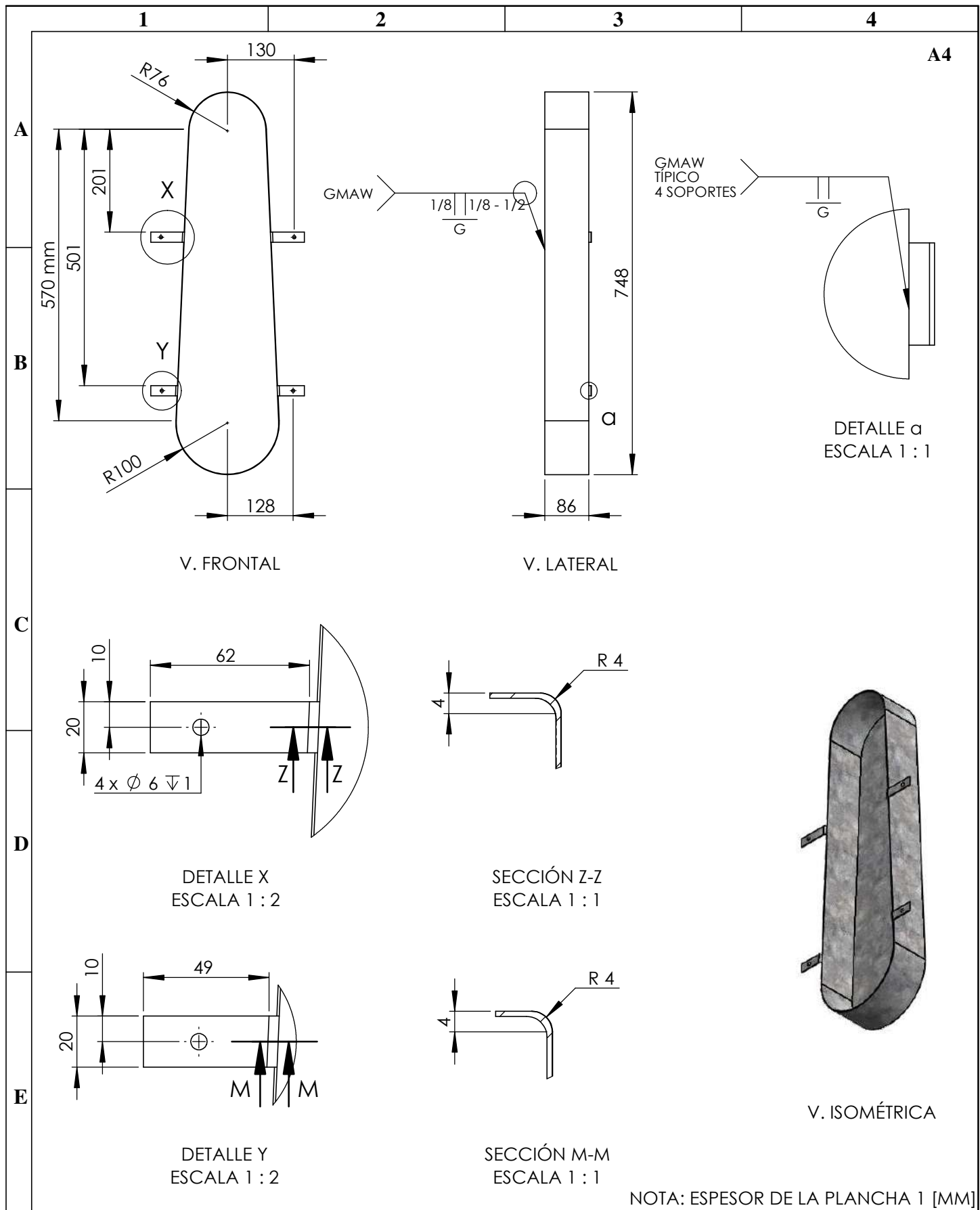
E

V. ISOMÉTRICA

Nº. Lámina: 12		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@epoch.edu.ec/jorge.suntaxi@epoch.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616						Denominación: Plancha para mesa					
Datos	Nombre	Firma	Fecha					1,43	±0,8 [mm]	1:5	
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Revisó	Ing. Santiago López		16/10/2023	Materiales: Acero galvanizado				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.</small> 			
Aprobó	Ing. Santiago Choto		16/10/2023	Nombre de archivo: Mesa.sldprt							

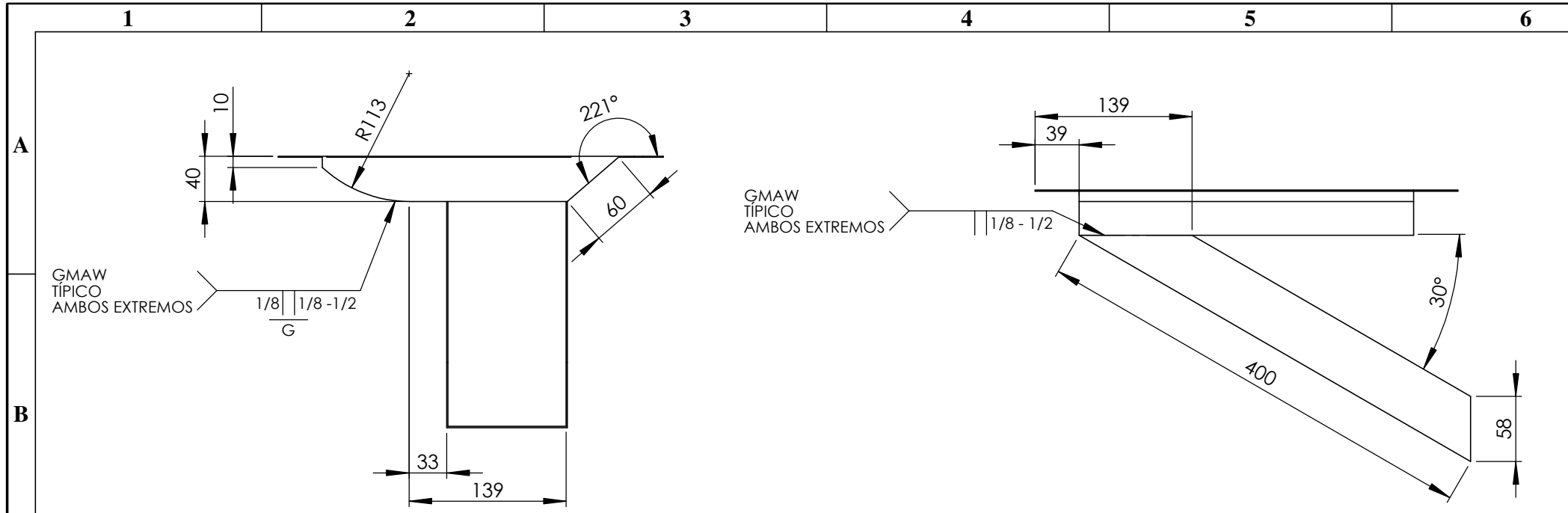


Nº. Lámina: 13		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616				Guarda de tambor desfibrador		Denominación:				Peso [kg]	Tolerancia
Datos	Nombre	Firma	Fecha			Materiales: Acero galvanizado		Nombre de archivo: Tapa de Paleta.sldprt		1,68	±0,2 [mm]
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023	<p>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.</p>							
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Revisó	Ing. Santiago López	-	16/10/2023								
Aprobó	Ing. Santiago Choto	-	16/10/2023								



NOTA: ESPESOR DE LA PLANCHA 1 [MM]

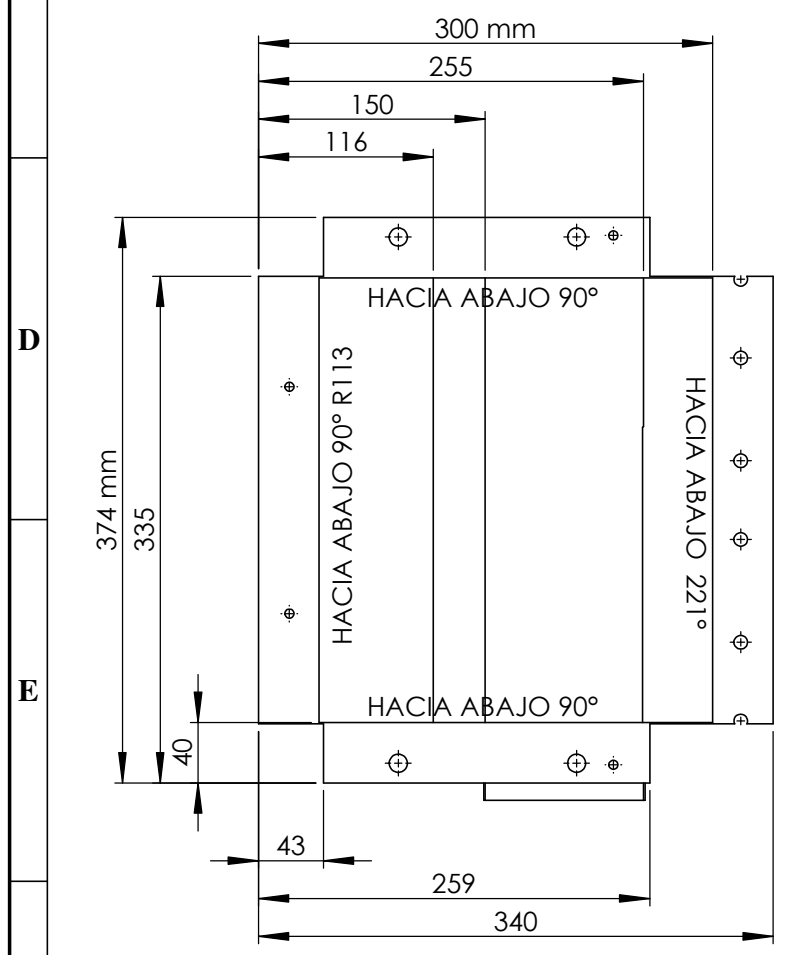
Nº. Lámina: 14		Nº. Hojas: 1 de 1		Sustitución:		Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/0988468616				Denominación:		Guarda de seguridad para sistema de transmisión				Peso [kg]	Tolerancia
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: Acero galvanizado				2,16	±0,8 [mm]	1:10	
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023	Nombre de archivo: Tapa de banda.sldprt		<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>					
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023								
Revisó	Ing. Santiago López	-	16/10/2023								
Aprobó	Ing. Santiago Choto	-	16/10/2023								



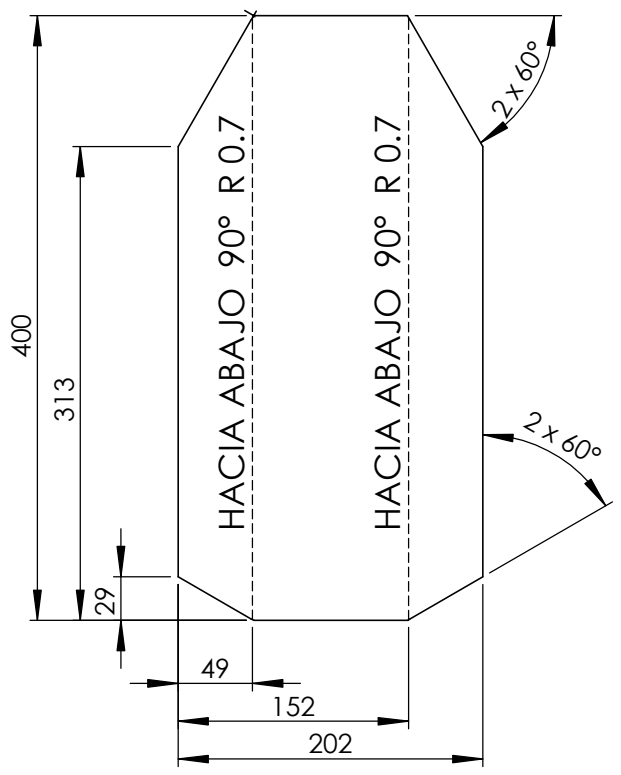
V. FRONTAL

V. LATERAL

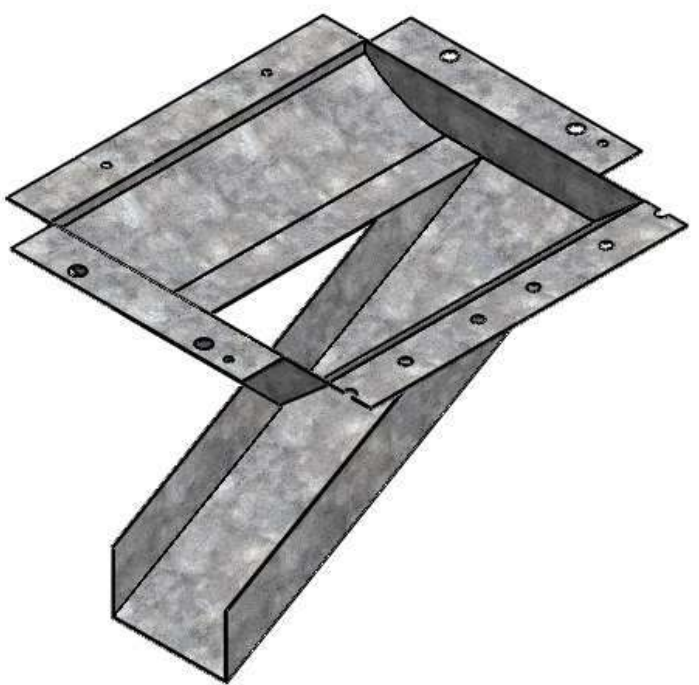
RÓTULO	X	Y	TAMAÑO A3
A1	20	112	Ø 6 POR TODO
A2	20	262	Ø 6 POR TODO
A3	235	12	Ø 6 POR TODO
A4	235	362	Ø 6 POR TODO
B1	92	13	Ø 12 POR TODO
B2	92	361	Ø 12 POR TODO
B3	210	13	Ø 12 POR TODO
B4	210	361	Ø 12 POR TODO
C1	170	187	Ø 10 POR TODO
C2	170	41	Ø 10 POR TODO
D1	319	93	Ø 9 POR TODO
D2	319	161	Ø 9 POR TODO
D3	319	213	Ø 9 POR TODO
D4	319	281	Ø 9 POR TODO



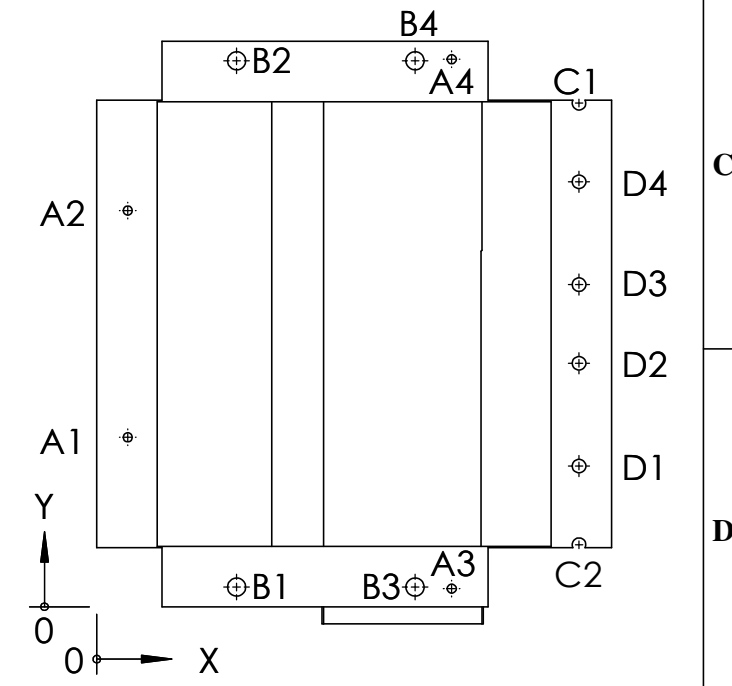
V. SUPERIOR



BANDEJA DE SALIDA CHAPA DESPLEGADA



V. ISOMÉTRICA ESCALA 1 : 5



V. NIVEL 2

Nº. Lámina: 15	Nº. Hojas: 1 de 1	Sustitución:	Codificación: FM-EIM-UIC-P-001-12-2023	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: geovanny.moyon@esPOCH.edu.ec/jorge.suntaxi@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0991845319/09888468616			Denominación: Guarda de residuos				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: Acero galvanizado			
Proyectó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023				
Dibujó	Moyon G. Santiago Suntaxi P. Jorge	-	16/10/2023				
Revisó	Ing. Santiago López	-	16/10/2023				
Aprobó	Ing. Santiago Choto	-	16/10/2023	Nombre de archivo: Tapa de residuos.sldprt			

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: ESPOCH-F.M.-E.I.M. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DE AUTOR PENADA POR LA LEY.





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 12 / 01 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: GEOVANNY SANTIAGO MOYÓN GADVAY JORGE LEONARDO SUNTAXI PACHACAMA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: MECÁNICA
Título a optar: INGENIERO MECÁNICO
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.

2198-DBRA-UPT-2023

