



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO MÓVIL PARA LA
ALINEACIÓN DE POLEAS POR LÁSER EN EL LABORATORIO
DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES:

AUGUSTO ALEJANDRO POLO LOJA

JORGE URIEL RIVERA FREIRE

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO MÓVIL PARA LA
ALINEACIÓN DE POLEAS POR LÁSER EN EL LABORATORIO
DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: AUGUSTO ALEJANDRO POLO LOJA

JORGE URIEL RIVERA FREIRE

DIRECTORA: ING. EUGENIA MERCEDES NARANJO VARGAS

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Augusto Alejandro Polo Loja & Jorge Uriel Rivera Freire

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 de Autor.

Nosotros, Augusto Alejandro Polo Loja y Jorge Uriel Rivera Freire, 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, 20 de agosto de 2024






Augusto Alejandro Polo Loja
C.I.: 0603925769



Jorge Uriel Rivera Freire
C.I.: 1600590903

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO MÓVIL PARA LA ALINEACIÓN DE POLEAS POR LÁSER EN EL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**, realizado por los señores: **AUGUSTO ALEJANDRO POLO LOJA Y JORGE URIEL RIVERA FREIRE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal 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. Marco Antonio Ordóñez Viñán PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-08-20
Ing. Eugenia Mercedes Naranjo Vargas DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-08-20
Ing. Félix Antonio García Mora ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-08-20

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar este Trabajo de Integración Curricular a Dios, por haberme dado la sabiduría, fuerza e inteligencia para poder llegar a concluir mi carrera universitaria, a mi hijo Matias Alejandro quien es la razón fundamental de mi ser y por quien aspiro a seguir alcanzando éxitos y metas profesionales.

Augusto

Quiero dedicar este Trabajo de Integración Curricular a Dios por darme la vida, la salud y la fuerza para no decaer a pesar de las adversidades que se presentaban en el camino del aprendizaje, a mis padres para ellos son este logro que es el resultado de su sacrificio del arduo trabajo para darme una educación digna, a mis hijas Eimy y Valentina que son mi inspiración para cada día ser mejor como persona y futuro profesional y a mi familia que nunca dejaron de apoyarme moralmente.

Jorge

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar expresando mi profundo agradecimiento a mis padres Lilian y Marcelo, a mi abuela Cecilia, a mis tías Verónica y Cecilia y a mi nana Carmen por siempre haberme apoyado, aconsejado y acompañado durante mi trayectoria estudiantil. Asimismo, quiero agradecer a mis primos Marco y Fernando quienes fueron un factor fundamental para que pueda iniciar y culminar mi carrera universitaria, también quiero agradecer a todas las autoridades institucionales y docentes que pude conocer y me brindaron su apoyo durante mi etapa como dirigente estudiantil en la Asociación de Estudiantes y en la FEPOCH, para finalizar quiero agradecer infinitamente al Ing. Félix García y a la Ing. Eugenia Naranjo por habernos guiado y acompañado en el desarrollo de este Trabajo de Integración Curricular.

Augusto

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia por su incondicional apoyo y amor durante todo este proceso de preparación como profesional. Su paciencia, comprensión y ánimo fueron fundamentales para que pudiera completar esta meta con éxito. También quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza, la sabiduría y la inspiración necesarias para llevar a cabo esta lucha de resistencia. Su guía y protección han sido mi luz en los momentos de dificultad y duda, y por ello le estoy eternamente agradecido. Por último, quiero agradecer a todos mis amigos, compañeros de clase, profesores y demás personas que de alguna manera contribuyeron a la culminación de esta meta. Su colaboración, consejos y palabras de aliento fueron de gran ayuda y me impulsaron a superar los obstáculos que se presentaron en el camino. Sin el apoyo de todos ustedes, este logro no hubiera sido posible. Gracias de todo corazón.

Jorge

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Sistemas de transmisión correa-polea.....	6
2.2. Correas trapezoidales	7
2.3. Poleas	10
2.4. Cálculo y selección del sistema de transmisión correa-polea.....	11
2.4.1. <i>Selección del motor eléctrico</i>	11
2.4.2. <i>Relación de transmisión</i>	12
2.4.3. <i>Potencia corregida</i>	12
2.4.4. <i>Selección de la correa</i>	14
2.4.5. <i>Diámetro de las poleas motriz y conducida</i>	15
2.4.6. <i>Distancia entre centros</i>	15
2.4.7. <i>Longitud de la correa</i>	15
2.4.8. <i>Distancia entre ejes corregida</i>	16

2.4.9.	<i>Ángulo de abrazamiento sobre la polea pequeña</i>	16
2.4.10.	<i>Potencia transmitida</i>	16
2.4.11.	<i>Número de correas</i>	17
2.4.12.	<i>Fuerza periférica</i>	17
2.4.13.	<i>Fuerza de pretensado</i>	18
2.4.14.	<i>Fuerza en los ramales</i>	18
2.4.15.	<i>Fuerza sobre el eje en funcionamiento</i>	19
2.5.	Mantenimiento del sistema de transmisión correa-polea	19
2.6.	Inspección del sistema de transmisión correa-polea	20
2.6.1.	<i>Correas</i>	20
2.6.2.	<i>Poleas</i>	20
2.6.3.	<i>Cubiertas de protección</i>	21
2.6.4.	<i>Otros</i>	21
2.7.	Fallos en los sistemas de transmisión correa-polea	21
2.7.1.	<i>Rotura de la correa</i>	22
2.7.2.	<i>Desgaste excesivo</i>	22
2.7.3.	<i>Ruido en la transmisión</i>	22
2.7.4.	<i>Retorcimiento o salida de las correas respecto de las poleas</i>	23
2.8.	Desalineación del sistema de transmisión correa-polea	23
2.9.	Alineación del sistema de transmisión correa-polea	24
2.9.1.	<i>Métodos tradicionales para alinear el sistema de transmisión correa-polea</i>	26
2.9.2.	<i>Método de alineación láser del sistema de transmisión correa-polea</i>	26
2.9.2.1.	<i>Alineador láser de poleas PAT II</i>	26
2.10.	Mesa elevadora hidráulica	28

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO MÓVIL PARA LA ALINEACIÓN DE POLEAS POR LÁSER	30
3.1.	Localización geográfica del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo	30
3.2.	Metodología de diseño	31
3.3.	Planificar (Plan)	31
3.3.1.	<i>Plan de acción</i>	32
3.3.2.	<i>Identificación de las necesidades</i>	32
3.3.3.	<i>Especificaciones y características técnicas</i>	33
3.3.3.1.	<i>Móvil</i>	33

3.3.3.2.	<i>Diseño didáctico y formativo</i>	33
3.3.3.3.	<i>Compacto, económico y ergonómico</i>	33
3.3.3.4.	<i>Ensamblable</i>	34
3.3.3.5.	<i>Fiable</i>	34
3.3.3.6.	<i>Mantenibilidad</i>	34
3.4.	Hacer (Do)	34
3.4.1.	<i>Cálculos y selección de los componentes</i>	34
3.4.1.1.	<i>Cálculo de la relación de transmisión</i>	35
3.4.1.2.	<i>Cálculo de la potencia corregida</i>	36
3.4.1.3.	<i>Selección del perfil de la correa</i>	36
3.4.1.4.	<i>Verificación del diámetro seleccionado de la polea conducida</i>	36
3.4.1.5.	<i>Cálculo de la distancia entre centros</i>	37
3.4.1.6.	<i>Cálculo de la longitud de la correa</i>	38
3.4.1.7.	<i>Cálculo de la distancia entre ejes corregida</i>	38
3.4.1.8.	<i>Selección del coeficiente de rozamiento</i>	39
3.4.1.9.	<i>Cálculo del ángulo de abrazamiento sobre la polea pequeña</i>	40
3.4.1.10.	<i>Cálculo de la potencia transmitida</i>	40
3.4.1.11.	<i>Cálculo del número de correas</i>	42
3.4.1.12.	<i>Cálculo de la fuerza periférica</i>	43
3.4.1.13.	<i>Cálculo de la fuerza de pretensado</i>	44
3.4.1.14.	<i>Cálculo de la fuerza en los ramales</i>	44
3.4.1.15.	<i>Cálculo de la fuerza sobre el eje en funcionamiento</i>	45
3.4.1.16.	<i>Cálculo de la fuerza que ejerce la polea conducida en el eje</i>	46
3.4.1.17.	<i>Cálculo del torque producido en el eje</i>	46
3.4.1.18.	<i>Cálculo de la fuerza total</i>	47
3.4.1.19.	<i>Momento cortante y momento máximo</i>	47
3.4.1.20.	<i>Cálculo del diámetro mínimo requerido del eje</i>	49
3.4.1.21.	<i>Selección de las chumaceras</i>	51
3.4.2.	<i>Diseño a detalle en el Software Académico SolidWorks</i>	52
3.4.2.1.	<i>Placa base</i>	52
3.4.2.2.	<i>Caja del motor</i>	53
3.4.2.3.	<i>Placa móvil</i>	53
3.4.2.4.	<i>Estructura de la máquina conducida</i>	54
3.4.2.5.	<i>Eje de la máquina conducida</i>	54
3.4.2.6.	<i>Chumacera UCP 205-16</i>	55
3.4.2.7.	<i>Disco de desbalanceo</i>	55

3.4.2.8.	<i>Polea TB-SPA (Buje cónico)</i>	56
3.4.2.9.	<i>Eje de acople motor-polea</i>	57
3.4.2.10.	<i>Sujetadores de la caja del motor</i>	58
3.4.2.11.	<i>Bocín del disco de desbalanceo</i>	58
3.4.2.12.	<i>Esquema general del módulo móvil para la alineación de poleas por láser</i>	59
3.5.	Verificar	59
3.5.1.	<i>Revisión de los cálculos y selección de componentes</i>	59
3.6.	Actuar	59
3.6.1.	<i>Ajustes y mejoras en el diseño</i>	60
3.6.2.	Documentación final	61
3.6.2.1.	<i>Planos mecánicos iniciales</i>	61
3.6.2.2.	<i>Lista de materiales y componentes a utilizar</i>	61
3.6.2.3.	<i>Codificación técnica</i>	62

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	64
4.1.	Comparación del diseño CAD con el diseño físico	64
4.2.	Margen de error	65
4.3.	Resultados del proceso de manufactura y ensamblaje	65
4.3.1.	Procesos de manufactura	66
4.3.1.1.	<i>Manufactura de la placa base</i>	66
4.3.1.2.	<i>Manufactura de la caja del motor</i>	67
4.3.1.3.	<i>Manufactura de la placa móvil del motor</i>	68
4.3.1.4.	<i>Manufactura de la estructura de la máquina conducida</i>	69
4.3.1.5.	<i>Manufactura del eje de la máquina conducida</i>	69
4.3.1.6.	<i>Manufactura del disco de desbalanceo</i>	70
4.3.1.7.	<i>Manufactura del eje de acople motor-polea</i>	71
4.3.1.8.	<i>Manufactura de los sujetadores de la caja del motor</i>	72
4.3.2.	Proceso de ensamblaje	72
4.3.2.1.	<i>Ensamblaje de la máquina motriz</i>	72
4.3.2.2.	<i>Ensamblaje de la máquina conducida</i>	73
4.3.2.3.	<i>Ensamblaje final</i>	74
4.3.3.	Pruebas de funcionamiento	75
4.3.3.1.	<i>Simulación y corrección de la desalineación paralela</i>	77
4.3.3.2.	<i>Simulación y corrección de la desalineación angular vertical</i>	84

4.4.	Análisis de costos	88
4.5.	Guía de laboratorio	89
4.6.	Plan de mantenimiento.....	89

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1.	Conclusiones.....	90
5.2.	Recomendaciones.....	91

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Dimensiones de las correas trapecoidales o en V.....	9
Tabla 2-2: Datos técnicos del motor eléctrico WEG	11
Tabla 2-3: Factor de servicio (C2)	13
Tabla 2-4: Desalineaciones máximas recomendables en poleas.....	24
Tabla 2-5: Datos técnicos de la mesa elevadora	28
Tabla 3-1: Plan de acción.....	32
Tabla 3-2: Criterios iniciales de la selección de componentes.....	35
Tabla 3-3: Criterios finales de la selección de componentes	52
Tabla 3-4: Análisis y mejoras del diseño	60
Tabla 3-5: Detalle de materiales y componentes	61
Tabla 3-6: Codificación a nivel de planta	62
Tabla 3-7: Codificación a nivel de área	62
Tabla 3-8: Codificación a nivel de sistema.....	62
Tabla 3-9: Codificación a nivel de equipo	63
Tabla 3-10: Ejemplo de codificación técnica.....	63
Tabla 4-1: Comparativa del módulo móvil	64
Tabla 4-2: Costos directos e indirectos	88

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Sistema de transmisión	6
Ilustración 2-2:	Diseños de correas	7
Ilustración 2-3:	Correa dentada	7
Ilustración 2-4:	Correa trapezoidal.....	8
Ilustración 2-5:	Clases de poleas	10
Ilustración 2-6:	Motor eléctrico WEG.....	11
Ilustración 2-7:	Esquema de la relación de transmisión	12
Ilustración 2-8:	Diagrama de selección de la correa clásica trapezoidal	14
Ilustración 2-9:	Fuerza sobre el eje	19
Ilustración 2-10:	Inspección de la polea.....	21
Ilustración 2-11:	Desalineación de poleas.....	23
Ilustración 2-12:	Desalineación angular horizontal (A) y vertical (B).....	24
Ilustración 2-13:	Desalineación paralela	24
Ilustración 2-14:	Métodos tradicionales de alineación.....	26
Ilustración 2-15:	Alineador láser PAT II.....	27
Ilustración 2-16:	Posición de la línea láser.....	27
Ilustración 2-17:	Mesa elevadora	28
Ilustración 2-18:	Dimensiones de la mesa elevadora	29
Ilustración 3-1:	Ubicación del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo	30
Ilustración 3-2:	Ciclo PDCA	31
Ilustración 3-3:	Selección de la correa	38
Ilustración 3-4:	Selección del valor de la potencia nominal.....	40
Ilustración 3-5:	Suplemento de potencia.....	41
Ilustración 3-6:	Selección del factor del ángulo de contacto.....	41
Ilustración 3-7:	Factor de desarrollo	42
Ilustración 3-8:	Peso de la polea.....	46
Ilustración 3-9:	Diagrama de carga	48
Ilustración 3-10:	Diagrama de corte.....	48
Ilustración 3-11:	Diagrama de momento.....	48
Ilustración 3-12:	Chumacera seleccionada.....	51
Ilustración 3-13:	Placa base.....	53
Ilustración 3-14:	Caja del motor.....	53
Ilustración 3-15:	Placa móvil	54

Ilustración 3-16: Soporte base	54
Ilustración 3-17: Eje	55
Ilustración 3-18: UCP 205-16	55
Ilustración 3-19: Disco de desbalanceo.....	56
Ilustración 3-20: Polea TB-SPA.....	56
Ilustración 3-21: Buje cónico	57
Ilustración 3-22: Acople motor-polea	57
Ilustración 3-23: Sujetador de la caja del motor.....	58
Ilustración 3-24: Bocín.....	58
Ilustración 3-25: Esquema general del módulo móvil.....	59
Ilustración 4-1: Manufactura placa base.....	67
Ilustración 4-2: Manufactura caja del motor	68
Ilustración 4-3: Manufactura de la placa móvil.....	68
Ilustración 4-4: Manufactura de la estructura conducida	69
Ilustración 4-5: Manufactura del eje conducido	70
Ilustración 4-6: Manufactura del disco de desbalanceo	71
Ilustración 4-7: Manufactura del eje de acople	71
Ilustración 4-8: Manufactura de los sujetadores.....	72
Ilustración 4-9: Ensamblaje de la máquina motriz.....	73
Ilustración 4-10: Ensamblaje de la máquina conducida	74
Ilustración 4-11: Ensamblaje final del módulo móvil	75
Ilustración 4-12: Carro porta herramientas	76
Ilustración 4-13: Alineador láser PAT II.....	76
Ilustración 4-14: SKF Belt Frequency.....	76
Ilustración 4-15: Sistema de niveles.....	77
Ilustración 4-16: Montaje de las correas	77
Ilustración 4-17: Alineación de correas.....	78
Ilustración 4-18: Simulación de la desalineación paralela	78
Ilustración 4-19: Montaje de los alineadores láser	79
Ilustración 4-20: Desalineación en la polea motriz	79
Ilustración 4-21: Desalineación en la polea conducida	79
Ilustración 4-22: Proceso de alineación.....	80
Ilustración 4-23: Poleas alineadas	80
Ilustración 4-24: Pretensado de las correas	81
Ilustración 4-25: Valor de masa de la correa.....	82
Ilustración 4-26: Verificación de tensión	82

Ilustración 4-27: Proceso de golpeo	83
Ilustración 4-28: Valor de tensión requerida.....	83
Ilustración 4-29: Valor final	84
Ilustración 4-30: Parte posterior de la caja del motor.....	84
Ilustración 4-31: Ajuste de las contratuercas.....	85
Ilustración 4-32: Desalineación angular vertical	85
Ilustración 4-33: Desalineación existente.....	86
Ilustración 4-34: Alineación de la caja del motor	86
Ilustración 4-35: Corrección de la desalineación	87
Ilustración 4-36: Tensado final.....	87

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1: Relación de transmisión.....	12
Ecuación 2-2: Potencia corregida	12
Ecuación 2-3: Diámetro de la polea conducida.....	15
Ecuación 2-4: Velocidad tangencial	15
Ecuación 2-5: Distancia entre centros.....	15
Ecuación 2-6: Longitud de la banda	15
Ecuación 2-7: Distancia entre ejes corregida.....	16
Ecuación 2-8: Ángulo de abrazamiento	16
Ecuación 2-9: Potencia de la correa.....	16
Ecuación 2-10: Potencia transmitida.....	17
Ecuación 2-11: Número de correas.....	17
Ecuación 2-12: Momento resistente.....	17
Ecuación 2-13: Fuerza periférica	17
Ecuación 2-14: Fuerza de pretensado inicial	18
Ecuación 2-15: Fuerza de pretensado final.....	18
Ecuación 2-16: Fuerza de ramal uno.....	18
Ecuación 2-17: Fuerza de ramal dos.....	18
Ecuación 2-18: Fuerza sobre el eje	19
Ecuación 3-1: Fuerza de la polea conducida.....	46
Ecuación 3-2: Torque producido en el eje	46
Ecuación 3-3: Fuerza total	47
Ecuación 3-4: Criterio de Von Mises.....	49
Ecuación 4-1: Cálculo del SPAM.....	81

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PLANOS MECÁNICOS

ANEXO B: GUÍA DE LABORATORIO

ANEXO C: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO D: MTS – MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO E: TIS – MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO F: PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

ANEXO G: MTS – MANTENIMIENTO CORRECTIVO

ANEXO H: MTS – MANTENIMIENTO CORRECTIVO

RESUMEN

Actualmente el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica no cuenta con un módulo que permita realizar prácticas de laboratorio en el área de la alineación de poleas, convirtiéndose en un problema en el aprendizaje del estudiantado, ya que al no dominar estas destrezas pueden ser menos competitivos en su futuro entorno laboral. Por lo cual, el objetivo del presente Trabajo de Integración Curricular fue implementar un módulo móvil para la alineación de poleas por láser. Para la fase de diseño y construcción, se empleó la metodología de gestión de calidad (Ciclo Plan, Do, Check, Act), que incluye cuatro etapas: planificar, hacer, verificar y actuar. Inicialmente, se elaboró un plan de acción, identificando las necesidades, especificaciones y características técnicas requeridas. Luego, se realizaron los cálculos necesarios y se seleccionaron los componentes para su diseño en un software CAD (Diseño Asistido por Computadora). Posteriormente, se revisaron los cálculos, se validó la selección de componentes y se realizaron ajustes en el diseño, preparando la documentación necesaria para iniciar el proceso de manufactura y ensamblaje. logrando obtener un producto final que cumple con los estándares de calidad establecidos. Las pruebas de funcionamiento se enfocaron en simular y corregir dos tipos de desalineación de poleas, como lo son la desalineación angular vertical y desalineación paralela, respaldando la eficacia y precisión del módulo bajo condiciones de operación esperadas. Finalmente, la implementación fue exitosa, ya que se fabricó un módulo móvil, didáctico, preciso, seguro y funcional, diseñado para proporcionar un aprendizaje efectivo y cumplir con todos los estándares técnicos y académicos requeridos. Además, se elaboró la documentación de respaldo, incluyendo la guía de laboratorio y el plan de mantenimiento, lo que garantiza una operación correcta, un mantenimiento adecuado y una vida útil prolongada.

Palabras clave: <ALINEACIÓN POR LÁSER> <DESALINEACIÓN DE POLEAS> <CORREAS TRAPEZOIDALES> <SISTEMA DE TRANSMISIÓN> <CICLO PDCA> <SOFTWARE CAD> <PROCESOS DE MANUFACTURA Y ENSAMBLAJE> <ESTÁNDARES DE CALIDAD>.

1247-DBRAI-UPT-2024



SUMMARY

Currently, the Corrective Maintenance Laboratory of Mechanics Faculty does not have a module that allows laboratory practices about a pulley alignment, becoming a problem in student learning since, by not mastering these skills, they can be less competitive in their future work environment. Therefore, the objective of this Curricular Integration Work was to implement a mobile module for the alignment of pulleys by laser. The quality management methodology (Plan, Do, Check, Act Cycle) was used for the design and construction phase, which includes four stages: plan, do, check, and act. Initially, an action plan was developed to identify the needs, specifications, and required technical characteristics. Then, the necessary calculations were made, and the components were selected for CAD (Computer Aided Design) software design. Subsequently, the calculations were reviewed, the selection of components was validated, and adjustments were made to the design; preparing the necessary documentation to begin the manufacturing and assembly process, they obtained a final product that met the established quality standards. The functional tests focused on simulating and correcting two types of pulley misalignment, such as vertical angular misalignment and parallel misalignment, supporting the effectiveness and precision of the module under expected operating conditions. Finally, the implementation was successful since a mobile, didactic, precise, safe, and functional module was manufactured and designed to provide effective learning and meet all the required technical and academic standards. In addition, supporting documentation was prepared, including the laboratory guide and maintenance plan, ensuring correct operation, proper maintenance, and long service life.

Keywords: <LASER ALIGNMENT> <PULLEY MISALIGNMENT> <V-BELTS> <TRANSMISSION SYSTEM> <PDCA CYCLE> <CAD SOFTWARE> <MANUFACTURING AND ASSEMBLY PROCESSES> <QUALITY STANDARDS>.



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113

INTRODUCCIÓN

Una correcta alineación y un eficiente mantenimiento de la polea y la correa son algunas cosas que deben hacerse para garantizar el funcionamiento adecuado de los sistemas de transmisión correa-polea, los puntos de partida son un buen diseño, componentes de alta calidad y una instalación adecuada. La alineación de las poleas aumentará la eficiencia al reducir el desgaste y evitar que se produzcan fallos. Esto se puede lograr utilizando tecnología láser o también el método tradicional del hilo y regla, que es el más común pero que requiere de mucha mano de obra.

En el campo de la alineación de poleas, los sistemas de alineación por láser han demostrado ser efectivos para reducir significativamente el tiempo de inactividad y reducir la mano de obra necesaria para completar la alineación mediante el método tradicional, al mismo tiempo que logran una precisión mucho mayor, esto conduce a un mayor tiempo de actividad de producción y un ahorro significativo en los costos de mantenimiento. Además, facilitan la alineación en condiciones de espacio reducido y mejoran la eficiencia energética del sistema de transmisión.

Con la implementación del módulo móvil para la alineación de poleas por láser se contribuirá con el desarrollo productivo en el diagnóstico de los problemas que produce la desalineación de poleas como lo es la desalineación del ángulo vertical y la desalineación paralela, en donde los estudiantes mediante el uso de equipos que utilizan la tecnología láser serán capaces de poder determinar qué tipo de desalineación es la que afecta al sistema de transmisión correa-polea. Esto les permitirá adquirir experiencia práctica en la alineación por láser, corregir desalineaciones, y evitar paradas no planificadas del sistema. Además, podrán identificar fallos o averías en los componentes de transmisión causados por una alineación incorrecta, garantizando así que el equipo desempeñe su función requerida.

El módulo será móvil y permitirá a los estudiantes realizar su almacenamiento y desplazamiento hacia cualquier área operativa del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo. Mediante el uso de una mesa elevadora hidráulica diseñada específicamente para este fin, el módulo podrá ser trasladado de manera segura y eficiente a actividades extraordinarias fuera del entorno académico habitual, como casas abiertas, talleres de exposición, ferias tecnológicas, u otros eventos similares, permitiendo demostrar las habilidades adquiridas por el estudiantado con el desarrollo de esta práctica.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Para desarrollar el presente Trabajo de Integración Curricular, se considerarán referencias bibliográficas sobre proyectos relacionados con el tema propuesto, ya que son cruciales para comprender la implementación a llevar a cabo.

Darwin Intriago y Wélinton Manchay en su tesis de grado mediante la implementación y remodelación de un equipo de alineación láser para bandas y poleas, mencionan que:

Los estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento contarán con un Laboratorio de Análisis de Vibraciones, realizado mediante equipos láser para la instalación de correas y poleas. La plataforma de pruebas se ha mejorado, se ha añadido una nueva estación de acoplamiento de motores, está dispuesta para garantizar la seguridad absoluta de los estudiantes y está situada en una posición donde se pueden realizar las prácticas de laboratorio de manera adecuada. (Intriago, et al., 2011 p. 15)

Por otra parte, Milton Jaya y Diego Paguay en su trabajo de titulación por medio de la implementación de un módulo para pruebas y simulación de modos de falla en un sistema de transmisión de potencia mediante polea, señalan lo siguiente:

El estudio realizado como trabajo de titulación, que tiene con objetivo la construcción de un módulo de pruebas para simular modos de falla en sistemas de transmisión de potencia con polea, aporta útilmente para la formación de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, debido a que el módulo construido permite realizar diferentes desalineaciones de poleas tales como: desalineación paralela, desalineación angular horizontal y desalineación angular vertical. Para provocar las distintas desalineaciones se elaboró la metodología para cada desalineación, además de un procedimiento detallado de la utilización de los equipos necesarios para el estudio. Posteriormente se realizó un análisis vibracional con el equipo Vibracheck 200 ABG, y el estudio de la calidad de energía con el equipo Fluke 435 II. (Jaya, et al., 2017 p. 18)

De igual modo, Byron Rovalino & Julio Tapia en su Trabajo de Integración Curricular, a través de la elaboración de un módulo para simular diagnóstico vibracional en la desalineación de poleas y fallos en bandas, detallan lo siguiente:

El objetivo del Trabajo de Integración Curricular es crear e implementar un módulo de simulación de diagnóstico vibracional de desalineación de poleas y problemas de bandas para el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética. El módulo se diseñó utilizando el software académico SolidWorks y se seleccionaron los elementos para el módulo mediante cálculos. Por lo tanto, se analizaron varios modos de falla, se realizaron pruebas de funcionamiento para determinar la frecuencia natural y de trabajo del módulo, se utilizó el método de análisis vibracional y se tomaron datos de las simulaciones utilizando el equipo Vibcheck 200ABG y el software Maintraq Predictive. (Rovalino, et al., 2022 p. 19)

En conclusión, con estos antecedentes, el presente Trabajo de Integración Curricular utilizará éstos como referencia. Sin embargo, se distinguirá por ser un módulo móvil que mediante el diseño de una mesa elevadora hidráulica permitirá que el equipo se pueda almacenar y transportar a cualquier espacio de trabajo del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo. Además, será exclusivo para desarrollar la práctica de alineación de poleas mediante el uso de la tecnología láser. Finalmente, lo más importante a considerar es que todos los estudios anteriores se encuentran elaborados para el desarrollo de prácticas de laboratorio de la asignatura de Diagnóstico Técnico, mientras que el presente proyecto técnico se desarrollará para realizar prácticas de laboratorio de la cátedra de Mantenimiento Correctivo donde se experimentarán los diferentes estudios de fallas y condiciones de trabajo de los sistemas de transmisión correa-polea, con la finalidad de identificar los modos y mecanismos de fallo que son objetivo de estudio en la estructura y desarrollo de la asignatura.

1.2. Planteamiento del problema

Las poleas desalineadas o mal tensadas pueden acortar la vida útil de las correas, provocando un desgaste excesivo en los ejes y las correas del sistema. Además, generan deslizamiento en las correas lo que provoca una disminución en la transmisión de potencia y un rendimiento inferior del equipo. Asimismo, aumentan los costos de mantenimiento y conllevan a un reemplazo más frecuente de las piezas, lo que dificulta la capacidad de cumplir con la función requerida. (Dominion Advanced Technologies, 2024)

Actualmente, el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica no cuenta con un módulo de alineación de poleas, lo que dificulta la realización de una práctica de

laboratorio sobre este tema. Esta carencia obstaculiza el proceso de aprendizaje de los estudiantes, ya que no reciben una formación teórica y práctica adecuada en los sistemas de transmisión por correas que les permita adquirir destrezas, habilidades y conocimientos relevantes para su futuro entorno laboral.

1.3. Justificación

En la actualidad, una de las principales causas de las paradas no planificadas en la maquinaria de transmisión por correas es la desalineación de las poleas. Esta desalineación ocasiona un aumento en el desgaste de las poleas y correas, así como niveles elevados de ruido y vibración, lo que puede provocar paradas no planificadas en la maquinaria. Además, el incremento en la vibración puede generar una falla prematura en los rodamientos. El uso de un láser para alinear las poleas representa un método más rápido y preciso en comparación con las técnicas tradicionales siendo éstos fáciles de montar en las caras o canales de las poleas. (SKF, 2020)

Con la implementación del módulo móvil de alineamiento láser de poleas se busca mejorar la calidad y eficacia de las prácticas de laboratorio que se desarrollan en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica, con miras a contribuir una mejor formación de los estudiantes en el campo de la transmisión por correas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Implementar un módulo móvil para la alineación de poleas por láser en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica.

1.4.2. Objetivos específicos

Establecer los requerimientos y cálculos de los componentes necesarios para el diseño y construcción del módulo móvil para la alineación de poleas por láser.

Seleccionar, diseñar, manufacturar y ensamblar los componentes que constituyen el módulo móvil para la alineación de poleas por láser.

Desarrollar pruebas de funcionamiento simulando modos de falla relacionados con la desalineación de poleas, como la desalineación del ángulo vertical y la desalineación paralela.

Elaborar el plan de mantenimiento y la guía de laboratorio del módulo móvil para la alineación de poleas por láser.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas de transmisión correa-polea

Los sistemas de transmisión correa-polea no son más que una transmisión por acoplamiento flexible que consta de una polea motriz, una polea conducida y una correa montada en la polea, los tensores o los protectores también pueden usarse en la transmisión y es posible usar múltiples correas y poleas motrices. El objetivo principal es transferir la potencia mecánica del motor a la transmisión y los actuadores generalmente con una reducción de la velocidad. Son utilizados para transmitir la rotación entre ejes paralelos distantes a través de ellos, aunque su uso actual ha disminuido significativamente, estos accionamientos siguen siendo muy utilizados como accionamiento principal del motor y para accionar mecanismos con masas giratorias de alto par, al arrancar las correas se deslizan para salvar los mecanismos de la rotura en caso de una sobrecarga repentina. Aunque las correas trapezoidales tienen una ventaja sobre las correas planas debido a su mayor capacidad de tracción, las correas trapezoidales en la actualidad están siendo reemplazadas en las transmisiones primarias por las correas planas dentadas y las correas planas de banda ancha. (Naranjo, 2022 p. 55)

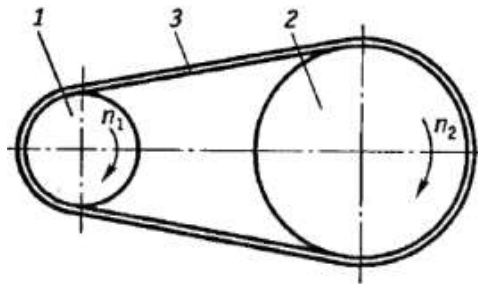


Ilustración 2-1: Sistema de transmisión

Fuente: (Naranjo, 2022)

Según Naranjo (2022 p. 56), los sistemas de transmisión correa-polea se clasifican según, la forma de la sección transversal de la correa, la posición relativa de los ejes y la correa, el número y el tipo de poleas, el número de poleas cubiertas y la forma en que se ajusta la tensión de la correa (con poleas auxiliares o móviles).

- Correa plana: La sección transversal de la correa tiene la forma de un rectángulo plano y alargado, Ilustración 2-2 a.

- Correa trapezoidal o en V: La sección transversal de la correa tiene forma de trapecio, Ilustración 2-2 b.
- Correa trapezoidal múltiple (Poly V): La superficie exterior de la correa es plana, mientras que la superficie interior que interactúa con las poleas tiene crestas longitudinales, Ilustración 2-2 c.
- Correa redonda: La sección transversal de la correa es redonda u ovalada, Ilustración 2-2 d.
- Correas dentadas: En el interior, en contacto con las poleas, la superficie plana de la correa está provista de protuberancias transversales, que entran en las ranuras correspondientes de las poleas, Ilustración 2-3.

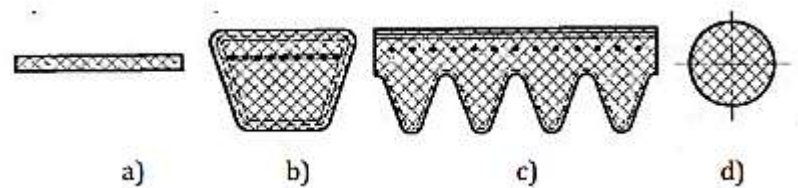


Ilustración 2-2: Diseños de correas

Fuente: (Naranjo, 2022)

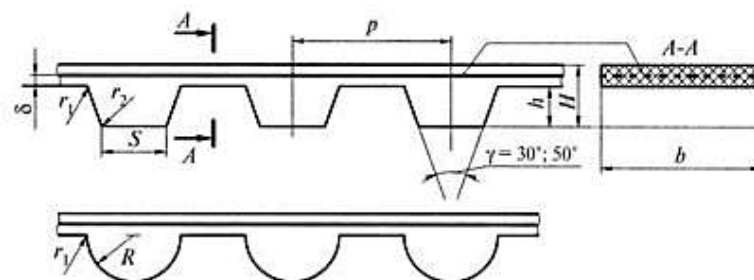


Ilustración 2-3: Correa dentada

Fuente: (Naranjo, 2022)

2.2. Correas trapezoidales

Las bandas trapezoidales, también conocidas como bandas en V, poseen una capacidad de transmisión hasta tres veces mayor que las correas planas, sobrecargan menos los cojinetes, arrancan con mayor suavidad y tienen un deslizamiento menor (debería ser menos del 2%), además, el mecanismo de funcionamiento de las bandas en V es prácticamente idéntico al de las correas planas o redondas, y tienen algunas características que las diferencian de las bandas planas y redondas, las cuales se mencionan a continuación:

- Solo se pueden emplear para la transmisión de potencia entre ejes que giran en el mismo sentido, ya que la geometría distinta en sus caras interna y externa impide la configuración inversora.
- No se pueden cortar ni unir sus extremos, por lo que solo se pueden utilizar bandas de longitudes específicas.
- Como resultado, la distancia entre ejes no puede ser cualquiera, sino que debe ajustarse a la longitud de la banda. (Pedrero, et al., 2019 p. 152)

Los fabricantes estandarizaron las dimensiones de las secciones transversales de las bandas en V y les asignaron letras alfabéticas para representar los tamaños en pulgadas. Los números se utilizan para describir las dimensiones métricas. Dependiendo de la forma de su sección, existen varios tipos de correas trapezoidales, las más sencillas son las correas estándar, también conocidas como de sección convencional, y su geometría se muestra en la Ilustración 2-4. Se identifican con una letra mayúscula que indica las dimensiones de su sección trapezoidal, seguida de un número que indica la longitud de la circunferencia interna de la correa en pulgadas. Las dimensiones normalizadas de las bandas en V convencionales se encuentran en la Tabla 2-1. En cualquier situación, el ángulo entre las caras laterales es de 40° . (Budynas, et al., 2019 p. 860)

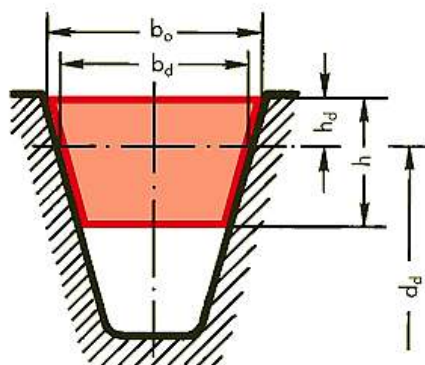


Ilustración 2-4: Correa trapezoidal

Fuente: (Optibelt, 2022)

Las correas trapezoidales se clasifican según su sección transversal, sobre la correa se indica el tipo de correa y la longitud primitiva. La convencional o perfil clásico y el perfil estrecho son las secciones normalizadas más comunes (según ISO 4184 o DIN 2215), el perfil clásico se puede emplear en una transmisión con la polea pequeña de tipo trapecial y la grande plana, mientras que, en las poleas con correas trapeciales de perfil clásico o estrecho, el ángulo de la garganta debe ser de: 32° , 34° , 36° o 38° , dependiendo este ángulo del valor del diámetro primitivo de la polea. (Besa, 2016 p. 199)

La mayoría de las correas trapezoidales están hechas de caucho, pero se pueden reforzar con materiales como cordones elásticos y fibras para aumentar su resistencia y durabilidad. Además, se utilizan compuestos de caucho con mezclas de NR y SBR para maximizar la transmisión de potencia, y materiales como el poliuretano termoplástico se utilizan para maximizar su resistencia al desgaste y estabilidad térmica. Estos materiales se seleccionan cuidadosamente para satisfacer los requisitos específicos de cada aplicación, lo que garantiza la eficiencia y confiabilidad de las correas en una variedad de entornos operativos.

Las normativas aplicables al diseño de sistemas de transmisión correa-polea se detallan a continuación:

- **ISO 255:** Transmisiones por correa - Poleas para correas trapezoidales (sistema basado en el ancho de referencia) - Inspección geométrica de ranuras.
- **ISO 4183:** Transmisión por correa - Correas trapezoidales clásicas y estrechas - Poleas ranuradas (sistema basado en el ancho de referencia).
- **ISO 4184:** Transmisiones por correa - Correas trapezoidales convencionales y estrechas - Longitudes en el sistema de referencia.
- **ISO 5291:** Transmisiones por correa - Poleas ranuradas para correas trapezoidales clásicas unidas - Secciones ranuradas AJ, BJ, CJ y DJ (sistema efectivo).

Tabla 2-1: Dimensiones de las correas trapezoidales o en V

Perfil	DIN 2215	(5)	6	(8)	10	13	17	(20)	22	(25)	32	40
	ISO 4184	-	Y	-	Z	A	B	-	C	-	D	E
Ancho superior de la correa. (b_o)	5	6	8	10	13	17	20	22	25	32	40	
Ancho de referencia. (b_d)	4,2	5,3	6,7	8,5	11	14	17	19	21	27	32	
Altura de la correa. (h)	3	4	5	6	8	11	12,5	14	16	20	25	
Distancia. (h_d)	1,3	1,3	2,0	2,5	3,3	4,2	4,8	5,7	6,3	8,1	12	
Diámetro de polea mín. recomendado. ($d_{d\min}$)	20	28	40	50	71	112	160	180	250	355	500	
Peso por metro. (kg/m)	0,018	0,026	0,042	0,064	0,109	0,190	0,266	0,324	0,420	0,690	0,958	
Frecuencia de flexión. ($F_{B\max}$)	80											
Velocidad de la correa (m/s). (v_{\max})	30											

Fuente: (Optibelt, 2022)

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

2.3. Poleas

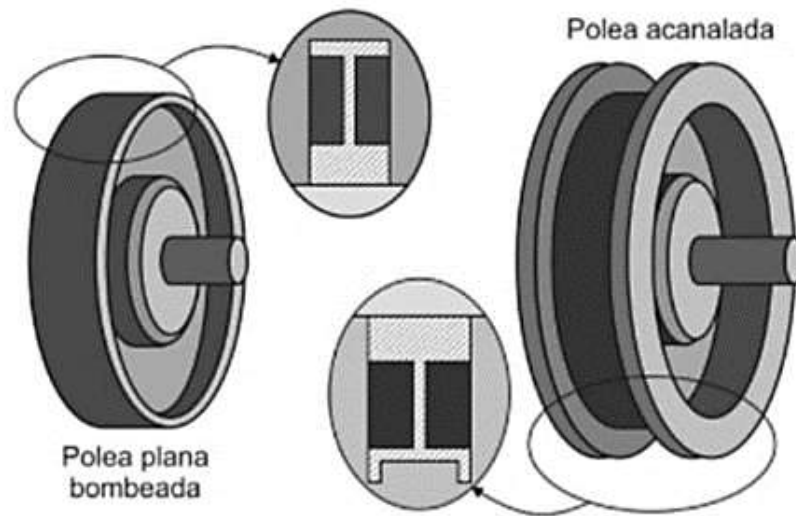


Ilustración 2-5: Clases de poleas

Fuente: (Cedillo, 2017)

Según Cedillo (2017 p. 264), una polea es un dispositivo mecánico que produce elevación o tracción, consta de una rueda montada sobre un eje y una banda que la rodea. Las poleas, las ruedas y los ejes pueden considerarse mecanismos simples que crean palanca. Una polea fija no tiene ninguna ventaja mecánica a la hora de transmitir fuerza; simplemente cambia la dirección de la fuerza aplicada a la banda. Sin embargo, la ventaja o ganancia mecánica es la relación entre la fuerza de entrada y de salida.

La ganancia mecánica ideal es la cantidad de segmentos de la banda que pueden soportar la carga deseada, excluyendo el segmento que soporta la fuerza de entrada. La fricción reduce la ganancia mecánica real y generalmente limita el número total de poleas a cuatro.

Hay dos clases de poleas:

- **Polea fija:** La polea fija es en realidad una palanca base que tiene los brazos iguales. Sólo la dirección o sentido de la fuerza puede cambiar y sólo un segmento de la banda puede soportar la carga.
- **Polea móvil o motriz:** Las poleas móviles son siempre palancas de segundo tipo, que multiplican la fuerza aplicada, mientras la carga está sostenida en ambos segmentos de la banda, ya que sólo se necesita la mitad del peso para levantar la carga. Esta polea está unida a un objeto, no a una viga.

2.4. Cálculo y selección del sistema de transmisión correa-polea

2.4.1. Selección del motor eléctrico



Ilustración 2-6: Motor eléctrico WEG

Fuente: (WEG, 2021)

Para la selección del motor eléctrico se tomará como referencia las características de la red de alimentación del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, en donde su tensión trifásica es de baja tensión: 220/440V, por lo cual el motor eléctrico elegido se detalla a continuación:

Tabla 2-2: Datos técnicos del motor eléctrico WEG

Carcasa	71	Momento de inercia (J)	0.0157 sq.ft.lb
Potencia	0.37 kW (0.5 HP)	Categoría	N
Número de polos	4	Clase de aislamiento	F
Frecuencia	60 Hz	Factor de servicio	1.15
Rotación nominal	1700 rpm	Elevación de temperatura	80 K
Resbalamiento	5.83 %	Ciclo de servicio	S1
Tensión nominal	220/440 V	Método de partida	Partida directa
Corriente nominal	1.87/0.935 A	Temperatura ambiente	-20°C hasta +40°C
Corriente de arranque	8.60/4.30 A	Altitud	1000 m
Ip/In	4.6	Grado de protección	IP55
Corriente en vacío	1.30/0.650 A	Refrigeración	IC411 - TEFC
Torque nominal	1.54 ft.lb	Forma constructiva	B3L(D)
Torque de arranque	240 %	Dirección de rotación	Ambos
Torque máximo	250 %	Nivel de ruido	47.0 dB(A)
Tiempo de rotor bloqueado	63s (frío); 35s (caliente)	Masa aproximada	24.0 lb

Fuente: (WEG, 2020)

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

2.4.2. Relación de transmisión

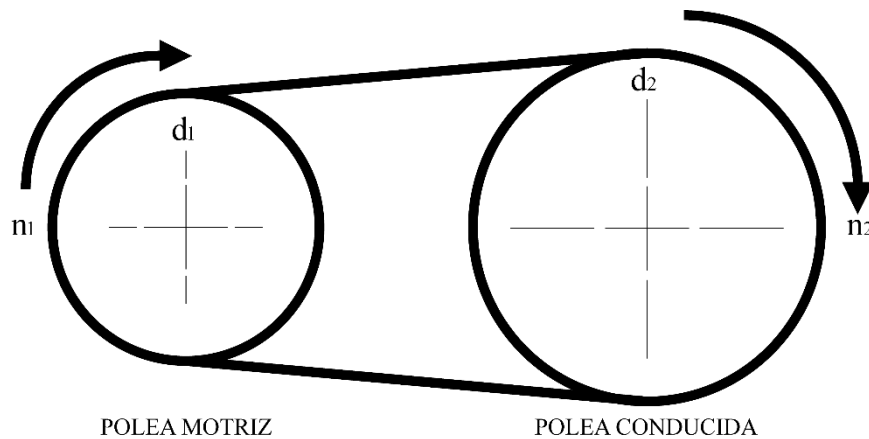


Ilustración 2-7: Esquema de la relación de transmisión

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

La relación de transmisión en un sistema de correa-polea es un aspecto fundamental en la ingeniería, especialmente en la transmisión de potencia ya sea en maquinarias o en vehículos, esta relación determina cómo se transfiere el torque y la velocidad entre diferentes componentes mecánicos.

Se define como el cociente entre las velocidades angulares de salida y entrada, o a su vez, el cociente entre los diámetros de la polea conductora o motriz (d_1) y la polea conducida (d_2), es decir:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

Ecuación 2-1: Relación de transmisión

2.4.3. Potencia corregida

La Potencia corregida o también conocida como potencia de diseño (P_B), se obtiene de la potencia a transmitir (P), que se ve afectada por los factores de servicio (C_2):

$$P_B = P \times C_2$$

Ecuación 2-2: Potencia corregida

Donde (C_2) tiene en cuenta las características del par de las máquinas accionadas y motriz, y sus valores se muestran en la Tabla 2-3:

Tabla 2-3: Factor de servicio (C_2)

Ejemplos de máquinas de trabajo	Ejemplos de máquinas motrices					
	Motores de corriente alterna y trifásicos con par de arranque normal (hasta 1,8 veces el par nominal), p. ej. motores síncronos y monofásicos con fase auxiliar de arranque, motores trifásicos con arranque directo, arranque en estrella-triángulo o con anillo colector; motores de corriente continua en derivación, motores de combustión y turbinas de $n > 600 \text{ min}^{-1}$.			Los motores de corriente alterna y trifásicos con par de arranque elevado (superior a 1,8 veces el par nominal), p. ej. motores monofásicos con par de arranque elevado; motores de corriente continua en serie y combinación; motores de combustión y turbinas de $n \leq 600 \text{ min}^{-1}$.		
	Factor de carga (C_2) Para funcionamiento diario (horas)			Factor de carga (C_2) Para funcionamiento diario (horas)		
	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16
Transmisiones ligeras Bombas centrífugas y compresores, cintas transportadoras (para material ligero), ventiladores y bombas hasta 7,5 kW.	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Transmisiones medias Cizallas, prensas, transportadoras de cadenas y de cinta (para material pesado), tamices vibratorios, generadores y dinamos, amasadoras, máquinas herramienta (tornos y esmeriladoras), lavadoras, impresoras, ventiladores y bombas de más de 7,5 kW.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Transmisiones pesadas Molinos, compresores de pistón, transportadoras de carga pesada, expulsores (transportadoras helicoidales, de placas, de cangilones, de palas), ascensores, prensas de ladrillos,	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6

maquinaria textil, maquinaria de elaboración de papel, bombas de pistones, bombas draga, sierras alternativas, molinos de martillos.						
Transmisiones muy pesadas Molinos de carga pesada, trituradoras de piedra, calandrias, mezcladoras, tornos, grúas, dragas, maquinaria pesada para la madera.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Fuente: (Optibelt, 2022)

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

2.4.4. Selección de la correa

Se realiza la selección con las referencias de la potencia corregida y la frecuencia de rotación o velocidad angular de la polea pequeña, como se muestra en la Ilustración 2-8:

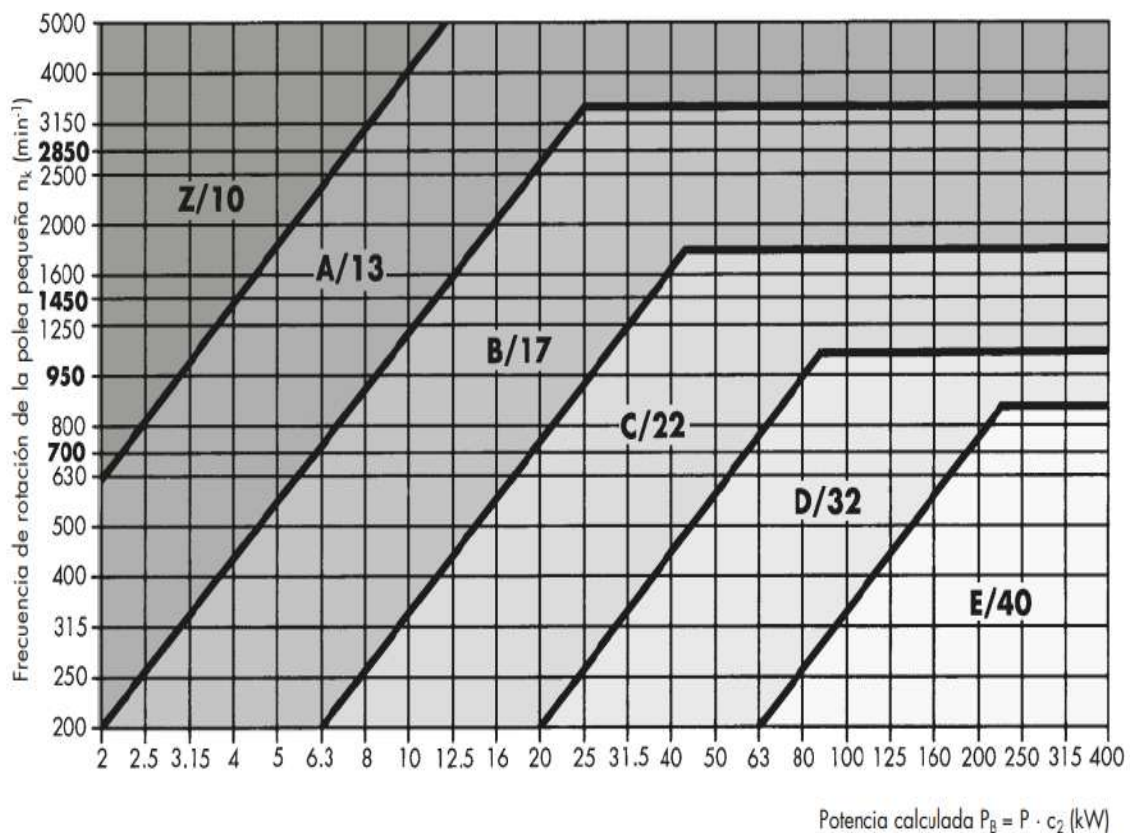


Ilustración 2-8: Diagrama de selección de la correa clásica trapezoidal

Fuente: (Optibelt, 2022)

2.4.5. *Diámetro de las poleas motriz y conducida*

Se suele empezar conociendo el diámetro de la polea, ya sea de la más grande o la más pequeña, en este caso para el cálculo se elige el diámetro de la polea motriz (d_1), en donde se escogerá una polea de diámetro primitivo normalizado que se acople al motor eléctrico que se va a utilizar, mientras que, para el cálculo del diámetro de la polea conducida (d_2) se utiliza la siguiente Ecuación:

$$d_2 = \frac{n_1 \times d_1}{n_2}$$

Ecuación 2-3: Diámetro de la polea conducida

A su vez este tiene que cumplir con la condición de la velocidad tangencial que se muestra en la siguiente expresión:

$$2 \text{ m/s} < v < 42 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{\pi \times d_1 \times n_1}{60 \times 1000}$$

Ecuación 2-4: Velocidad tangencial

2.4.6. *Distancia entre centros*

La distancia entre centros debe mantenerse dentro del intervalo adecuado para garantizar el buen rendimiento del sistema de transmisión.

$$c = 0,7 \times (d_1 + d_2) < a < 2 \times (d_1 + d_2)$$

Ecuación 2-5: Distancia entre centros

2.4.7. *Longitud de la correa*

Permite seleccionar correctamente el número de banda con referencia a una longitud normalizada.

$$L = 2 \times c + (d_1 + d_2) \times \frac{\pi}{2} + \frac{(d_1 + d_2)^2}{4 \times a}$$

Ecuación 2-6: Longitud de la banda

2.4.8. *Distancia entre ejes corregida*

Mediante una Ecuación se determinará cual es distancia entre centros corregida para una mayor precisión en el diseño.

$$c_c = 8a^2 - 4a \left\{ L - \left[\frac{\pi (d_1 + d_2)}{2} \right] \right\} + (d_1 + d_2)^2$$

Ecuación 2-7: Distancia entre ejes corregida

2.4.9. *Ángulo de abrazamiento sobre la polea pequeña*

El ángulo (β), se calcula utilizando funciones trigonométricas y con un valor de coeficiente de rozamiento ($\mu = 0,3$) y se calcula tal como se indica en la siguiente Ecuación:

$$\beta = 2 \times \cos^{-1} \left(\frac{d_2 - d_1}{2 \times a} \right)$$

Ecuación 2-8: Ángulo de abrazamiento

2.4.10. *Potencia transmitida*

Es aquel valor que se determina por valores en tablas normalizadas por los fabricantes, en este caso se utiliza la marca Optibelt y se deduce este valor con los siguientes pasos, se ingresa con el valor de n_1 y d_1 a la tabla 49 del manual técnico para transmisiones por correas trapeciales se y obtiene el valor de la potencia nominal (P_N), así como el suplemento de potencia (P_{sup}) tomando en cuenta la relación de transmisión del sistema y finalmente se obtiene la potencia de la correa que se calcula con la siguiente Ecuación:

$$P_{CORREA} = P_N + P_{sup}$$

Ecuación 2-9: Potencia de la correa

A continuación, con el valor del ángulo de abrazamiento se ingresa a la tabla 17 del manual técnico para transmisiones por correas trapeciales de Optibelt y se selecciona el factor del ángulo de contacto (C_1), después con el tipo de perfil y la longitud de la correa se ingresa a la tabla 21 y se determina el factor de desarrollo (C_3).

Finalmente, con estos valores se calcula la potencia transmitida con la siguiente Ecuación:

$$P_1 = P_{\text{CORREA}} \times C_1 \times C_3$$

Ecuación 2-10: Potencia transmitida

2.4.11. Número de correas

Es la cantidad de correas que se necesitan para el funcionamiento del sistema de transmisión y se calcula con la Ecuación 2-11:

$$Z = \frac{P_B}{P_1}$$

Ecuación 2-11: Número de correas

Donde:

P_B : Potencia corregida

P_1 : Potencia transmitida

2.4.12. Fuerza periférica

Es la fuerza que se transmite a través de la correa entre las poleas, y será determinada con la Ecuación 2-13:

$$F_r = \frac{d_1}{2} \cdot M_1 = 0$$

Se calcula M_1 , a partir de esta ecuación:

$$\text{Pot} = M \times w = M \times \left(\frac{2\pi \times n_1}{60} \right)$$

$$M_1 = \frac{60 \times P_B \times 1000}{2\pi \times n_1}$$

Ecuación 2-12: Momento resistente

Despejando F_r se obtiene:

$$F_r = \frac{2 \times M_1}{d_1}$$

Ecuación 2-13: Fuerza periférica

2.4.13. Fuerza de pretensado

Es la tensión inicial que se aplica a la correa antes de que el sistema de transmisión comience a funcionar, esto evita que la correa se deslice sobre las poleas durante la operación y asegura una transmisión de potencia eficiente.

$$F_o = \frac{F_r \times \left(1 + e^{\frac{\beta \times \mu}{\sin(\frac{\alpha}{2})}}\right)}{2 \times \left(e^{\frac{\beta \times \mu}{\sin(\frac{\alpha}{2})}} - 1\right)}$$

Ecuación 2-14: Fuerza de pretensado inicial

$$F_{o'} = F_o \times 1,5$$

Ecuación 2-15: Fuerza de pretensado final

2.4.14. Fuerza en los ramales

Es la tensión presente en los dos tramos de la correa que están en contacto con las poleas.

Serán determinadas mediante el cálculo de las siguientes Ecuaciones:

$$F_{o'} = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

$$F_r = F_1 + F_2$$

Despejando se obtiene F_1 y F_2

$$F_1 = F_{o'} + \frac{F_r}{2}$$

Ecuación 2-16: Fuerza de ramal uno

$$F_2 = F_{o'} - \frac{F_r}{2}$$

Ecuación 2-17: Fuerza de ramal dos

2.4.15. Fuerza sobre el eje en funcionamiento

Es la carga o fuerza que se aplica sobre el o los ejes de las poleas durante la operación del sistema de transmisión.

Se determina con la siguiente Ecuación:

$$F_A = F_1 + F_2 = 2 \times F_0$$

Ecuación 2-18: Fuerza sobre el eje

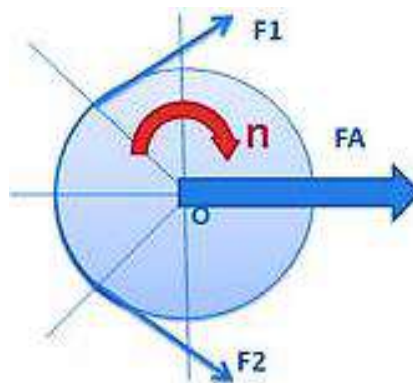


Ilustración 2-9: Fuerza sobre el eje

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

2.5. Mantenimiento del sistema de transmisión correa-polea

(Pérez, et al., 2013 p. 73), manifiestan que en condiciones óptimas de funcionamiento y si se realiza un eficiente programa de mantenimiento en el sistema de transmisión de movimiento basado en correas y poleas funcionará sin problemas durante un amplio intervalo de tiempo. De la misma manera que otros componentes, las correas necesitan una revisión regular de su estado de funcionamiento. Por lo tanto, deben ser incluidos en los programas de revisión de componentes y la periodicidad de revisión necesaria depende de una variedad de factores, incluida la velocidad de las poleas, la naturaleza crítica del equipo, la temperatura de trabajo, los factores ambientales, la accesibilidad del equipo, etc.

Es importante destacar que los sistemas de transmisión de energía por correas o cadenas pueden causar lesiones graves en las personas, existen importantes riesgos de atrapamiento y corte de extremidades. Como resultado, es esencial garantizar la detención de la transmisión antes de realizar cualquier tarea de inspección o mantenimiento, cortando el suministro de energía y colocando todos los mandos de control en posición de parada.

2.6. Inspección del sistema de transmisión correa-polea

Según (Pérez, et al., 2013 pp. 74-78), en las transmisiones por correa, cada inspección rutinaria debe basarse en dos tareas básicas: observar el estado de los elementos y escuchar la operatividad del sistema para detectar posibles anomalías. Una transmisión por correa bien diseñada y mantenida debe funcionar de forma suave y silenciosa. Los componentes involucrados directamente en la transmisión no son los únicos objetos de inspección. Un programa de inspección de correas bien diseñado incluirá la inspección de al menos los siguientes componentes de la transmisión:

2.6.1. Correas

Se debe inspeccionar para encontrar grietas, deshilachados, quemaduras, bultos o crecidas, así como desgaste excesivo o asimétrico. Además, debe inspeccionar la temperatura de operación, que suele ser de alrededor de 60 °C. Una correa a la temperatura de funcionamiento debe ser cómoda para las manos aproximadamente. Si no es así, hay problemas de transmisión. Durante la inspección de la correa, se debe verificar su tensión. La tensión que se desea transmitir depende del tipo y modelo de la correa instalada, y el fabricante proporciona información sobre cómo hacerlo.

Una tensión excesivamente baja provocará el deslizamiento de la correa sobre la polea, lo que resultará en una transmisión deficiente y un desgaste excesivo, mientras que una tensión excesivamente alta reducirá la vida útil de la correa, para aumentar el coeficiente de rozamiento, se pueden utilizar grasas antifricción, los requerimientos de suministro y mantenimiento de estas grasas son similares a los de los lubricantes. Por lo tanto, durante el mantenimiento de la transmisión, se debe verificar el nivel de grasa y reponerla en caso de ser necesario.

2.6.2. Poleas

Se deben inspeccionar las poleas para verificar su alineación correcta y encontrar desgaste anormal, muescas o bordes afilados. Debido a que la suciedad siempre reduce significativamente la vida útil de la polea, es importante asegurarse de que la polea se limpie completamente. El desgaste de las poleas con ranuras en V (que corresponden a correas trapezoidales) debe examinarse utilizando galgas (Ilustración 2-10) proporcionadas por los fabricantes. La polea debe reemplazarse si se encuentra una holgura (h) superior a 0,75 mm (750 µm) entre la polea y la galga.

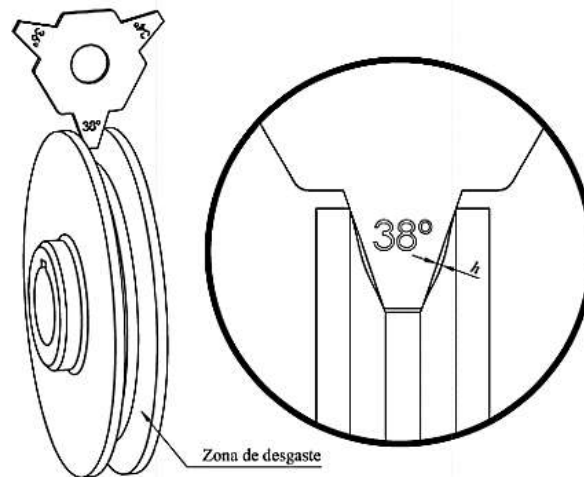


Ilustración 2-10: Inspección de la polea

Fuente: (Pérez, et al., 2013)

2.6.3. *Cubiertas de protección*

Las cubiertas de protección deben inspeccionarse para asegurarse de que no haya desgaste o daños. Una cubierta dañada puede representar un riesgo para la salud, mientras que una cubierta desgastada indica una interferencia con la transmisión. Como sistemas de transmisión por fricción, las transmisiones por correa se calientan. Por esta razón, es común que las cubiertas tengan orificios que permitan la ventilación.

El sistema de correa-polea puede experimentar sobrecargas de temperatura debido a la falta de ventilación causada por una cubierta sucia. Como resultado, las cubiertas de protección deben mantenerse limpias siempre.

2.6.4. *Otros*

Debido a que la alineación y lubricación adecuadas de los cojinetes y rodamientos pueden afectar el funcionamiento de la transmisión, es imperativo que se verifique. Además, es recomendable inspeccionar el anclaje firme del motor y limpiar las guías de posicionamiento.

2.7. **Fallos en los sistemas de transmisión correa-polea**

(Pérez, et al., 2013 pp. 82-86), mencionan que los fallos más comunes en transmisiones por correa son los que se exponen a continuación:

2.7.1. Rotura de la correa

Es la falla más grave que implica una interrupción de la transmisión de energía. Constituye el fallo final y es común que ocurran otros tipos de fallos antes de producirse. El dimensionamiento o la selección inadecuados de la correa es una de las causas que directamente pueden causar una rotura de la correa.

El rediseño de la transmisión utilizando una correa acorde con la potencia deseada es la solución para esta causa de fallo. La sobrecarga es otra causa potencial de la rotura instantánea de la correa. Si se encuentra esta causa de fallo, se debe instalar un dispositivo limitador de par, como acoplamientos específicos, o rediseñar la transmisión para que pueda soportar aquellas sobrecargas.

2.7.2. Desgaste excesivo

El tipo de falla más común en las correas es el desgaste. Debido a la naturaleza de la transmisión (que se realiza por fricción), el desgaste de la correa es inevitable. Por lo tanto, el deterioro gradual de la correa es normal y está asociado con la vida útil de la correa. Por el contrario, un desgaste excesivo es anormal y puede deberse a una variedad de causas, lo que requiere una variedad de medidas correctivas. A continuación, se examinan las razones más frecuentes del desgaste de las correas trapezoidales:

- Desgaste en la cara exterior de la correa.
- Desgaste en las esquinas de la sección de la correa.
- Desgaste en las paredes laterales de la correa.
- Desgaste en la cara interna o interior de la correa.
- Quemado o endurecimiento de las superficies de la correa.
- Endurecimiento o agarrotamiento de la correa.

2.7.3. Ruido en la transmisión

Como se mencionó anteriormente, la transmisión por correa funciona perfectamente cuando es silenciosa y suave. Los ruidos pueden ayudar a prevenir fallas más graves. Varios ruidos pueden indicar varios tipos de fallas, los más comunes son: chirrido, golpes similares a palmadas, ruido de fricción, rechinamiento y ruidos fuertes.

2.7.4. *Retorcimiento o salida de las correas respecto de las poleas*

Tanto las transmisiones con una correa como las con múltiples correas pueden experimentar este tipo de falla, que es muy común. Hay una amplia gama de causas potenciales y el procedimiento de alineación puede corregir la desalineación de las poleas, que es una de las principales causas de esta falla, también la presencia de golpes o vibraciones en la carga es otra de las causas. Además, puede deberse a la presencia de materiales extraños en el canal de las poleas, lo cual puede resolverse mediante el uso de cubiertas de protección adecuadas. En ocasiones, la falla del componente de pretensión afecta la salida de la correa, por lo que se debe inspeccionar su funcionamiento ya que el retorcimiento también puede ocurrir cuando se utilizan poleas muy desgastadas o correas incorrectas. La comprobación y sustitución en caso de necesidad son la base de su verificación y corrección.

2.8. **Desalineación del sistema de transmisión correa-polea**

La desalineación de las poleas provoca niveles elevados de vibración a una velocidad de rotación de 1X rps (revoluciones por segundo) para cada polea. La máquina con mínima rigidez tiene la mayor amplitud y en la mayoría de los casos, esto ocurre como resultado de la falta de alineamiento o paralelismo de los ejes de las poleas. Es posible que ocurran ambos casos al mismo tiempo, produciéndose una alta vibración axial a 1X rps de la conductora o, con más frecuencia, de la conducida como se muestra en la Ilustración 2-11. La medición correcta de las amplitudes de las vibraciones va a depender de dónde y cómo sean tomados los datos. (Medrano, et al., 2017 p. 212)

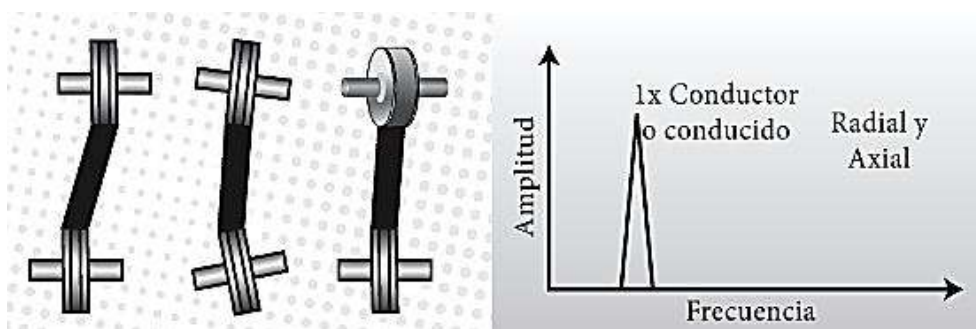


Ilustración 2-11: Desalineación de poleas

Fuente: (Medrano, et al., 2017)

Existen dos tipos de desalineación angular como se muestra en la Ilustración 2-12 y paralela que se indica en la Ilustración 2-13, la paralela es la más sencilla de corregir ya que sólo requiere recolocar adecuadamente una de las poleas sobre su eje, mientras que, la angular implica falta de

paralelismo en los ejes ya sea de manera vertical u horizontal y puede ser más compleja de resolver.

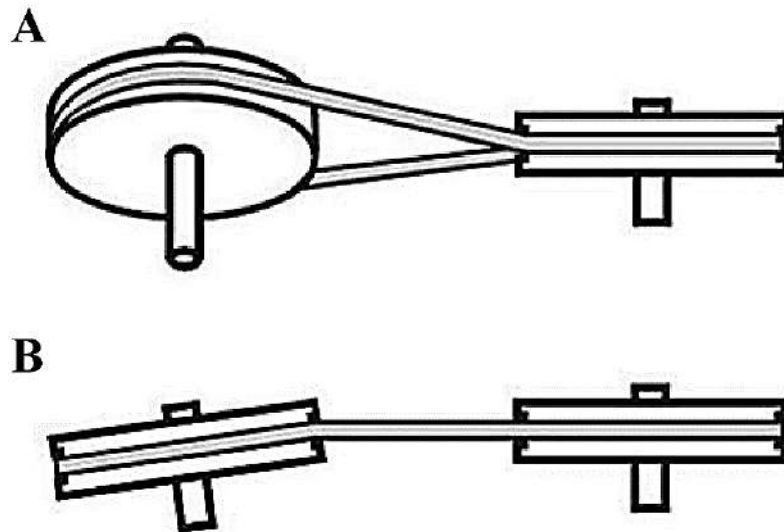


Ilustración 2-12: Desalineación angular horizontal (A) y vertical (B)

Fuente: (Ludeca, 2019)

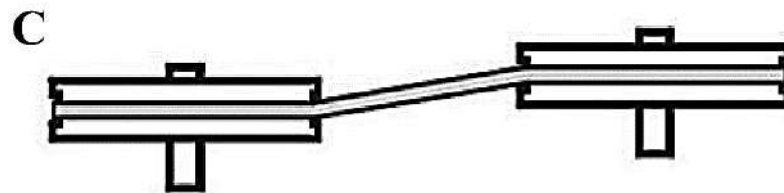


Ilustración 2-13: Desalineación paralela

Fuente: (Ludeca, 2019)

Las desalineaciones máximas recomendables se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 2-4: Desalineaciones máximas recomendables en poleas

Tipo de polea	Desalineación máxima recomendable en función de la distancia entre centros (C) [m]	
	Ranura en V	Paralela
Angular		$\alpha_{\text{máx}} (^{\circ}) = 1,5 \times C$

Fuente: (Pérez, et al., 2013)

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

2.9. Alineación del sistema de transmisión correa-polea

La alineación de poleas mejorará la eficiencia al reducir el desgaste prematuro o los fallos de las correas y poleas.

Esto puede lograrse mediante láser o mediante el método del hilo y regla, que es el más común y requiere mucho trabajo. Los sistemas de alineación de poleas por láser se han vuelto muy conocidos en el campo de la alineación de poleas y han demostrado ser capaces de reducir significativamente el tiempo de inactividad y la mano de obra necesarios para completar la alineación, al mismo tiempo que ofrecen una precisión significativamente mayor. El resultado es un significativo ahorro en los costos de mantenimiento y un tiempo de disponibilidad más largo.

La transmisión por correa trapezoidal es un método de transmisión de potencia muy efectivo (del 90 al 98%) y tradicionalmente se ha considerado muy tolerante. Sin embargo, una alineación y tensión adecuadas de la correa son cruciales y pueden tener un impacto significativo en el MTBF (tiempo medio entre fallos): Las correas pueden patinar hasta un 20% sin hacer ruido, lo que puede causar pérdida de eficacia, desgaste prematuro y daños en las correas y las poleas.

Antes de comenzar a alinear las poleas, es una buena idea investigar si es posible identificar las razones por las que la correa o polea falla y corregirlas para evitar que suceda innecesariamente el Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA) o el Análisis de Causa Raíz (RCA), éstas son dos herramientas muy útiles para este proceso.

La falla puede ser el resultado de un mantenimiento de transmisión deficiente (tensión incorrecta de la correa, alineación incorrecta de la polea), factores ambientales (luz solar, cambios bruscos de temperatura), instalación incorrecta (correas/ruedas incorrectas, correas forzadas) o factores de funcionamiento (sobrecarga, choque).

Como ya lo vimos anteriormente, la desalineación consta de tres tipos: desalineación angular vertical, desalineación angular horizontal y desalineación paralela, todos estos pueden coexistir en cualquier combinación.

La mejor manera de corregir la desalineación paralela es moviendo la polea axialmente en su eje, o moviendo la máquina ajustable (normalmente el motor eléctrico) axialmente. La desalineación angular horizontal se corrige moviendo lateralmente la máquina ajustable para cambiar su ángulo con respecto a las poleas opuestas, los tornillos de las patas de la máquina facilitan mucho esta tarea y hacen que la alineación sea más controlable. Por último, la desalineación angular vertical se controla calzando los “shims” delanteros o posteriores de la máquina ajustable según sea necesario para eliminar el ángulo de torsión que ocasiona esta desalineación, a continuación, se detallan los diferentes métodos de alineación.

2.9.1. Métodos tradicionales para alinear el sistema de transmisión correa-polea

Los métodos tradicionales de alineación de poleas suelen incluir el uso de herramientas como reglas, plomadas, niveles y calibradores para verificar la alineación mediante el criterio visual y poder ajustar las poleas manualmente hasta que estén alineadas correctamente, aunque su principal inconveniente es la falta de precisión.

A continuación, en la Ilustración 2-14 se muestra cómo se realiza la medición de la desalineación paralela (A) y desalineación angular (B), utilizando una regla o un pedazo de hilo (C), es así como se obtiene la alineación correcta, que significa que los canales de las poleas estén alineados (D). (SKF, 2020)

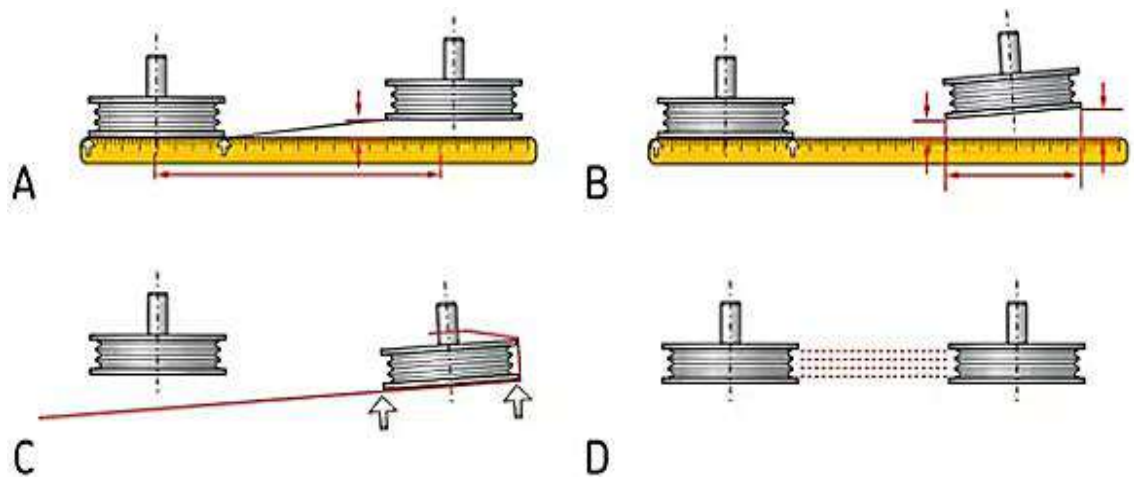


Ilustración 2-14: Métodos tradicionales de alineación

Fuente: (SKF, 2020)

2.9.2. Método de alineación láser del sistema de transmisión correa-polea

Es una técnica de alta precisión que utiliza la emisión de un haz de láser para determinar y corregir la desalineación entre las poleas. Este método se basa en la proyección de un láser que puede detectar los diferentes tipos de desalineación y proporcionar una referencia visual precisa para realizar los ajustes necesarios.

2.9.2.1. Alineador láser de poleas PAT II

Según (DSP Analytic, 2022), el uso de dispositivos láser logrará una alineación precisa reduciendo el desgaste de la correa y fallos en rodamientos y engranajes, el alineador cuenta con dos emisores láser, cada uno equipado con dos guías con resorte para sujetarlos en los canales de la polea, así como guías extraíbles para adaptarse a tamaños de polea estándar de 6 mm a 40 mm.

El dispositivo se puede montar fácilmente en la polea, ya sea en el centro de los canales de la correa donde se encuentra el tensor de resorte o posee un imán industrial integrado que ajusta el alineador láser firmemente a las poleas.

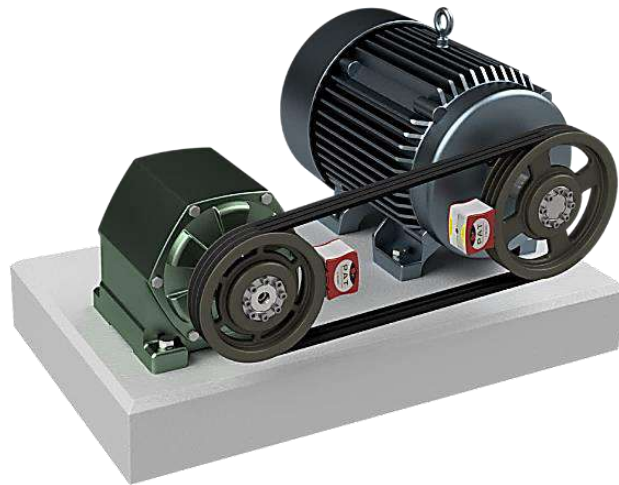


Ilustración 2-15: Alineador láser PAT II

Fuente: (DSP Analytic, 2022)

La desalineación angular vertical o horizontal y la desalineación paralela con la utilización del alineador láser PAT II se muestran inmediatamente al operador y en tan solo unos minutos el operador puede determinar si se debe realizar la alineación de la máquina.

El proceso de alineación es tan simple como el proceso de montaje, basta con encender los láseres y observar la unidad montada que se encuentra enfrente como se muestra en la siguiente Ilustración, el láser traza una línea en la etiqueta de destino y se ajusta la posición de la máquina si es necesario hasta que las líneas láser coincidan con la marca central de ambas unidades.

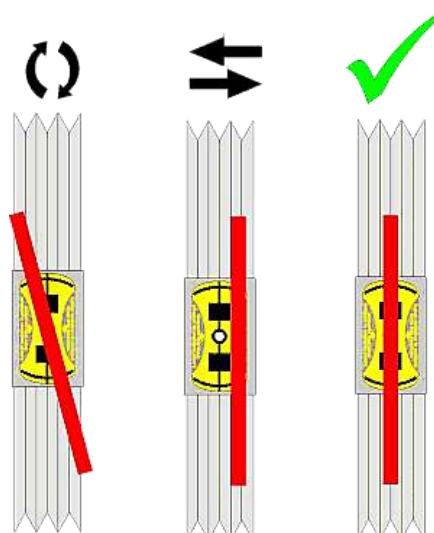


Ilustración 2-16: Posición de la línea láser

Fuente: (DSP Analytic, 2022)

2.10. Mesa elevadora hidráulica



Ilustración 2-17: Mesa elevadora

Fuente: (Xilin, 2022)

Es una plataforma o mesa con la capacidad de elevarse o descender a una variedad de alturas, está construida en una estructura de acero soldado con acabado de revestimiento duradero y contiene una bomba hidráulica resistente que garantiza una larga vida útil del elemento. Su sistema móvil está equipado con ruedas robustas que contienen un protector de rueda de seguridad para resguardar al operador durante los procesos de trabajo. También tiene un pedal hidráulico fácil de accionar con el pie para elevar la mesa al nivel de altura deseado. La protección trasera de seguridad resguarda a los operadores de los accidentes o riesgos laborales y su válvula de derivación de sobrecargar protege a la bomba. (Xilin, 2022)

Tabla 2-5: Datos técnicos de la mesa elevadora

Capacidad	kg	150
Máx. altura de elevación	h12 (mm)	740
Mín. altura de la mesa	h13 (mm)	225
Altura de elevación	h3 (mm)	515
Tamaño de la mesa	l×b×s (mm)	700×450×35
Altura total	h14 (mm)	935
Longitud total	l1 (mm)	770
Desplazamiento del pedal hasta la altura máxima de elevación		≤25
Diámetro de la rueda	d (mm)	100

Fuente: (Xilin, 2022)

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

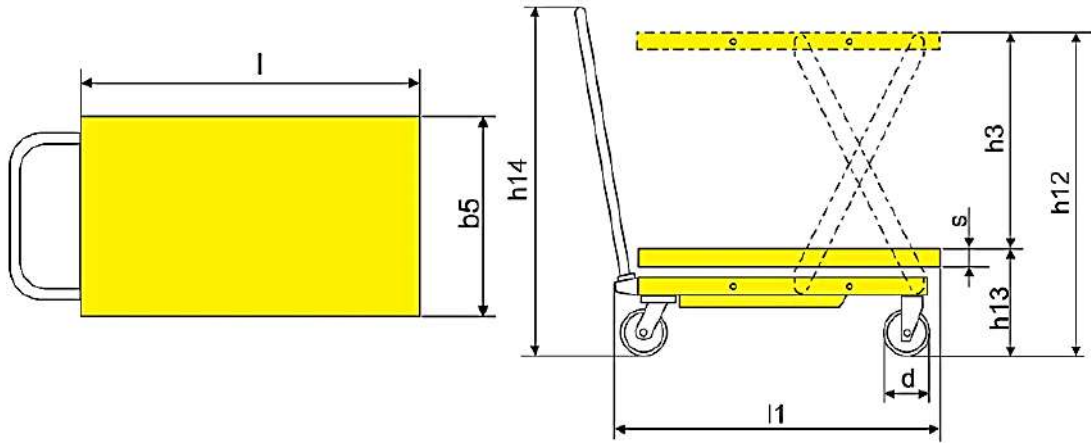


Ilustración 2-18: Dimensiones de la mesa elevadora

Fuente: (Xilin, 2022)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO MÓVIL PARA LA ALINEACIÓN DE POLEAS POR LÁSER

En este capítulo se detallarán los cálculos matemáticos, el estudio de diseño mecánico mediante la utilización del software de diseño CAD SolidWorks y los parámetros necesarios para el comienzo del proceso de manufactura del módulo móvil, para ello se utilizará la metodología de gestión de calidad Ciclo PDCA también conocido como Ciclo de Deming, que se enfoca en la mejora continua de procesos y productos.

3.1. Localización geográfica del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo

Se encuentra localizado aproximadamente a 230 metros de la entrada principal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la Avenida Pedro Vicente Maldonado, con coordenadas geográficas:

- **Latitud:** -1.6593754
- **Longitud:** -78.6770942



Ilustración 3-1: Ubicación del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo

Fuente: (Google, 2022)

3.2. Metodología de diseño

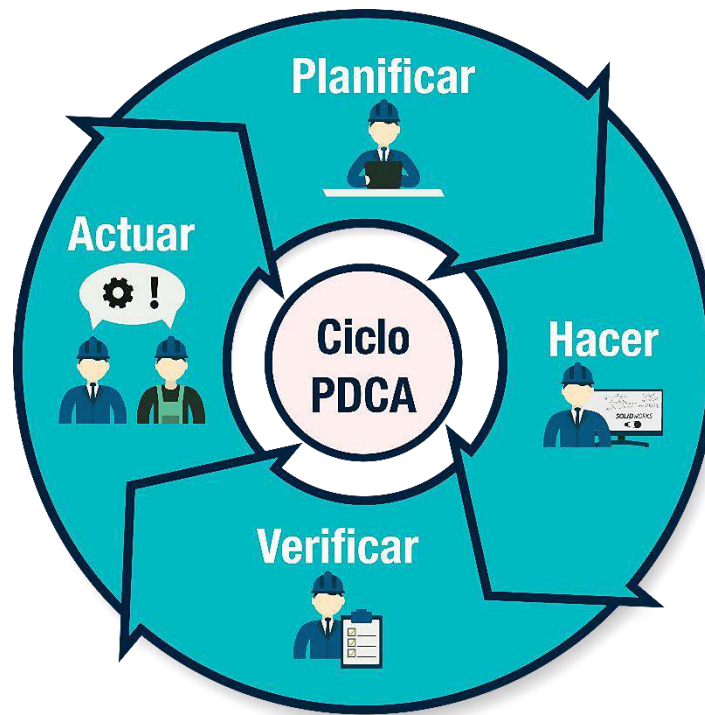


Ilustración 3-2: Ciclo PDCA

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

Para el desarrollo de la metodología del Ciclo PDCA, se dividirá en cuatro etapas:

- Planificar (Plan)
- Hacer (Do)
- Verificar (Check)
- Actuar (Act)

A continuación, se desarrollarán cada una de estas etapas con sus distintas actividades que son claves para el diseño e implementación del módulo móvil para la alineación de poleas por láser.

3.3. Planificar (Plan)

En la primera etapa del desarrollo de la metodología se define al módulo móvil para alineación de poleas por láser como un producto, cuyo objetivo es poder realizar la práctica de laboratorio simulando y corrigiendo los modos de falla que ocasiona la desalineación de las poleas que son: la desalineación del ángulo vertical y la desalineación paralela.

3.3.1. Plan de acción

Proporcionará un cronograma detallado, la asignación de responsabilidades, la estimación de los recursos necesarios y la identificación de riesgos potenciales. El plan debe ser adaptable y flexible, permitiendo realizar cambios cuando sea necesario para abordar cualquier imprevisto.

Tabla 3-1: Plan de acción

Etapa	Actividad	Responsable/s	Recursos necesarios	Fecha inicio/fin	Riesgos
Planificar	Plan de acción	Augusto Polo Jorge Rivera	Plantilla del plan de acción	2024/05/20 2024/05/20	Retrasos en la entrega final
	Identificación de las necesidades		Docente de la asignatura, encuesta informática: Microsoft Forms	2024/05/21 2024/05/23	Diseño ineficiente del módulo móvil
	Especificaciones y características técnicas		Manuales técnicos, normas técnicas	2024/05/24 2024/05/25	Falta de información precisa
Hacer	Cálculos y selección de los componentes		Herramientas básicas y software de cálculo, catálogos de los fabricantes	2024/05/27 2024/05/31	Indisponibilidad de componentes en el mercado nacional
	Diseño a detalle en el software SolidWorks		Software SolidWorks Académico	2024/06/03 2024/06/07	Errores de diseño
Verificar	Revisión de los cálculos matemáticos y selección de componentes		Herramientas de análisis de datos: Microsoft Excel, MD Solids	2024/06/10 2024/06/12	Errores en los cálculos
Actuar	Ajustes y mejoras en el diseño		Software SolidWorks Académico	2024/06/12 2024/06/14	Inconvenientes durante la manufactura
	Documentación final		Software SolidWorks Académico, norma técnica ISO 14224, proformas de los proveedores	2024/06/17 2024/06/18	Documentación incompleta o incorrecta

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.3.2. Identificación de las necesidades

Se elaborará una lista detallada de las necesidades en base a los requerimientos académicos de la asignatura de Mantenimiento Correctivo, priorizando lo que realmente se necesita y se espera para el estudio de la alineación de poleas por láser en el módulo móvil. A continuación, se detalla esta lista:

- Móvil
- Didáctico
- Formativo
- Compacto
- Ergonómico
- Económico
- Ensamblable
- Fiable

3.3.3. *Especificaciones y características técnicas*

3.3.3.1. *Móvil*

El módulo será móvil gracias al uso de una mesa elevadora hidráulica y sus características son:

- **Capacidad de carga:** Hasta 150 kg, adecuado para fines didácticos y formativos.
- **Altura mínima y máxima:** Ajuste de altura desde los 225 mm hasta 740 mm.
- **Sistema de elevación:** Hidráulico de accionamiento manual con control de pie.
- **Estabilidad:** Base robusta con ruedas bloqueables y patas regulables para asegurar la estabilidad durante el uso.
- **Movilidad:** Ruedas industriales de alta resistencia con frenos integrados.

3.3.3.2. *Diseño didáctico y formativo*

- **Material de apoyo visual:** Videos instructivos que muestren como realizar la práctica de laboratorio.
- **Guía práctica de laboratorio:** Instrucciones claras y detalladas para facilitar el aprendizaje y la formación de los estudiantes.

3.3.3.3. *Compacto, económico y ergonómico*

- **Diseño plegable:** Con la utilización de la mesa elevadora hidráulica el módulo móvil se podrá reducir en tamaño para su almacenamiento en espacios reducidos.
- **Diseño ergonómico:** Control y manipulación accesibles para reducir el esfuerzo físico de los estudiantes.

- **Económico:** Con un enfoque en la optimización de costos, incorporando materiales y componentes de alta calidad, garantizando una disponibilidad operacional elevada sin comprometer la confiabilidad del módulo móvil.

3.3.3.4. *Ensamblable*

- **Modularidad:** Componentes fácilmente ensamblables y desmontables para realizar ajustes o ejecutar el mantenimiento preventivo o correctivo.

3.3.3.5. *Fiable*

- **Calidad de componentes y materiales:** Seleccionar componentes y materiales duraderos y de buena calidad para asegurar el tiempo de disponibilidad del módulo móvil.
- **Pruebas de calidad:** Desarrollar pruebas exhaustivas de los componentes para garantizar su fiabilidad.

3.3.3.6. *Mantenibilidad*

- **Diseño accesible:** Debido a la modularidad del módulo móvil se puede acceder a todos los componentes críticos sin la necesidad de desensamblarlo completamente.
- **Documentación detallada:** Realizar el plan de mantenimiento y el manual de operación con instrucciones claras y detalladas.

3.4. **Hacer (Do)**

En esta etapa se realizan los cálculos necesarios para el sistema de transmisión y la selección de componentes, como poleas, correas trapezoidales, eje conducido y chumaceras. El software académico SolidWorks será de vital importancia para el diseño a detalle de cada uno de los componentes y para determinar cómo estarán ensamblados, lo que permitirá la elaboración de un prototipo del módulo móvil previo al proceso de manufactura.

3.4.1. *Cálculos y selección de los componentes*

A continuación, se desarrollarán los distintos cálculos matemáticos utilizando las ecuaciones estudiadas en el Capítulo II, así como la selección de componentes bajo los requerimientos y normas técnicas:

Tabla 3-2: Criterios iniciales de la selección de componentes

Componente	Característica	Material	Norma técnica
Mesa elevadora	Tipo: Hidráulica, móvil 700×450×35 (mm) Máx. _h : 740 mm Mín. _h : 225 mm	Acero aleado fundido Marca Optibelt	EN 1570-1
Motor eléctrico trifásico	De inducción con rotor jaula de ardilla Potencia: 0,5 HP Rotación nominal: 1700 rpm	Hierro fundido, chapa de acero, cobre, plástico Marca: WEG	IEC 60034-1
Poleas	Designación: TB-SPA d ₁ : 112 mm d ₂ : 140 mm	Hierro fundido gris Marca: Optibelt	DIN 2211

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.1.1. Cálculo de la relación de transmisión

Datos:

Potencia del motor eléctrico: P = 0.5 HP

d₁ = 112 mm

d₂ = 140 mm

Velocidad del motor: n₁ = 1700 rpm

$$n_2 = \frac{n_1 \times d_1}{d_2}$$

$$n_2 = \frac{1700 \text{ rpm} \times 112 \text{ mm}}{140 \text{ mm}}$$

$$n_2 = 1360 \text{ rpm}$$

Velocidad conducida: **n₂ = 1360 rpm**

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$i = \frac{1700 \text{ rpm}}{1360 \text{ rpm}}$$

$$i = 1,25$$

3.4.1.2. Cálculo de la potencia corregida

El factor de servicio (C_2), para el diseño de este sistema de transmisión será 1,1 según lo que indica la Tabla 2-3.

Dado que el funcionamiento diario de la máquina motriz será hasta 10 horas diarias correspondiente a una transmisión media.

Datos:

$$0,5 \text{ HP} = 0,37285 \text{ kW}$$

$$P_B = P \times C_2$$

$$P_B = 0,37285 \text{ HP} \times 1,1$$

$$\mathbf{P_B = 0,41 \text{ kW}}$$

3.4.1.3. Selección del perfil de la correa

De acuerdo con el diagrama de selección de la correa clásica trapezoidal mostrado en la Ilustración 2-8 correspondería una correa de perfil tipo Z/10, pero no se toma en cuenta este perfil debido a que no todos los proveedores en el país lo comercializan, incluso algunos de ellos no lo conocen. Por lo cual, se trabajará con el perfil **A/13** por ser encontrado de manera rápida en el mercado ecuatoriano.

3.4.1.4. Verificación del diámetro seleccionado de la polea conducida

Datos:

$$d_1 = 112 \text{ mm}$$

$$\text{Velocidad del motor: } n_1 = 1700 \text{ rpm}$$

$$\text{Velocidad conducida: } n_2 = 1360 \text{ rpm}$$

$$d_2 = \frac{n_1 \times d_1}{n_2}$$

$$d_2 = \frac{1700 \text{ rpm} \times 112 \text{ mm}}{1360 \text{ rpm}}$$

$$\mathbf{d_2 = 140 \text{ mm}}$$

Y su velocidad tangencial tendrá que estar dentro del rango:

$$2 \text{ m/s} < v < 42 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, mediante el cálculo se obtiene una velocidad tangencial de:

$$v = \frac{\pi \times d_1 \times n_1}{60 \times 1000}$$

$$v = \frac{\pi \times 112 \text{ mm} \times 1700 \text{ rpm}}{60 \times 1000}$$

$$\mathbf{v = 9,97 \text{ m/s}}$$

Finalmente, según condiciones del fabricante esta no debe exceder los 25 m/s

3.4.1.5. Cálculo de la distancia entre centros

Mediante la siguiente ecuación se obtiene que:

$$c = 0,7 \times (d_1 + d_2) < a < 2 \times (d_1 + d_2)$$

$$c = 0,7 \times (112 \text{ mm} + 140 \text{ mm}) < a < 2 \times (112 \text{ mm} + 140 \text{ mm})$$

La distancia entre centros tendrá que estar dentro del siguiente rango:

$$c = 176,40 \text{ mm} < a < 504 \text{ mm}$$

Por lo cual, la distancia entre centros escogida es:

$$\mathbf{c = 285 \text{ mm}}$$

3.4.1.6. Cálculo de la longitud de la correa

Datos:

$$d_1 = 112 \text{ mm}$$

$$d_2 = 140 \text{ mm}$$

$$c = 285 \text{ mm}$$

$$L = 2 \times c + (d_1 + d_2) \times \frac{\pi}{2} + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4 \times a}$$

$$L = 2 \times 285 \text{ mm} + (112 \text{ mm} + 140 \text{ mm}) \times \frac{\pi}{2} + \frac{(112 \text{ mm} - 140 \text{ mm})^2}{4 \times 285 \text{ mm}}$$

$$L = 966,52 \text{ mm}$$

Según el catálogo de proveedores de correas industriales de perfil A y con la longitud calculada se escoge el valor más cercano, en este caso es: $L_d = 955 \text{ mm}$ y una correa de N° A37, en referencia al catálogo de Optibelt.

N° correa	Desarrollo de referencia ISO L_d (mm)	Desarrollo interior L_i (mm)
A 32	843	813
A 32½	855	825
A 33	871	841
A 34	880	850
A 34½	905	875
A 35	919	889
A 35½	930	900
A 36	944	914
A 37	955	925

Ilustración 3-3: Selección de la correa

Fuente: (Optibelt, 2022)

3.4.1.7. Cálculo de la distancia entre ejes corregida

$$c_c = 8a^2 - 4a \left\{ L - \left[\frac{\pi (d_1 + d_2)}{2} \right] \right\} + (d_1 + d_2)^2$$

$$c_c = 8a^2 - 4 \left\{ 976,51 \text{ mm} - \left[\frac{\pi (112 \text{ mm} + 140 \text{ mm})}{2} \right] \right\} + (112 \text{ mm} + 140 \text{ mm})^2$$

$$c_c = 8a^2 - 2282,72a + 784$$

Mediante la aplicación de la fórmula general se obtiene el valor de la distancia entre centros corregida:

Datos

$$a = 8$$

$$b = 2282,72$$

$$c = 784$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x_1 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x_1 = \frac{-2282,72 + \sqrt{2282,72^2 - 4(8)(784)}}{2(8)}$$

$$x_1 = 0,34 \text{ mm}$$

$$x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x_1 = \frac{-2282,72 - \sqrt{2282,72^2 - 4(8)(784)}}{2(8)}$$

$$x_2 = 285 \text{ mm}$$

Por lo tanto, el valor seleccionado para la distancia entre ejes corregida es:

$$c_c = 285 \text{ mm}$$

3.4.1.8. Selección del coeficiente de rozamiento

Se utilizará un valor por defecto que corresponde a:

$$\mu = 0,3$$

3.4.1.9. Cálculo del ángulo de abrazamiento sobre la polea pequeña

Datos:

$$d_1 = 112 \text{ mm}$$

$$d_2 = 140 \text{ mm}$$

$$c_c = 290 \text{ mm}$$

$$\beta = 2 \times \cos^{-1} \left(\frac{d_2 - d_1}{2 \times c_c} \right)$$

$$\beta = 2 \times \cos^{-1} \left(\frac{140 \text{ mm} - 112 \text{ mm}}{2 \times 290 \text{ mm}} \right)$$

$$\beta = 174,47^\circ$$

$$\beta = 3,04 \text{ rad}$$

Finalmente, según consideraciones del fabricante el ángulo de abrazamiento no debe exceder los 180°

3.4.1.10. Cálculo de la potencia transmitida

Se ingresa el valor de n_1 y d_1 en la sección valores de potencia del perfil A/13 del catálogo de Optibelt y se encuentra la potencia nominal con un valor de:

Poleas v (m/s)	n_k (min ⁻¹)	Diámetro de referencia de la polea pequeña d_{dk} (mm)													
		71	80	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	180
1600	0.85	1.30	1.78	2.02	2.26	2.54	2.82	3.10	3.41	3.73	4.08	4.51	4.94	5.76	
1700	0.88	1.34	1.86	2.11	2.36	2.65	2.95	3.23	3.57	3.90	4.26	4.72	5.16	6.02	
1800	0.90	1.39	1.93	2.19	2.45	2.76	3.07	3.37	3.72	4.06	4.44	4.91	5.37	6.26	

Ilustración 3-4: Selección del valor de la potencia nominal

Fuente: (Optibelt, 2022)

$$P_N = 2,95 \text{ kW}$$

Ahora, en la misma Tabla 49 del catálogo de Optibelt se selecciona el suplemento de potencia con el valor de la relación de transmisión que es 1,25 y el valor de n_1

Poleas	v (m/s)	n_t (min ⁻¹)	Incremento por multiplicación (kW) por correa para			
			1.01 hasta 1.05	1.06 hasta 1.26	1.27 hasta 1.57	> 1.57
		1600	0.03	0.17	0.28	0.31
		1700	0.04	0.18	0.29	0.33
		1800	0.04	0.19	0.31	0.35

Ilustración 3-5: Suplemento de potencia

Fuente: (Optibelt, 2022)

$$P_{\text{sup}} = 0,18 \text{ kW}$$

Con los valores encontrados se procede a calcular el valor de la potencia de la correa:

$$P_{\text{CORREA}} = P_N + P_{\text{sup}}$$

$$P_{\text{CORREA}} = 2,95 \text{ kW} + 0,18 \text{ kW}$$

$$P_{\text{CORREA}} = 3,13 \text{ kW}$$

Ahora con el valor del ángulo de abrazamiento $\beta = 174,47^\circ$ se ingresa a la Tabla 17 del catálogo de Optibelt y se selecciona el valor del factor del ángulo de contacto:

$\frac{d_{dg} - d_{dk}}{a_{nom}}$	$\beta \approx$	c_1
0	180°	1,00
0,05	177°	1,00
0,10	174°	1,00

Ilustración 3-6: Selección del factor del ángulo de contacto

Fuente: (Optibelt, 2022)

$$c_1 = 1,00$$

Asimismo, con el valor de la longitud de la correa $L = 955 \text{ mm}$, se ingresa a la tabla 21 del catálogo de Optibelt y se selecciona el factor de desarrollo que más se aproxime al valor establecido en la longitud antes mencionada:

Perfil A/13, AX/X13

Desarrollo de referencia (mm)	c_3
660	0,80
740	0,82
780	0,83
830	0,85
880	0,86
930	0,87

Ilustración 3-7: Factor de desarrollo

Fuente: (Optibelt, 2022)

$$c_3 = 0,87$$

Finalmente, con todos los datos correspondientes se calcula la potencia transmitida:

Datos:

$$P_{\text{CORREA}} = 3,13 \text{ kW}$$

$$c_1 = 1,00$$

$$c_3 = 0,87$$

$$P_1 = P_{\text{CORREA}} \times c_1 \times c_3$$

$$P_1 = 3,13 \text{ kW} \times 1,00 \times 0,87$$

$$P_1 = 2,723 \text{ kW}$$

3.4.1.11. Cálculo del número de correas

Datos:

$$P_B = 0,41 \text{ kW}$$

$$P_1 = 2,723 \text{ kW}$$

$$Z = \frac{P_B}{P_1}$$

$$Z = \frac{0,41 \text{ kW}}{2,723 \text{ kW}}$$

$$Z = 0,15$$

Se utilizará una correa por cada canal en las poleas. Por lo cual, el sistema de transmisión propuesto requerirá de **dos correas trapezoidales de perfil A-37**.

3.4.1.12. Cálculo de la fuerza periférica

Se inicia con el cálculo del par o momento resistente:

Datos:

$$P_B = 0,41 \text{ kW}$$

$$n_1 = 1700 \text{ rpm}$$

$$M_1 = \frac{60 \times P_B \times 1000}{2\pi \times n_1}$$

$$M_1 = \frac{60 \times 0,41 \text{ kW} \times 1000}{2\pi \times 1700 \text{ rpm}}$$

$$M_1 = 2,30 \text{ N/m}$$

Con el valor del momento resistente, se calcula la fuerza periférica y se obtiene un valor de:

Datos:

$$M_1 = 2,30 \text{ N/m}$$

$$d_1 = 112 \text{ mm} = 0,112 \text{ m}$$

$$F_r = \frac{2 \times M_1}{d_1}$$

$$F_r = \frac{2 \times 2,30 \text{ N/m}}{0,112 \text{ m}}$$

$$F_r = 41,07 \text{ N}$$

3.4.1.13. Cálculo de la fuerza de pretensado

Inicialmente se calcula la fuerza de pretensado inicial

Datos:

$$\beta = 3,04 \text{ rad}$$

$$\alpha = 34^\circ$$

$$F_r = 41,07 \text{ N}$$

$$\mu = 0,3^\circ$$

$$F_o = \frac{F_r \times \left(1 + e^{\frac{\beta \times \mu}{\sin(\frac{\alpha}{2})}} \right)}{2 \times \left(e^{\frac{\beta \times \mu}{\sin(\frac{\alpha}{2})}} - 1 \right)}$$

$$F_o = \frac{41,07 \text{ N} \times (1 + 22,63)}{2 \times (22,63 - 1)}$$

$$F_o = 22,43 \text{ N}$$

Con este valor se define el valor de la fuerza de pretensado final que es igual a:

$$F_{o'} = F_o \times 1,5$$

$$F_{o'} = 22,43 \text{ N} \times 1,5$$

$$F_{o'} = 33,65 \text{ N}$$

3.4.1.14. Cálculo de la fuerza en los ramales

Fuerza en el ramal uno:

Datos:

$$F_r = 41,07 \text{ N}$$

$$F_{o'} = 33,65 \text{ N}$$

$$F_1 = F_{o'} + \frac{F_r}{2}$$

$$F_1 = 33,65 \text{ N} + \frac{41,07 \text{ N}}{2}$$

$$\mathbf{F_1 = 54,19 \text{ N}}$$

Fuerza en el ramal dos:

Datos:

$$F_r = 41,07 \text{ N}$$

$$F_{o'} = 33,65 \text{ N}$$

$$F_2 = F_{o'} - \frac{F_r}{2}$$

$$F_2 = 33,65 \text{ N} - \frac{41,07 \text{ N}}{2}$$

$$\mathbf{F_2 = 13,12 \text{ N}}$$

3.4.1.15. Cálculo de la fuerza sobre el eje en funcionamiento

Datos:

$$F_1 = 54,19 \text{ N}$$

$$F_2 = 13,12 \text{ N}$$

$$F_A = F_1 + F_2$$

$$F_A = 54,19 \text{ N} + 13,12 \text{ N}$$

$$F_A = 67,31 \text{ N}$$

3.4.1.16. Cálculo de la fuerza que ejerce la polea conducida en el eje

$$F_p = m_p \times g$$

Ecuación 3-1: Fuerza de la polea conducida

Donde:

m_p : masa de la polea conducida = 3,148 kg

g : gravedad = $9,80 \text{ m/s}^2$



Ilustración 3-8: Peso de la polea

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

Al resolver la ecuación, se obtiene un valor de:

$$F_p = 3,148 \text{ kg} \times 9,80 \text{ m/s}^2$$

$$F_p = 30,85 \text{ N}$$

3.4.1.17. Cálculo del torque producido en el eje

$$T = \frac{P}{\omega_2}$$

Ecuación 3-2: Torque producido en el eje

Donde:

P: Potencia del motor 0.5 HP en vatios = 372,85 W

ω_2 : Velocidad angular en el eje 1360 rpm = 142,42 rad/s

Reemplazando datos en la ecuación 2-20 se obtiene un valor de:

$$T = \frac{372,85 \text{ W}}{142,42 \text{ rad/s}}$$

$$T = 2,61 \text{ N}\cdot\text{m}$$

3.4.1.18. Cálculo de la fuerza total

Para encontrar la fuerza total que se ejerce sobre el eje, se suman los valores de la fuerza sobre el eje en funcionamiento y el valor de la fuerza que ejerce la polea conducida en el eje, mediante la siguiente ecuación:

$$F_T = F_A + F_p$$

Ecuación 3-3: Fuerza total

Donde:

F_p : Fuerza que ejerce la polea conducida en el eje = 30,85 N

F_A : Fuerza sobre el eje en funcionamiento = 67,31 N

El valor de la fuerza total obtenida es:

$$F_T = 30,85 \text{ N} + 67,31 \text{ N}$$

$$F_T = 98,16 \text{ N}$$

3.4.1.19. Momento cortante y momento máximo

Mediante la utilización del software académico MDSolids, se ingresan los siguientes valores requeridos para el análisis:

- **Longitud total del eje = 455 mm**
- **Ubicación del soporte izquierdo = 85,00 mm**
- **Ubicación del soporte derecho = 350,00 mm**
- **Carga concentrada posición: ↓**
- **Ubicación de la carga: 443,00 mm**
- **Magnitud de la carga: $F_T = 98,16$ N**

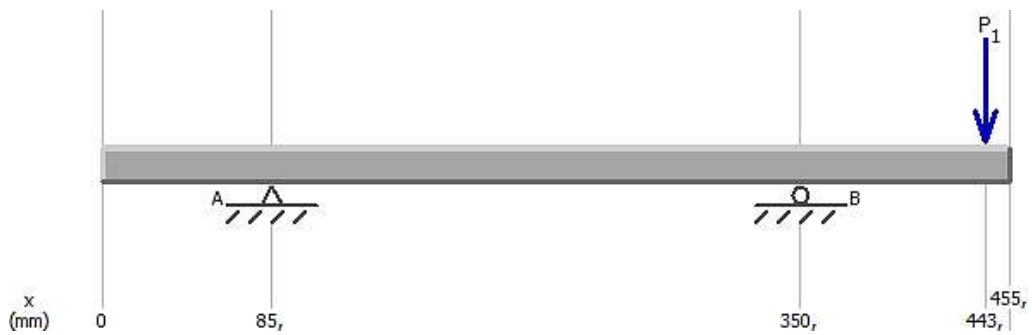


Ilustración 3-9: Diagrama de carga

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

Una vez obtenido el diagrama de carga el valor del momento cortante es: **98,16 N**



Ilustración 3-10: Diagrama de corte

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

Finalmente, el valor obtenido del momento máximo o momento flector máximo es: **9,13 N·m**

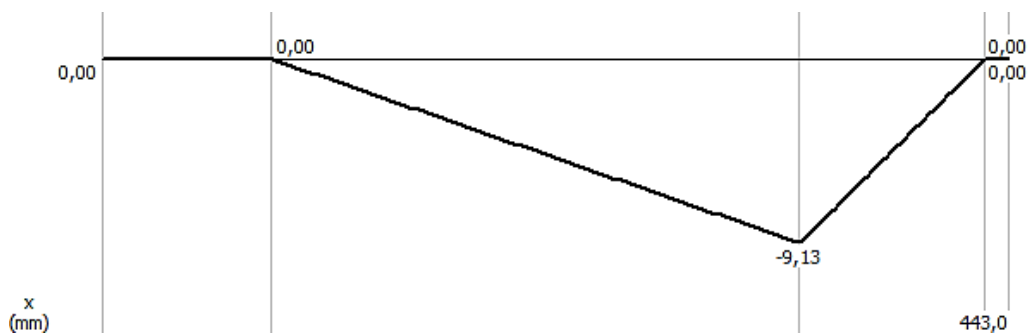


Ilustración 3-11: Diagrama de momento

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.1.20. Cálculo del diámetro mínimo requerido del eje

Para determinar el diámetro de un eje sólido se considera los esfuerzos a los que está sometido, en este caso son los esfuerzos por flexión y torsión, por lo cual se utiliza la teoría de esfuerzos combinados bajo el criterio de Von Mises, para asegurar que el eje soporte la fuerza total aplicada. En primer lugar, se definen los datos a utilizar.

- **Material:** AISI 304, debido a necesidades y requerimientos del Laboratorio.
- **Momento máximo o momento flector:** $M_{\text{máx}} = 9,13 \text{ N}\cdot\text{m}$
- **Torque del motor:** $T = 2,61 \text{ N}\cdot\text{m}$
- **Fluencia del acero inoxidable 304:** Según (Budynas, et al., 2019 p. 1018), la fluencia del acero inoxidable 304 es: $S_y = 276 \text{ MPa}$
- **Factor de seguridad:** Según lo expuesto por (Órbita Ingeniería S.L., 2023), se selecciona un factor de seguridad para materiales fiables donde la condición de carga y ambiental no es severa, con un valor igual a: $n = 2$. Debido a que, por sus excelentes propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión, el acero inoxidable 304 se considera un material fiable en aplicaciones industriales.

Para un eje sólido, la ecuación utilizando el criterio de (Von Mises), excluyendo el esfuerzo axial debido a que en el análisis de esfuerzos del eje no se experimenta fuerzas axiales es la siguiente:

$$\sqrt{\left(\frac{32 \times M_{\text{máx}}}{\pi \times d^3}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{16 \times T}{\pi \times d^3}\right)^2} = \frac{S_y}{n}$$

Ecuación 3-4: Criterio de Von Mises

Sustituyendo valores, se encontrará el valor del diámetro del eje “d”:

$$\sqrt{\left(\frac{32 \times 9,13 \text{ N}\cdot\text{m}}{\pi \times d^3}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{16 \times 2,61 \text{ N}\cdot\text{m}}{\pi \times d^3}\right)^2} = \frac{272 \times 10^6 \text{ Pa}}{2}$$

$$\sqrt{\left(\frac{292,16 \text{ N}\cdot\text{m}}{\pi \times d^3}\right)^2 + 3 \times \left(\frac{41,76 \text{ N}\cdot\text{m}}{\pi \times d^3}\right)^2} = 1,36 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\sqrt{8848,51 \text{ N}^2 \cdot \text{m}^2 \times \frac{1}{d^6} + 3 \times 176,69 \text{ N}^2 \cdot \text{m}^2 \times \frac{1}{d^6}} = 1,36 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\sqrt{8848,51 \text{ N}^2 \cdot \text{m}^2 \times \frac{1}{d^6} + 530,08 \text{ N}^2 \cdot \text{m}^2 \times \frac{1}{d^6}} = 1,36 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\sqrt{(8848,51 + 530,08) \text{ N}^2 \cdot \text{m}^2 \times \frac{1}{d^6}} = 1,36 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$\sqrt{9378,59 \text{ N}^2 \cdot \text{m}^2 \times \frac{1}{d^6}} = 1,36 \times 10^8 \text{ Pa}$$

$$9378,59 \text{ N}^2 \cdot \text{m}^2 \times \frac{1}{d^6} = \left(1,36 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)^2$$

$$9378,59 \text{ N}^2 \cdot \text{m}^2 \times \frac{1}{d^6} = 1,85 \times 10^{16} \frac{\text{N}^2}{\text{m}^4}$$

$$\frac{1}{d^6} = \frac{1,85 \times 10^{16} \frac{\text{N}^2}{\text{m}^4}}{6104,61 \text{ N}^2 \cdot \text{m}^2}$$

$$\frac{1}{d^6} = 1,97 \times 10^{12} \text{ m}^{-6}$$

$$d^6 = \frac{1}{1,97 \times 10^{12} \text{ m}^{-6}}$$

$$d^6 = 5,08 \times 10^{-13} \text{ m}^6$$

$$d = (5,08 \times 10^{-13} \text{ m}^6)^{1/6}$$

$$d = 0,0089 \text{ m}$$

$$\mathbf{d_{\text{mín.}} = 8,90 \text{ mm}}$$

Finalmente, el diámetro mínimo requerido para el eje de acero inoxidable 304, mediante los cálculos realizados debe ser de igual o mayor a **8,90 mm**, en este caso se escogerá un diámetro de tamaño estándar comercial que supere este valor calculado, ya que este no afectará al diseño.

Por lo tanto, se escoge un diámetro de **25,40 mm**, mismo que se utilizará en la construcción del módulo móvil.

3.4.1.21. Selección de las chumaceras

Tipo y disposición: En base al diseño actual se propone utilizar:

- Unidades de rodamientos de bolas con soporte de pie, (chumaceras).
- Sistema de fijación con prisioneros.
- Conformado por un rodamiento de inserción

Datos referenciales:

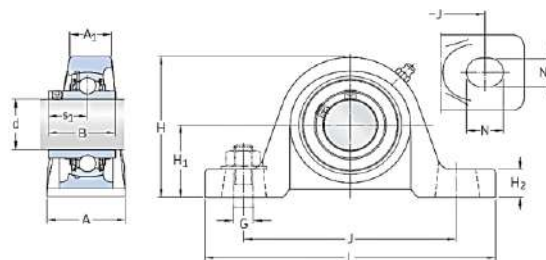
$$d_{\text{eje}} = 25,40 \text{ mm}$$

$$L_{\text{eje}} = 455 \text{ mm}$$

$$n_{\text{eje}} = 1360 \text{ rpm}$$

Con estos valores se ingresa al catálogo online de la marca SKF y se selecciona la unidad correspondiente:

Unidades de rodamientos de bolas con soporte de pie, fijación con prisioneros, ejes en pulgadas
 $d \frac{3}{4} - 2 \frac{1}{2}$ pulg.
 19,05 – 63,5 mm



Dimensiones principales		Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje h6	Masa	Designaciones
d	H ₁ J	C	C ₀	P _u	r. p. m.	kg	-
pulg./mm	mm	kN					
$\frac{3}{4}$ 19,05	33,3 95	12,7	6,7	0,285	6 500	0,6	UCP 204-12
$\frac{7}{8}$ 22,225	36,5 105	14	7,8	0,335	5 850	0,79	UCP 205-14
$\frac{15}{16}$ 23,812	36,5 105	14	7,8	0,335	5 850	0,77	UCP 205-15
1 25,4	36,5 105	14	7,8	0,335	5 850	0,76	UCP 205-16

Ilustración 3-12: Chumacera seleccionada

Fuente: (SKF, 2019)

La designación de la chumacera o unidad de rodamientos de bolas con soporte de pie óptima a utilizar en el sistema de transmisión del módulo móvil es: **UCP 205-16**

Tabla 3-3: Criterios finales de la selección de componentes

Componente	Característica	Material	Norma técnica
Eje conducido	Ø: 25,40; L:455 (mm)	AISI 304	ASTM A276
Chumaceras	Ø: 25,40 mm Designación: UCP 205-16	Hierro fundido Marca: CMS Boardings	ISO 3228 ISO 9628
Bujes cónicos	Designación: 1610 - Polea d_1 ; Ø: 25,40 mm 2012 – Polea d_2 ; Ø: 25,40 mm	Hierro fundido gris Marca: Optiblet	DIN 6885-1
Correas trapezoidales	Nº de correa: A37 Longitud de desarrollo de referencia: 955 mm	Caucho reforzado con fibras textiles Marca: Optibelt	ISO 4184

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2. Diseño a detalle en el Software Académico SolidWorks

El diseño detallado no solo se centra en la creación de modelos tridimensionales, sino también en la generación de planos técnicos, la realización de simulaciones, la presentación visual de los diseños y la descarga de componentes de las librerías CAD online que proporcionan los fabricantes.

En esta etapa se proporciona una guía comprensiva sobre cómo utilizar las funcionalidades de SolidWorks Académico para desarrollar cada uno de los componentes del módulo móvil destinado a la alineación de poleas por láser. Esta fase es crítica en el desarrollo, ya que asegura que cada componente y ensamblaje cumpla con las especificaciones y requisitos técnicos.

El software proporciona una plataforma integrada que permite al diseñador verificar y optimizar sus diseños antes de pasar a la etapa de manufactura, reduciendo el riesgo de errores costosos y mejorando la eficiencia en el proceso de fabricación.

3.4.2.1. Placa base

Esta placa se denomina “base” porque estará diseñada para ensamblar todos los componentes del módulo móvil y montada sobre la mesa de trabajo del elevador hidráulico, el material a utilizar es el acero ASTM A36.

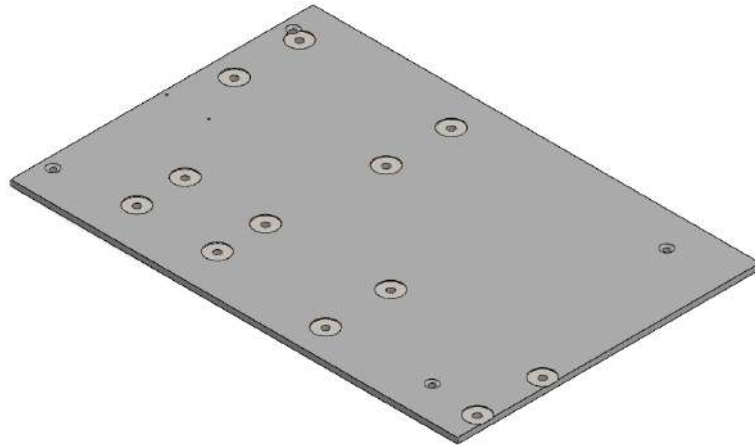


Ilustración 3-13: Placa base

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.2. Caja del motor

Será una caja diseñada de plancha acero doblado, la misma que está diseñada para montar la placa de desalineación y el motor eléctrico, el material a utilizar es el acero ASTM A36.



Ilustración 3-14: Caja del motor

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.3. Placa móvil

Tendrá como objetivo ayudar en el movimiento horizontal para desarrollar los modos de falla de la desalineación, así como el tensado correcto de las bandas.

Será montada sobre la caja base y será la placa que soporte al motor eléctrico, el material a utilizar es el acero ASTM A36.

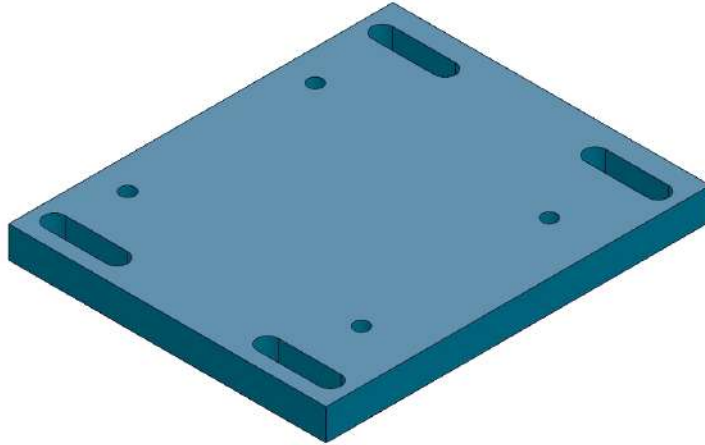


Ilustración 3-15: Placa móvil

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.4. Estructura de la máquina conducida

Diseñado para ser la base en donde se colocarán las chumaceras, discos de nylon y el eje de acero inoxidable 304, este al igual que los componentes anteriores será desmontable para la realización de varias otras prácticas de laboratorio distintas a la de alineación de poleas por láser, el material de construcción es el acero AISI 1010.

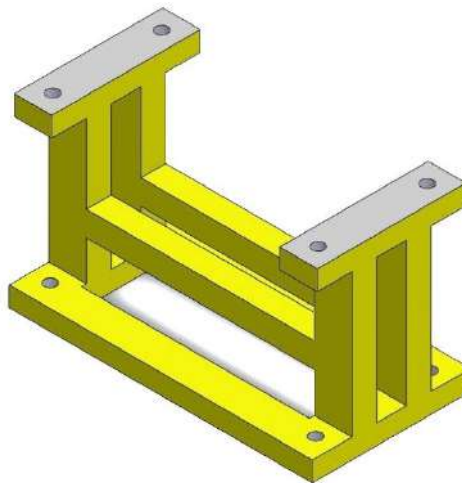


Ilustración 3-16: Soporte base

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.5. Eje de la máquina conducida

En base a los cálculos y selección el eje tendrá una longitud de 455 mm y 25,40 de diámetro, contiene sus respectivos chaveteros que serán utilizados en la polea conducida y en el acople flexible, así mismo, como se mencionó anteriormente este módulo móvil está diseñado para

realizar distintas prácticas como lo son, la alineación de poleas por láser, alineación de ejes y balanceo de rotores, el material a utilizar es el acero inoxidable 304.



Ilustración 3-17: Eje

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.6. Chumacera UCP 205-16

Serán las encargadas de ser los soportes del eje de acero inoxidable 304, irán montadas en el soporte base del eje y su fabricación está hecha con materiales compuestos como los aceros inoxidables, prensado y la fundición.



Ilustración 3-18: UCP 205-16

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.7. Disco de desbalanceo

Si bien no es imprescindible en el diseño del módulo móvil, pero será necesario para la realización de otras prácticas de laboratorio, su material es el Nylon y contiene un bocín interior de bronce para evitar el desgaste mediante la fricción que tendría con eje de acero inoxidable de 304.

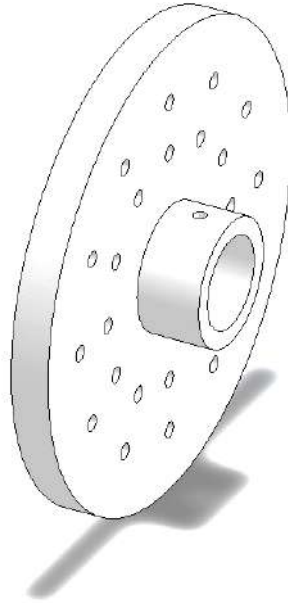


Ilustración 3-19: Disco de desbalanceo

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.8. Polea TB-SPA (Buje cónico)

Para realizar eficientemente la práctica de laboratorio, se emplearán poleas con bujes cónicos tipo A/SPA que ayudarán a estar lo más cerca de un entorno industrial, ya que estas se utilizan en la mayoría de las aplicaciones de los sistemas de transmisión correa-polea de las industrias. El material de que están fabricadas tanto la polea como su buje cónico es la fundición de hierro gris, en este diseño se utilizarán poleas de dos canales.



Ilustración 3-20: Polea TB-SPA

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

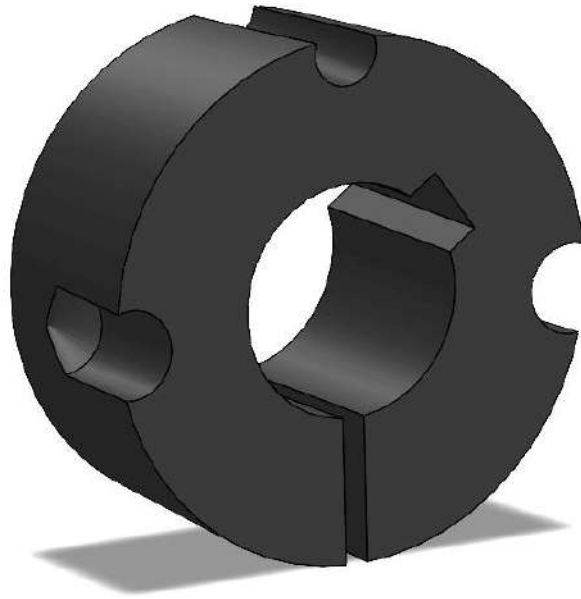


Ilustración 3-21: Buje cónico

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.9. Eje de acople motor-polea

Este acople está hecho de acero AISI 1020 y ha sido diseñado para insertarse en el eje del motor eléctrico permitir la instalación de la polea con su respectivo buje cónico.

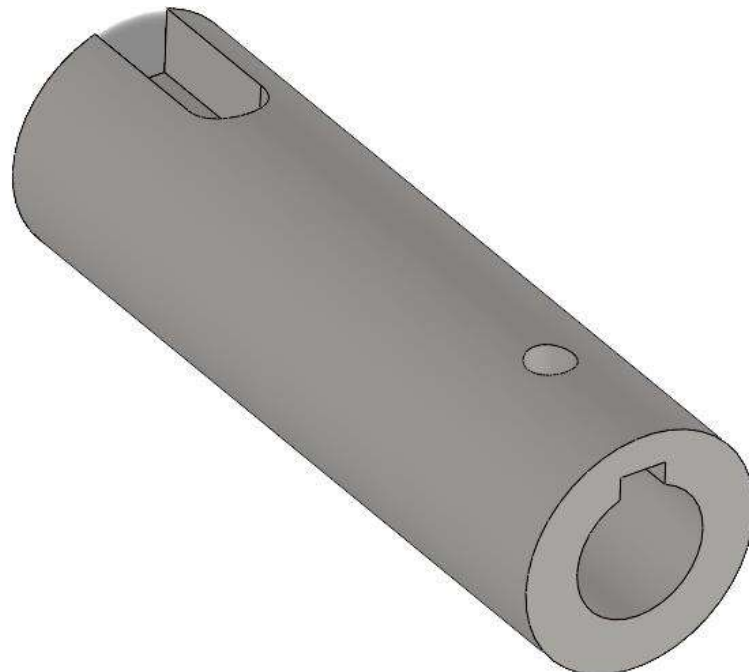


Ilustración 3-22: Acople motor-polea

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.10. Sujetadores de la caja del motor

Son placas de acero que se atornillan con la utilización de pernos hexagonales M6 en las esquinas y el centro de la caja del motor, permitiendo el ingreso de los pernos hexagonales M10 hacia la placa móvil en sentido horizontal, todo esto con el objetivo de desarrollar el tensando de las correas trapezoidales.

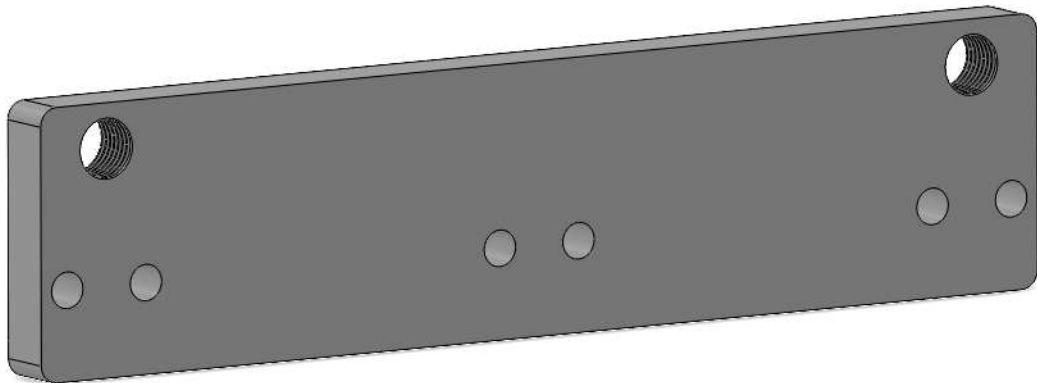


Ilustración 3-23: Sujetador de la caja del motor

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.11. Bocín del disco de desbalanceo

Está fabricado de bronce comercial y se utiliza como protección entre el disco de desbalanceo y el eje de acero inoxidable ya que sin el uso de este elemento el disco tendrá a desgastarse en un corto tiempo debido al material que está hecho (nylon) por la fricción que se ejerce con el eje.

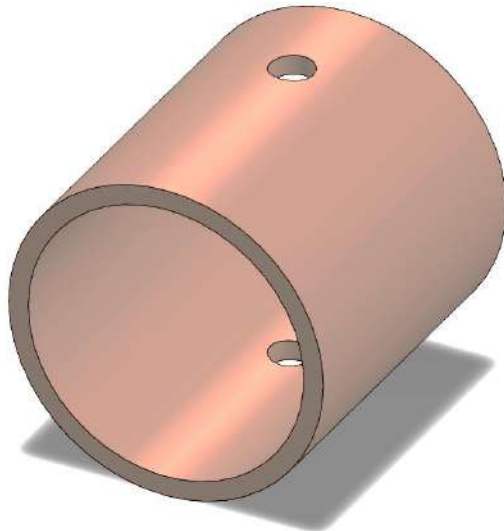


Ilustración 3-24: Bocín

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.4.2.12. Esquema general del módulo móvil para la alineación de poleas por láser

Finalmente se presenta en esquema de lo que será el módulo móvil ensamblado con todos sus componentes, siendo una guía muy importante para el proceso de manufactura.

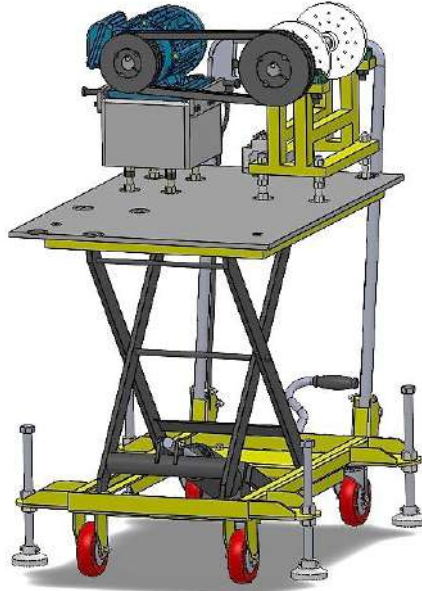


Ilustración 3-25: Esquema general del módulo móvil

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.5. Verificar

3.5.1. Revisión de los cálculos y selección de componentes

Se realizó un análisis minucioso de los cálculos matemáticos expuestos en el punto 3.4.1 para comprobar la correcta utilización de las ecuaciones planteadas y los valores utilizados, que en este caso provienen del manual técnico para transmisiones por correas trapezoidales de Optibelt. Además, se llevó a cabo un análisis de la correcta aplicación de las normas técnicas en la selección de los componentes. Una vez determinado que todos los parámetros mencionados son correctos, se procede a verificarlos mediante matrices de cálculo en Microsoft Excel para validar los resultados obtenidos.

3.6. Actuar

Para finalizar el desarrollo de la metodología PDCA se realiza los procedimientos técnicos previos antes del proceso de manufactura que se estudiará en el Capítulo IV.

3.6.1. Ajustes y mejoras en el diseño

Tabla 3-4: Análisis y mejoras del diseño

Componente	Aspectos a analizar	Características iniciales	Sugerencias de mejora	Responsable/s	Fecha de revisión
Placa base	Dimensiones Material Resistencia Estabilidad	789x534x10 mm ASTM A36 Alta Buena	Proceso de rectificado en los agujeros	Augusto Polo Jorge Rivera Directora/Asesor	2024/06/12
Caja del motor	Dimensiones, Material Resistencia Ensamblabilidad	189,79x177,79 mm ASTM A36 Alta Si	Proceso de rectificado en las caras: superior e inferior		2024/06/12
Placa móvil	Dimensiones Material Precisión de desalineación	184x152x15 mm ASTM A36 Alta	Proceso de rectificado en la cara inferior		2024/06/12
Estructura de la máquina conducida	Dimensiones Material Firmeza	306x160 mm ASTM A36 Buena	Proceso de rectificado en las caras: superior e inferior		2024/06/13
Eje de la máquina conducida	Dimensiones Material Resistencia	L: 455 mm Ø: 25,40 mm AISI 304 Alta	No se sugieren cambios		2024/06/13
Chumacera	Tipo Dimensiones Designación	Soporte de pie 139,5x38 mm Ø: 25,40 mm UCP 205-16	No se sugieren cambios		2024/06/13
Disco de desbalanceo	Dimensiones Material Precisión	Ø: 150 mm Nylon Exacta	No se sugieren cambios		2024/06/14
Polea TB-SPA	Dimensiones Tipo Material Compatibilidad	Ø ₁ : 140 mm Ø ₂ : 112 mm A/SPA con buje cónico Hierro fundido gris Correas trapeciales tipo A	No se sugieren cambios		2024/06/14
Eje de acople motor-polea	Dimensiones Material Compatibilidad	L: 82 mm Ø: 25,40 mm AISI 1018 Buena	Cambio de material: AISI 1020		2024/06/14
Sujetadores de la caja del motor	Dimensiones Material	189,79x45x10 mm Acero ASTM A36	No se sugieren cambios		2024/06/14

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.6.2. Documentación final

A continuación, se preparará toda la documentación necesaria antes de iniciar el proceso de manufactura.

3.6.2.1. Planos mecánicos iniciales

Una vez realizado el procedimiento análisis y mejora del diseño, se entrega impresos los planos mecánicos de cada uno de los componentes al equipo de manufactura de la empresa “CONACER”, junto con los archivos de pieza (.SLDPRT) y ensamblaje (.SLDASM) del prototipo del módulo móvil para la alineación de poleas por láser a fin de que se pueda realizar correctamente el proceso de manufactura y ensamblaje.

3.6.2.2. Lista de materiales y componentes a utilizar

Tabla 3-5: Detalle de materiales y componentes

Nº	Componente/Material	Proveedor	Cantidad	Fecha de entrega estimada
1	Mesa elevadora hidráulica	NPD Global Suppliers	1	2024/04/23
2	Motor eléctrico (0,5 HP)	BKB	1	2024/06/03
3	Polea TB	Maquinarias Henriques	2	2024/05/31
4	Chumacera	Proveedora de rulimanes	2	2024/05/31
5	Correa trapezoidal	Maquinarias Henriques	2	2024/06/03
6	Placa base	CONACER	1	2024/06/10
7	Caja del motor		1	2024/06/11
8	Placa móvil		1	2024/06/12
9	Eje de la máquina conducida		1	2024/06/13
10	Estructura de la máquina conducida		1	2024/06/14
11	Eje de acople motor-polea		1	2024/06/17
12	Disco de desbalanceo		2	2024/06/17
13	Bocín		2	2024/06/17
14	Sujetadores de la caja del motor		2	2024/06/17
15	Perno hexagonal		12	2024/06/18
16	Perno Allen cilíndrico		8	2024/06/18
17	Tornillo avellanado plano		4	2024/06/18
18	Tuercas		32	2024/06/18
19	Arandelas		16	2024/06/18
20	Breaker 3P-6A	Electrotelecom	1	2024/06/19
21	Riel Din	DINELEC	1	2024/06/19
22	Cable concéntrico 3x14 AWG (4 m)	DINELEC	1	2024/06/19

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3.6.2.3. Codificación técnica

Se aplicará de acuerdo con la norma ISO 14224, la misma que proporciona un enfoque estandarizado para la codificación de datos relacionados con el mantenimiento, como fallas, tareas de mantenimiento y repuestos. Para la codificación técnica del módulo móvil se utilizan 4 niveles que se detallan a continuación:

Codificación a nivel de planta

Se compone de seis caracteres alfabéticos y hace referencia a la institución donde se está realizando el Trabajo de Integración Curricular.

Tabla 3-6: Codificación a nivel de planta

Planta	Código
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	ESPOCH

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

Codificación a nivel de área

Se compone de dos caracteres alfabéticos y hace referencia al área donde estará ubicado el módulo móvil para la alineación de poleas por láser.

Tabla 3-7: Codificación a nivel de área

Área	Código
Facultad de Mecánica	ESPOCH_FM

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

Codificación a nivel de sistema

Se compone de tres caracteres alfabéticos y hace referencia al laboratorio donde se encuentra el módulo móvil para la alineación de poleas por láser.

Tabla 3-8: Codificación a nivel de sistema

Sistema	Código
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo	ESPOCH_FM_LMC

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

Codificación a nivel de equipo

Se compone de cuatro caracteres alfabéticos y dos numéricos. Hace referencia al número de equipos o sistemas que componen el módulo móvil.


Tabla 3-9: Codificación a nivel de equipo

Sistema	Equipo	Código
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser	ESPOCH_FM_LMC_MPAL01

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

Finalmente, se presenta la ficha técnica de la codificación del equipo, la cual integra y combina todos los niveles:

Tabla 3-10: Ejemplo de codificación técnica

	EJEMPLO DE CODIFICACIÓN TÉCNICA DEL EQUIPO	Versión: 001
		Fecha de elaboración: 2024/07/11
		Fecha de revisión: 2024/07/12
		Fecha de aprobación: 2024/07/13
Elabora: Polo Augusto; Rivera Jorge	Revisa: Ing. Félix García	Aprueba: Ing. Eugenia Naranjo
Área: Laboratorio de Mantenimiento Correctivo		
Equipo: Módulo móvil para la alineación de poleas por láser		
Niveles	Código	Descripción
1. Planta	ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
2. Área	FM	Facultad de Mecánica
3. Sistema	LMC	Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
4. Equipo	MPAL01	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

CAPÍTULO IV



4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo, se presentarán el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proceso de manufactura y realización de las pruebas de funcionamiento del módulo móvil para la alineación de poleas por láser. El objetivo de las mismas es proporcionar una evaluación exhaustiva y detallada, con el fin de validar el desempeño y eficacia en la desalineación de poleas.

Se comienza con la descripción del proceso de manufactura del módulo, en donde se destaca los aspectos técnicos y los desafíos encontrados durante el desarrollo. Posteriormente, se analizarán los resultados de las pruebas de funcionamiento, los cuales han sido diseñadas para medir la precisión, eficiencia y fiabilidad del sistema de alineación por láser.

4.1. Comparación del diseño CAD con el diseño físico

Tabla 4-1: Comparativa del módulo móvil

Diseño CAD	Diseño físico
	
<p>Observaciones: En términos de dimensiones y componentes, el módulo móvil manufacturado se asemeja al diseño CAD del software SolidWorks Académico.</p>	

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.2. Margen de error

El margen de error en la comparación del diseño CAD en SolidWorks Académico con el diseño manufacturado es un aspecto crítico en la ingeniería y la manufactura de precisión. Este margen de error se refiere a las diferencias que surgen entre las dimensiones especificadas en el modelo CAD y las medidas reales del módulo móvil final. Estas son causadas por diversos factores que influyen en la precisión del trabajo desarrollado, en particular cuando se utilizan herramientas manuales y mano de obra humana.

La precisión de las herramientas manuales utilizadas durante el proceso de manufactura es un factor significativo. Aunque las herramientas avanzadas como los calibres pie de rey o los micrómetros son altamente precisas, siempre existe una pequeña variación que puede generar el margen de error. Las habilidades y experiencia del operador también juegan un papel crucial, ya que los errores humanos, como la interpretación incorrecta de las medidas o la aplicación inadecuada de las técnicas de manufactura pueden modificar el diseño CAD original.

Las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, suelen afectar las propiedades de los materiales y, en consecuencia, las dimensiones finales de las piezas. Por ejemplo, las expansiones y contracciones térmicas pueden alterar las medidas previstas. Además, el uso constante de las herramientas puede hacer que sean estas sean menos precisas, lo que provocará errores adicionales en las dimensiones de los productos manufacturados.

Finalmente, las tolerancias de fabricación son los límites permisibles dentro de las cuales las dimensiones de una pieza pueden variar sin afectar su funcionalidad y contribuyen al margen de error total. Cuando varias tolerancias se combinan, el margen de error se acumula, afectando la precisión del resultado final, en el caso del módulo móvil el rango de error se determina dentro de un intervalo de aproximadamente ± 10 mm, debido a los diferentes procesos de mecanizado.

4.3. Resultados del proceso de manufactura y ensamblaje

El proceso de manufactura involucró varias etapas clave, desde la preparación de materiales hasta el ensamblaje final del módulo móvil. Cada una de estas etapas fue rigurosamente monitoreada para asegurar que se cumplieran todos los estándares de calidad establecidos. Se utilizaron diversas herramientas y técnicas de medición para verificar las dimensiones y tolerancias de las piezas fabricadas, comparándolas con las especificaciones del diseño CAD.

4.3.1. Procesos de manufactura

El desarrollo del mismo fue mediante la utilización de diversas técnicas de mecanizado que aseguran la precisión y calidad de las piezas, incluyendo el fresado, torneado, taladrado y rectificado. Cada uno de estos procesos fue seleccionado en función de las especificaciones del diseño CAD y los requisitos técnicos del módulo móvil.

- El fresado se utilizó para crear superficies planas y perfiles complejos.
- El torneado permitió la fabricación de componentes cilíndricos con alta precisión.
- El taladrado se empleó para realizar agujeros exactos en las piezas.
- El rectificado para asegurar que las tolerancias sean extremadamente ajustadas y las superficies sean lisas y uniformes para desarrollar el proceso de alineación.

Para garantizar que las dimensiones y tolerancias cumplieran con los estándares establecidos, se implementaron controles de calidad rigurosos en cada proceso de mecanizado.

4.3.1.1. Manufactura de la placa base

A continuación, se describe el proceso de manufactura de la placa base, construida en acero ASTM A36 con dimensiones de 789 mm de largo, 534 mm de ancho y 10 mm de espesor, este acero fue seleccionado por sus excelentes propiedades mecánicas, que incluyen características como alta resistencia y buena soldabilidad, que son esenciales para garantizar la robustez y durabilidad del módulo.

El proceso comenzó con el corte del acero a las dimensiones especificadas utilizando una máquina de corte por plasma, lo que aseguró cortes precisos y minimizó el desperdicio de material. Posteriormente, se llevó a cabo el fresado en una fresadora para planificar las superficies superior e inferior, el taladrado de los orificios necesarios se realizó con taladros CNC, garantizando la exactitud en la ubicación y el tamaño de los mismos. Finalmente, se realizó el rectificado en las superficies donde se ubicarán los pernos hexagonales para obtener una superficie lisa y precisa para el desarrollo de la alineación.

La placa base fue sometida a un riguroso control de calidad. Se utilizaron equipos de medición de alta precisión para verificar que todas las dimensiones y tolerancias cumplieran con las especificaciones del diseño CAD, finalizando con el proceso de pintura a soplete.



Ilustración 4-1: Manufactura placa base

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.1.2. *Manufactura de la caja del motor*

Esta es fabricada en chapa metálica de acero ASTM A36 y su proceso comienza con el corte de la chapa metálica utilizando una máquina de corte por láser, seguido del plegado en una prensa plegadora para formar la estructura tridimensional.

Después del plegado, la chapa se somete a un taladrado para crear los orificios necesarios para el montaje de la placa móvil y otros componentes, asegurando precisión en la ubicación y el tamaño de los agujeros.

Con el objetivo de obtener superficies lisas y precisas, las partes superior e inferior de la caja se rectificaron, eliminando cualquier imperfección residual existente.

Luego, se procede a la soldadura de las partes plegadas mediante la técnica de Soldadura por Arco Metálico Blindado (SMAW), lo que garantiza una unión fuerte y duradera, dando a la caja una estructura sólida, robusta y uniforme.

Este proceso de soldadura es crucial para la integridad estructural del componente ya que con el mismo la robustez aumenta, teniendo la capacidad de soportar el peso de la placa móvil y el motor eléctrico. Finalmente, es sometida a un proceso de pintado a soplete, proporcionando no solo un acabado estético, sino también una protección adicional contra la corrosión y otros agentes ambientales.



Ilustración 4-2: Manufactura caja del motor

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.1.3. Manufactura de la placa móvil del motor

El proceso comienza con el corte del material de dimensiones 184x152x15 (mm), utilizando una máquina de corte por láser, garantizando cortes precisos y conforme a las especificaciones del diseño CAD. Tras el corte, se procede al taladrado de los orificios necesarios para montar el motor y crear los ojos chinos que permitirán el ajuste horizontal de la placa. Este taladrado se realiza con máquinas CNC para asegurar la exactitud en la ubicación y el tamaño de los agujeros, manteniendo las tolerancias requeridas, los ojos chinos son esenciales para permitir el movimiento de la placa y ajustar correctamente la tensión de las correas, garantizando un funcionamiento óptimo del sistema de transmisión. Posteriormente, la parte inferior de la placa se somete a un proceso de rectificado para garantizar una superficie lisa, lo cual es esencial para el proceso de alineación y para asegurar un contacto uniforme con la caja del motor. Finalmente, la placa móvil se pinta a soplete.

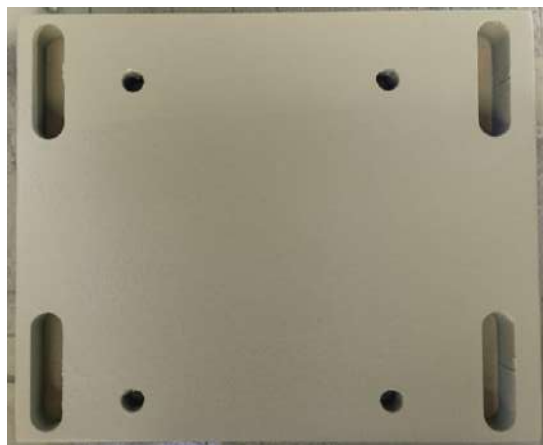


Ilustración 4-3: Manufactura de la placa móvil

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.1.4. *Manufactura de la estructura de la máquina conducida*

Inicialmente, se cortan varias piezas individuales de la estructura utilizando una máquina de corte por láser, garantizando cortes precisos y de calidad. Una vez cortadas las piezas, se realizan los agujeros necesarios para el montaje de las chumaceras y la colocación de pernos hexagonales M12, fundamentales para el sistema de nivelación de la estructura. Este taladrado se efectúa con máquinas CNC para asegurar una alta precisión en la ubicación y el tamaño de los agujeros.

Tras el corte y taladrado, las piezas se ensamblan mediante la técnica de Soldadura por Arco Metálico Blindado (SMAW). Este método de soldadura proporciona una unión fuerte y duradera entre las piezas, dando como resultado una estructura robusta y estable. Una vez soldada la estructura, se procede a rectificar la parte superior e inferior para garantizar superficies lisas y precisas, esenciales para la alineación y funcionamiento óptimo de la máquina conducida. Este proceso de rectificado elimina cualquier imperfección y asegura que las superficies sean planas y uniformes. Finalmente, la estructura completa se somete al proceso de pintado a soplete



Ilustración 4-4: Manufactura de la estructura conducida

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.1.5. *Manufactura del eje de la máquina conducida*

Este eje está fabricado en acero inoxidable 304 con un diámetro de 25,40 mm. Este material fue adquirido comercialmente, lo que asegura la calidad y las propiedades mecánicas necesarias para su aplicación.

El primer paso en el proceso de manufactura fue cortar el eje a la longitud requerida de 455 mm. Este corte se realizó utilizando una sierra de precisión para asegurar un corte limpio y exacto, cumpliendo con las especificaciones del diseño, la precisión es crucial para garantizar que el eje se ajuste correctamente en la estructura de la máquina conducida.

Una vez cortado el eje, se procedió a la fabricación de chaveteros en cada uno de sus extremos. Estos chaveteros permiten la inserción y fijación de la polea conducida y un acople flexible. Estos se mecanizaron utilizando una fresadora, cumpliendo con las dimensiones precisas necesarias para asegurar un ajuste perfecto y firme, evitando que las piezas en el eje se deslicen o desajusten durante el funcionamiento de la máquina conducida.



Ilustración 4-5: Manufactura del eje conducido

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.1.6. *Manufactura del disco de desbalanceo*

Para iniciar se realizó un corte preciso de los discos de nylon a las dimensiones requeridas utilizando una máquina de corte CNC, asegurando la precisión, consistencia en el tamaño y la forma de cada disco.

Una vez cortados, se procede a taladrar los 24 agujeros M5 en cada disco. Este taladrado se realiza con maquinaria CNC para asegurar la precisión en la ubicación y el tamaño de los agujeros, permitiendo la introducción de pernos o pesos necesarios para el estudio del desbalanceo. Para aumentar la durabilidad y reducir el desgaste, se insertan bocines de bronce en el centro de cada disco. Estos bocines se mecanizan y montan cuidadosamente para asegurar que la fricción con el eje de acero inoxidable no dañe los discos de nylon durante el funcionamiento.

Finalmente, los discos de desbalanceo se montan en el eje de la máquina conducida a una distancia de 220 mm entre sí, esta separación específica garantiza la efectividad de las pruebas de desbalanceo realizadas.



Ilustración 4-6: Manufactura del disco de desbalanceo

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.1.7. *Manufactura del eje de acople motor-polea*

Se da inicio con el corte del material a las dimensiones especificadas 82 (mm) de longitud, utilizando una sierra de precisión para asegurar que el corte sea limpio y exacto, cumpliendo con las especificaciones del diseño CAD.

Tras realizar el corte, se procede a mecanizar dos agujeros “prisioneros” en el eje de acople para garantizar la precisión y fijación exacta, permitiendo la inserción de tornillos prisioneros que aseguren el acople al eje del motor eléctrico. Además, se mecaniza un chavetero en uno de los extremos del eje para permitir una adecuada inserción y fijación en el eje del motor y poder garantizar que el acople no se deslice durante el funcionamiento del motor. Finalmente, en el otro extremo del eje de acople, se mecaniza otro chavetero para montar la polea de manera correcta, proporcionando estabilidad y precisión en la alineación y funcionamiento del sistema de transmisión.



Ilustración 4-7: Manufactura del eje de acople

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.1.8. *Manufactura de los sujetadores de la caja del motor*

A continuación, se describen los pasos necesarios para fabricar los dos sujetadores de la caja del motor, que están fabricados de acero ASTM A36. Cada sujetador tiene las dimensiones de 190x45 (mm) y son necesarios para permitir que la placa móvil se mueva horizontalmente y facilitar el tensado adecuado de las correas trapezoidales. El proceso inicia con el corte del material utilizando la máquina de corte por láser a las dimensiones especificadas, garantizando cortes precisos y uniformes para todos los sujetadores.

Después de cortar, se taladran seis agujeros en cada sujetador de 6 mm de diámetro. Estos agujeros permiten que los sujetadores se fijen de manera segura a la caja del motor. Además, cada sujetador tiene dos agujeros roscados M10 para permitir el ajuste y desplazamiento de la placa móvil mediante pernos hexagonales. Finalmente, se procede al proceso de pintado mediante soplete.



Ilustración 4-8: Manufactura de los sujetadores

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.2. *Proceso de ensamblaje*

El ensamblaje del módulo móvil para la alineación de poleas por láser se lleva a cabo en tres etapas, y se detallan a continuación:

4.3.2.1. *Ensamblaje de la máquina motriz*

- **Montaje de la caja del motor:** Se comienza ensamblando los dos sujetadores fabricados en acero ASTM A36, estos se fijan en los extremos y el centro de la caja del motor mediante los agujeros de $\varnothing 6$ mm y los pernos hexagonales M10 se insertan en el agujero roscado para permitir el desplazamiento horizontal de la placa móvil.

- **Montaje de la placa móvil:** La placa móvil, previamente rectificada, se coloca sobre la cara superior de la caja del motor también rectificada, asegurando que las superficies uniformes coincidan para una mayor precisión en el proceso de alineación.
- **Montaje del motor eléctrico:** Se monta el motor eléctrico trifásico WEG de 0.5 HP sobre la placa móvil. A continuación, se inserta el eje de acople entre el motor y la polea en el eje del motor eléctrico, asegurando su fijación mediante los chaveteros y los tornillos prisioneros.
- **Instalación de la polea motriz:** Finalmente, se monta la polea motriz TB-SPA de 112 mm de diámetro en el extremo derecho del eje de acople, utilizando el buje cónico designación 1610 de 25,40 mm de diámetro para asegurar su fijación.



Ilustración 4-9: Ensamblaje de la máquina motriz

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.2.2. *Ensamblaje de la máquina conducida*

- **Montaje de las chumaceras en la estructura de la máquina conducida:** Sobre la estructura, se montan las chumaceras de designación UCP 205-16, en las bases de soporte correspondientes. Estas chumaceras son el soporte para el eje de la máquina conducida.
- **Montaje del eje y discos de desbalanceo:** Se inserta el eje de acero inoxidable 304 de la máquina conducida en las chumaceras, junto con los discos de desbalanceo que se

colocan a una distancia de 220 mm entre sí, para garantizar la efectividad de las pruebas de desbalanceo.

- **Montaje de la polea conducida:** En el extremo derecho del eje de la máquina conducida, se monta la polea conducida TB-SPA de 140 mm de diámetro, utilizando el buje cónico designación 2012 de 25,40 mm de diámetro asegurando su fijación.



Ilustración 4-10: Ensamblaje de la máquina conducida

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.2.3. Ensamblaje final

- **Montaje de la placa base:** La placa base se ensambla sobre la mesa de trabajo del elevador hidráulico, proporcionando una plataforma estable y ajustable para el ensamblaje final de las máquinas motriz y conducida.
- **Montaje de las máquinas motriz y conducida a la placa base:** Se ensamblan las máquinas mencionadas sobre la placa base. La máquina motriz se fija utilizando pernos hexagonales (M12x1,50x100) y 16 tuercas hexagonales M12, mientras que la máquina conducida se asegura con pernos hexagonales (M12x1,75x100) y 16 tuercas hexagonales M12. Estos componentes aseguran un montaje firme y permiten el sistema de nivelación del módulo móvil.
- **Montaje de las correas trapezoidales:** Finalmente, se colocan las correas trapezoidales sobre las poleas motriz y conducida, asegurando que se puedan tensar correctamente para un funcionamiento óptimo del módulo móvil.



Ilustración 4-11: Ensamblaje final del módulo móvil

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.3. Pruebas de funcionamiento

A continuación, se detalla el desarrollo de las pruebas de funcionamiento que son esenciales para evaluar la eficacia y precisión del módulo en condiciones de operación reales. El objetivo principal es verificar que el módulo móvil puede corregir la desalineación de poleas en dos aspectos críticos: desalienación del ángulo vertical y la desalineación paralela.

Preparación de los equipos y herramientas

Durante el desarrollo de las pruebas de funcionamiento, se emplearán técnicas de medición precisas y se utilizarán equipos de alta calidad como lo es el alineador láser de poleas PAT II y el SKF Belt Frequency Meter para asegurar la exactitud de los resultados, de la mano estará la utilización del carro de herramientas EMTOP para poder organizar y disponer de manera eficiente todas las herramientas.

Antes de comenzar cada prueba, se asegura que los equipos estén bien calibrados, de esta manera se garantiza que las pruebas proporcionen datos confiables para la evaluación de la desalineación y el rendimiento del sistema de transmisión. Cada prueba será repetida tres veces para validar la consistencia de los resultados, avalando el correcto desempeño del módulo móvil.



Ilustración 4-12: Carro porta herramientas

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.



Ilustración 4-13: Alineador láser PAT II

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.



Ilustración 4-14: SKF Belt Frequency

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.3.1. Simulación y corrección de la desalineación paralela

1. Se inicia con la verificación de que el módulo móvil se encuentre correctamente nivelado con la ayuda de las patas niveladoras de la mesa elevadora hidráulica una vez realizado la nivelación se verificó en el sistema de niveles, instalados en la placa base.



Ilustración 4-15: Sistema de niveles

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

2. Se montan las correas trapezoidales en cada canal de las poleas.



Ilustración 4-16: Montaje de las correas

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3. Una vez montadas las correas se proceder alinear paralelamente la posición de las mismas con la referencia de líneas rojas que son proporcionadas por el fabricante.



Ilustración 4-17: Alineación de correas

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4. Se procede a mover verticalmente 10 mm hacia adentro a la polea motriz, para simular el fallo de la desalineación paralela.



Ilustración 4-18: Simulación de la desalineación paralela

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

5. Se instalan la unidades láser en las poleas motriz y conducida según las instrucciones del fabricante y se verifica el nivel de desalineación existente.



Ilustración 4-19: Montaje de los alineadores láser

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.



Ilustración 4-20: Desalineación en la patea motriz

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.



Ilustración 4-21: Desalineación en la patea conducida

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

6. Al comprobar que existe la desalineación paralela, se nivela la polea motriz moviéndola verticalmente, hasta que los alineadores nos indiquen que las líneas láser proyectadas se encuentre centradas en la líneas gruesas de referencia de color negro.



Ilustración 4-22: Proceso de alineación

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.



Ilustración 4-23: Poleas alineadas

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

7. Una vez finalizado la alineación de las poleas, se inicia con el proceso de tensado de las correas trapecoidales, moviendo horizontalmente la placa móvil hasta lograr una condición de pretensado, utilizando la racha y el dado N° 17, efectuando giros de 90° de arriba hacia abajo en los pernos hexagonales de la parte derecha de la caja del motor.



Ilustración 4-24: Pretensado de las correas

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

8. Con las correas pretensadas, se enciende el equipo SKF Belt Frequency Meter, se configura para que las unidades de respuesta sea el newton (N) y se ingresa los siguientes valores:

SPAN: Que mediante la siguiente ecuación se determina el valor a utilizar:

$$S = \sqrt{CD^2 - \frac{(D - d)^2}{4}}$$

Ecuación 4-1: Cálculo del SPAM

Donde:

S = Longitud de tramo [mm]

CD: Distancia entre los centros de las poleas [mm]

D: Diámetro de la polea conducida [mm]

d: Diámetro de la polea motriz [mm]

Reemplazando valores y resolviendo la ecuación:

$$S = \sqrt{290^2 - \frac{(140 - 112)^2}{4}}$$

$$S = 290 \text{ mm}$$

$$S = 0,290 \text{ m}$$

Con este valor, se presiona la tecla SPAN para ingresar la longitud del tramo de la correa. La tecla se mantiene presionada mientras se usan las teclas UP o DOWN para

configurar la longitud del tramo en metros. Se suelta la tecla hasta escuchar un pitido audible que indica que la configuración ha sido guardada.

MASS: Es la masa de la correa que se obtiene de la tabla: Correas trapezoidales envueltas, en cuña y con bandas del manual usuario del equipo se ingresa con el valor del diámetro de la polea pequeña y las rpm del motor eléctrico dándonos un valor de 0,115 kg/m como lo indica la siguiente Ilustración:

Wrapped V, wedge and banded belts							
Belt type	Smallest pulley diameter		Speed range		Belt tension per single belt*		Mass Single belt
	from	incl.	from	incl.	New belt	Run in belt	
	mm		rpm		N	N	kg/m
A	75	90	1 000	2 500	332	222	0.115
			2 501	4 000	254	169	
	91	120	1 000	2 500	391	261	

Ilustración 4-25: Valor de masa de la correa

Fuente: (SKF, 2021)

De igual manera, con este valor se presiona la tecla MASS para ingresar la masa de la correa. La tecla se mantiene presionada mientras se usan las teclas UP o DOWN para configurar la masa de la correa en kg/m. Se suelta la tecla hasta oír un pitido audible que indica que la configuración ha sido guardada.

- Se enchufa el sensor óptico y se apunta hacia al centro de la correa, con una separación dentro del rango (5-25 mm), se da un pequeño golpe con una llave mixta a la correa para que se produzca la vibración requerida.



Ilustración 4-26: Verificación de tensión

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.



Ilustración 4-27: Proceso de golpeo

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

10. Finalmente, el valor obtenido de la tensión se compara con el valor que recomienda el fabricante cuando una correa es nueva, que es 391 N y se detalla en la siguiente Ilustración:

Wrapped V, wedge and banded belts							
Belt type	Smallest pulley diameter		Speed range		Belt tension per single belt*		Mass Single belt
	from	incl.	from	incl.	New belt	Run in belt	
	mm		rpm		N	N	kg/m
A	75	90	1 000	2 500	332	222	0,115
			2 501	4 000	254	169	
	91	120	1 000	2 500	391	261	

Ilustración 4-28: Valor de tensión requerida

Fuente: (SKF, 2021)

Este valor de tensión admite un margen de error de $\pm 1\%$ ($387 \leq 391 \leq 395$ N), según el fabricante.

Por otro lado, tras tensar correctamente las correas y repetir las mediciones hasta obtener un valor dentro del margen de error permitido, que es de 389 N, se realizó el análisis dos veces más, comprobando que este valor es constante y no varía

Finalmente, se registra este valor, se apaga el equipo, se desconecta el enchufe, se guarda en su estuche y se da por concluida la prueba de funcionamiento.



Ilustración 4-29: Valor final

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.3.3.2. Simulación y corrección de la desalineación angular vertical

1. El inicio de esta prueba de funcionamiento es secuencial y se procede a realizarla una vez que las poleas se encuentran alineadas y las correas tensadas, se inicia en la caja del motor en donde con la llave #19 se desajusta las tuercas hexagonales de la parte delantera, y después las que se encuentran en la parte posterior. Una vez realizado el procedimiento anterior se ajustan las contratueras posteriores hexagonales inferiores hasta lograr el ángulo adecuado para simular la desalineación angular vertical.

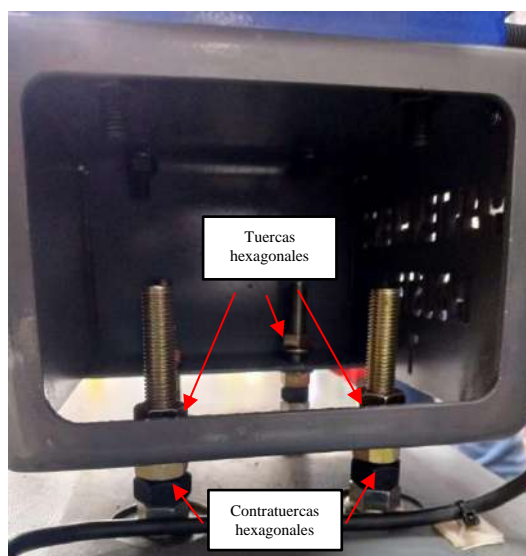


Ilustración 4-30: Parte posterior de la caja del motor

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.



Ilustración 4-31: Ajuste de las contratuercas

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

2. Una vez realizado el ajuste de los pernos, se verifica que exista una inclinación con un ángulo menor o igual a 40° .



Ilustración 4-32: Desalineación angular vertical

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

3. Una vez realizada la simulación correspondiente se procede a montar los alineadores láser y se comprueba la desalienación existente.



Ilustración 4-33: Desalineación existente

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4. Para corregir la desalineación se retorna a la parte posterior de la caja del motor y se aflojan las contratuerzas hexagonales inferiores y se ajustan las tuercas hexagonales superiores, hasta lograr que esta regrese a su posición inicial correctamente nivelada con los pernos hexagonales de la parte delantera.



Ilustración 4-34: Alineación de la caja del motor

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

5. Se verifica que el láser dibuje dos líneas paralelamente en la etiqueta del objetivo de la unidad montada opuesta y que coincidan en su distancia, en el caso de esta prueba el láser tiene que proyectar paralelamente el mismo número de líneas en la sección blanca de la etiqueta en la unidad de la polea motriz y el mismo número de líneas en la sección gris de la etiqueta en la unidad de la polea conducida, evidenciando que la desalineación ha sido corregida.



Ilustración 4-35: Corrección de la desalineación

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

6. Para finalizar se comprueba que las correas sigan correctamente tensadas con el medidor de frecuencia de SKF, cabe tomar en cuenta que generalmente las correas no se deberían destensar ya que solo se corrige una desalineación angular.

Finalmente, una vez comprobada el valor correcto de tensado se procede a finalizar la prueba de funcionamiento, apagar y guardar los equipos y herramientas.



Ilustración 4-36: Tensado final

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.4. Análisis de costos

El análisis de costos es una parte esencial del Trabajo de Integración Curricular, ya que permite evaluar la viabilidad económica y la eficiencia en la asignación de recursos. En este punto, se especifican los costos directos e indirectos relacionados con la construcción del módulo móvil para la alineación de poleas por láser.

Tabla 4-2: Costos directos e indirectos

COSTOS DIRECTOS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MATERIAL	COSTO (USD)
Mesa elevadora hidráulica	1	Acero aleado fundido	253,00
Motor eléctrico (0,5 HP)	1	Acero	160,00
Polea TB	2	Hierro fundido gris	52,12
Chumacera	2	Hierro fundido	12,00
Correa trapezoidal	2	Poliuretano con fibra de vidrio	10,00
Placa base	1	Acero ASTM A36	270,00
Caja del motor	1	Acero ASTM A36	95,00
Placa móvil	1	Acero ASTM A36	45,00
Eje de la máquina conducida	1	AISI 304	60,00
Estructura de la máquina conducida	1	Acero ASTM A36	75,00
Eje de acople motor-polea	1	AISI 1020	20,00
Disco de desbalanceo	2	Nylon	10,00
Bocín	2	Bronce	6,00
Sujetadores de la caja del motor	2	Acero ASTM A36	60,00
Perno hexagonal	12	Acero inoxidable, acero aleado	70,00
Perno Allen cilíndrico	8	Acero aleado	15,00
Tornillo avellanado plano	4	Acero aleado	5,00
Tuercas	40	Acero aleado	25,00
Arandelas de presión	8	Acero aleado	4,00
Breaker 3P-6A	1	Plástico	13,40
Riel Din	1	Metal	2,50
Cable concéntrico 3x14 AWG (4 metros)	1	Cobre, aislamiento, PVC.	7,50
COSTOS INDIRECTOS			
Costos de ingeniería			350,00
COSTO TOTAL			1620,52

Realizado por: Polo, A. y Rivera, J., 2024.

4.5. Guía de laboratorio

Se elaborará una guía práctica de laboratorio para el módulo móvil de alineación de poleas por láser, que estará detallada en el Anexo B. Esta guía ha sido elaborada en base a la normativa institucional y los requerimientos académicos de la asignatura de Mantenimiento Correctivo. En ella se proporcionarán instrucciones detalladas y precisas para la correcta utilización del módulo, permitiendo a los estudiantes realizar prácticas de alineación de poleas por láser de manera efectiva y segura.

4.6. Plan de mantenimiento

Se desarrollará un plan de mantenimiento tanto preventivo como correctivo para el módulo móvil de alineación de poleas por láser con un enfoque en el Análisis de Modos de Falla y Efectos (FMEA). Este plan incluirá las Hojas de Tareas de Mantenimiento (MTS) y Hoja de Instrucciones de Tareas (TIS), y estará detallado en el Anexo C. El plan de mantenimiento preventivo se enfocará en la realización de tareas regulares para evaluar la degradación y disminuir la probabilidad de fallo del módulo, mientras que el mantenimiento correctivo abordará las acciones necesarias para reconocer las averías y devolverlo a un estado en el que pueda realizar la función requerida. Este enfoque integral asegurará la operación continua y eficiente del equipo, alineándose con los estándares de mantenimiento y los requisitos técnicos de la asignatura de Mantenimiento Correctivo.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se identificaron los componentes y requerimientos técnicos para diseñar y construir el módulo móvil, realizando los cálculos matemáticos necesarios para asegurar una base técnica sólida en el sistema de transmisión.

Se implementaron procesos de diseño y manufactura con ingeniería avanzada, utilizando la metodología PDCA y seleccionando materiales y componentes de alta calidad, para fabricar un módulo móvil didáctico, seguro, preciso y funcional.

Se desarrollaron pruebas de funcionamiento que validaron la precisión de la alineación láser en poleas y el tensado de correas, garantizando un rendimiento óptimo del módulo móvil en la corrección de condiciones de desalineación.

Se elaboró conforme a la normativa institucional la guía de laboratorio y el plan de mantenimiento, para garantizar la correcta operación, el mantenimiento adecuado y una vida útil prolongada del módulo móvil.

5.2. Recomendaciones

Antes de la práctica de laboratorio, se debe revisar la guía de laboratorio, la cual contiene instrucciones operativas y de funcionamiento, garantizando una correcta y segura utilización del módulo móvil durante la práctica.

Desarrollar un bot con inteligencia artificial para asistir en tiempo real durante la práctica de laboratorio, guiando a los y las estudiantes en caso de olvidar procedimientos, uso de herramientas y facilitando la búsqueda adicional de información relevante.

Realizar pruebas comparativas con otros sistemas de alineación de poleas existentes para identificar ventajas y áreas de mejora, asegurando que el módulo móvil es competitivo y eficiente.

Incorporar un sistema de gestión de mantenimiento computarizado (CMMS) para facilitar la programación y seguimiento de las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, mejorando la eficiencia operativa del módulo móvil.

BIBLIOGRAFÍA

1. **BESA, José.** *Diseño de máquinas.* [en línea]. Valencia-España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2016. [Consulta: 05 abril 2024]. Disponible en: <https://elibro-net.proxy.esPOCH.edu.ec/es/ereader/esPOCH/57432>
2. **BUDYNAS, Richard & NISBETT, Keith.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* 10ª ed. Ciudad de México-México: McGraw-Hill, 2019, pág. 860.
3. **CACUANGO EUGENIO, Luis Fabian.** Construcción de un módulo de pruebas para el estudio del tensado óptimo de las correas trapezoidales mediante análisis vibracional y energético, para la Facultad de Mecánica de la Espoch. [En línea]. (Trabajo de titulación).Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2017. págs 63-64. [Consulta: 2024-04-08]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6460>
4. **CEDILLO, Joaquín.** *Diseño de Elementos de Máquinas.* [en línea]. Ciudad de México-México: Alfa Omega Grupo Editor, 2017. [Consulta: 08 abril 2024]. Disponible en: <https://www-alphaeditorialcloud-com.proxy.esPOCH.edu.ec/reader/diseño-de-elementos-de-maquinas>
5. **DOMINION ADVANCED TECHNOLOGIES.** *Alineación de poleas de precisión: optimización de la eficiencia de fabricación con herramientas de alineación avanzadas* [blog]. Ciudad de México: LinkedIn, 13 marzo, 2024. [Consulta: 3 abril 2024.]. Disponible en: https://www.linkedin.com/pulse/alineaci%C3%B3n-de-poleas-precisi%C3%B3n-optimizaci%C3%B3n-0e8ke/?trk=public_post&originalSubdomain=es
6. **DSP ANALYTIC.** *Alineador láser de poleas PAT II.* [en línea]. 27 agosto, 2022. [Consulta: 08 abril 2024]. Disponible en: <https://dspanalytic.com/pat-ii/>
7. **DUNLOP ARGENTINA S.A.** *Correas de transmisión industrial.* [en línea]. 18 abril, 2018. [Consulta: 08 abril 2024]. Disponible en: <https://www.dunlop.com.ar/catalogos/03-Catalogodecorreasindustriales.pdf>

8. **GOOGLE.** *Google Earth.* [en línea]. 09 enero, 2022. [Consulta: 20 mayo 2024]. Disponible en: <https://earth.google.com/web/@-1.65935744>
9. **INTRIAGO NACEVILLA, Darwin Alexander & MANCHAY LASCANO, Wélinton Javier.** Readecuación e implementación de un equipo para alineación láser de bandas y poleas en el Laboratorio de Análisis Vibracional de la escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la ESPOCH. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2011. pág. 15. [Consulta: 2024-04-03]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1669>
10. **JAYA VACACELA, Milton David & PAGUAY CALI, Diego Santiago.** Construcción de un módulo de pruebas para simular modos de falla en sistemas de transmisión de potencia con polea para el Laboratorio de Diagnóstico Técnico. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2017. pág 18. [Consulta: 2024-04-03]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8040>
11. **LUDECA.** *Pulley Alignment Guide.* [en línea]. 31 enero, 2019. [Consulta: 08 abril 2024]. Disponible en: https://ludeca.com/wp-content/uploads/2019/01/Ludeca_Pulley-Alignment-Guide5-Step-Procedure.pdf
12. **MEDRANO, José; et al.** *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales.* [en línea]. Ciudad de México-México: Grupo Editorial Patria, 2017. [Consulta: 08 abril 2024]. Disponible en: <https://elibro-net.proxy.espoch.edu.ec/es/lc/espoch/titulos/40508>
13. **NARANJO, Eugenia.** *Selección de Elementos de Máquinas.* [en línea]. Riobamba-Ecuador: La Caracola Editores, 2022. [Consulta: 05 abril 2024]. Disponible en: http://cimogsys.espoch.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2023-03-23-171749-elementos_de_maquinas.pdf
14. **OPTIBELT.** *Manual técnico para transmisiones por correas trapeciales.* [en línea]. 27 mayo, 2022. [Consulta: 08 abril 2024]. Disponible en: <https://rodac.cl/document/optibelt-es-manual-tecnico-para-transmisiones-por-correas-trapeciales-pdf/>

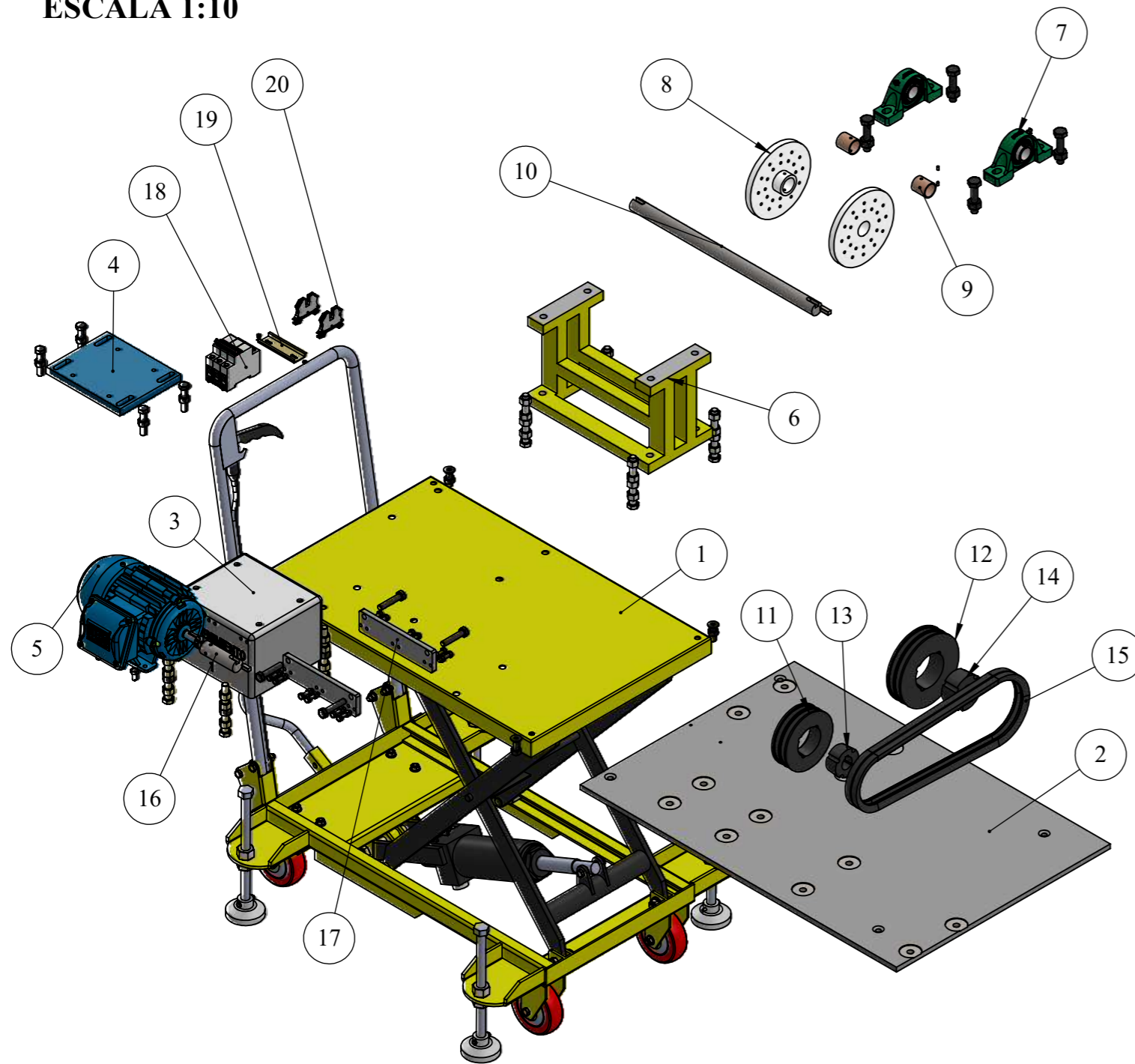
15. **ÓRBITA INGENIERÍA S. L.** *Pequeña introducción acerca del factor de seguridad*. [blog]. Valencia: LinkedIn, 24 mayo, 2023. [Consulta: 11 junio 2024]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/peque%C3%B1a-introducci%C3%B3n-acerca-del-factor-de-seguridad/>
16. **OZAETA, Alejandro; et al.** "Diseño y generación de transmisiones de potencia por correa trapecial en Solidworks mediante una aplicación en Visual Basic". *Revista Facultad de Ingeniería* [en línea], 2013, (Colombia), vol 22 (35), págs. 36-41. [Consulta: 05 abril 2024]. ISSN 0121-1129. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfing/v22n35/v22n35a04.pdf>
17. **PEDRERO, José & FERNÁNDEZ, Alejandro.** *Elementos de máquinas*. [en línea]. Madrid-España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2019. [Consulta: 05 abril 2024]. Disponible en: <https://elibro-net.proxy.esPOCH.edu.ec/es/lc/esPOCH/titulos/123705>
18. **PÉREZ, Antonio; et al.** *Mantenimiento mecánico de máquinas*. [en línea]. Castellón de la Plana-España: Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions, 2013. [Consulta: 08 abril 2024]. Disponible en: <https://elibro-net.proxy.esPOCH.edu.ec/es/lc/esPOCH/titulos/42317>
19. **ROVALINO NÚÑEZ, Byron Orlando & TAPIA OCHOA, Julio Enrique.** Implementación de un módulo de simulación para el diagnóstico vibracional de la desalineación de poleas y problemas en bandas para el rotor kit del Laboratorio de Diagnóstico técnico y Eficiencia Energética. [En línea]. (Trabajo de titulación). Riobamba-Ecuador. 2022. pág 19. [Consulta: 2024-04-03]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16226>
20. **SKF.** *Acerca de la alineación de correas*. [en línea]. 07 mayo, 2020. [Consulta: 03 abril 2024]. Disponible: <https://www.skf.com/co/products/maintenance-products/alignment-tools/belt-alignment-tools/about-belt-alignment>
21. **SKF.** *Medidor de frecuencia de correas*. [en línea]. 28 noviembre, 2021. [Consulta: 17 julio 2024]. Disponible en: <https://www.skf.com/co/products/maintenance-products/alignment-tools/belt-alignment-tools/belt-frequency-meter>

22. **SKF.** *Unidades de rodamientos de bolas con soporte de pie, fijación con prisioneros.* [en línea]. 19 marzo, 2019. [Consulta: 04 junio 2024]. Disponible en: https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d196808a7aec/pdf_preview_medium/0901d196808a7aec_pdf_preview_medium.pdf.
23. **WEG.** *Manual general de instalación, operación y mantenimiento de motores eléctricos.* [en línea]. 02 febrero, 2024. [Consulta: 08 abril 2024]. Disponible en: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h0c/hfd/WEG-WMO-iom-installation-operation-and-maintenance-manual-of-electric-motors-50033244-manual-pt-en-es-web.pdf>
24. **WEG.** *W22 IE2 0.5 HP 4P 71 3F 220/440 V 60 Hz IC411 - TEFC - B3L(D).* [en línea]. 19 diciembre, 2020. [Consulta: 09 abril 2024]. Disponible en: <https://www.weg.net/catalog/weg/KN/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Motor-de-Inducc%C3%ADon---IEC/Usa-General-ODP-TEFC/Carcasa-de-Hierro-Gris/TEFC-W22-/W22-IE2-0-5-HP-4P-71-3F-220-440-V-60-Hz-IC411---TEFC---B3L%28D%29/p/13033767>
25. **WEG.** *W22 Motor Eléctrico Trifásico - Catálogo Técnico Mercado Latinoamericano.* [en línea]. 25 agosto, 2021. [Consulta: 11 abril 2024]. Disponible en: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h90/heh/WEG-WMO-w22-motor-electrico-trifasico-50024297-brochure-sp.pdf>
26. **XILIN.** *U.S Tipe Lift Table SP150/SP300/SP500 Suppliers.* [en línea]. 08 enero, 2022. [Consulta: 10 abril 2024]. Disponible en: <https://www.xilin.com/product/u-s-type/u-s-type-lift-table.html>

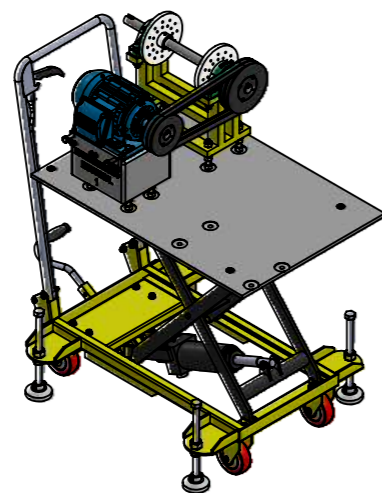
ANEXOS

ANEXO A: PLANOS MECÁNICOS

ESCALA 1:10



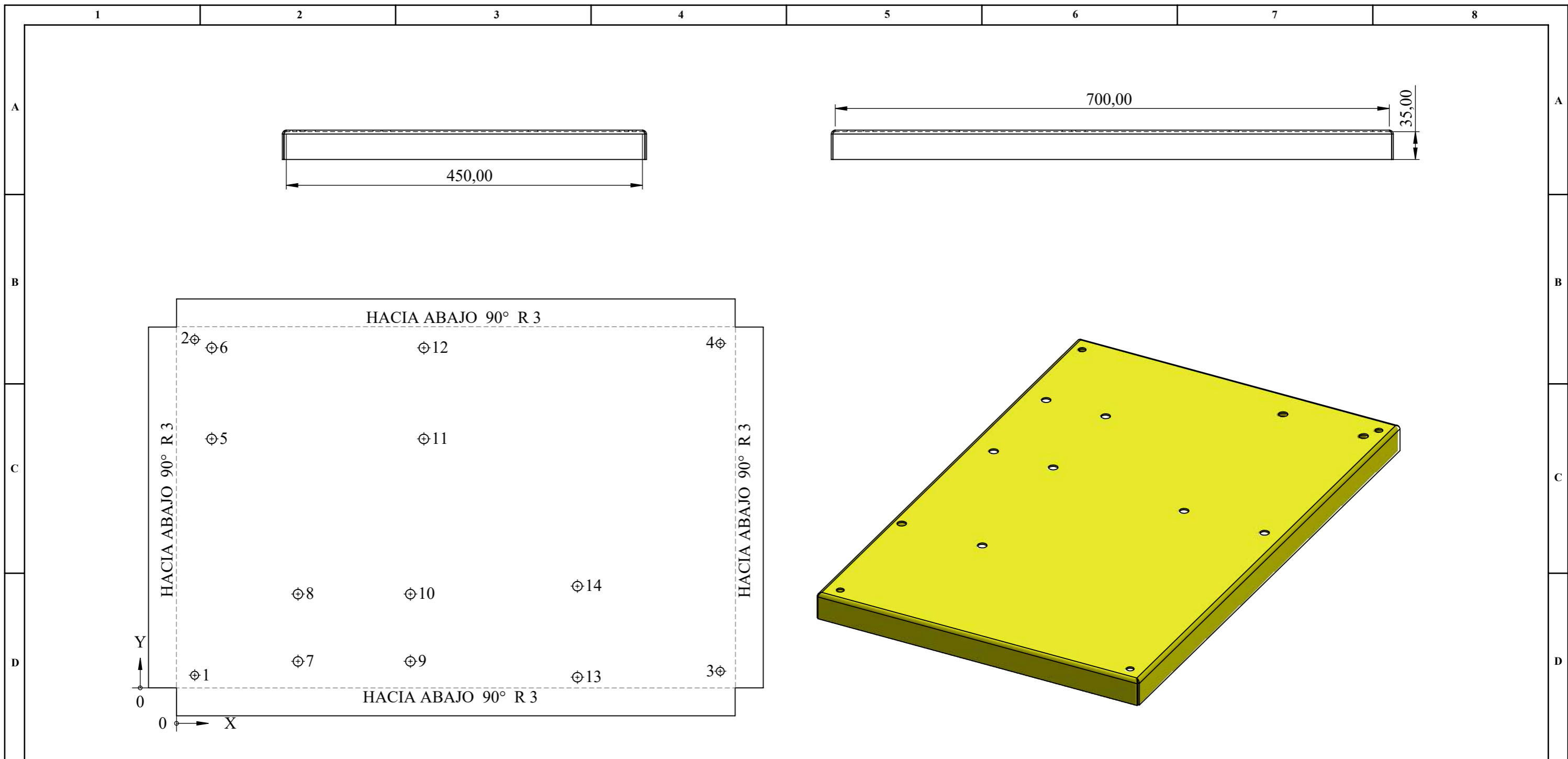
ESCALA 1:20



LISTA DE MATERIALES

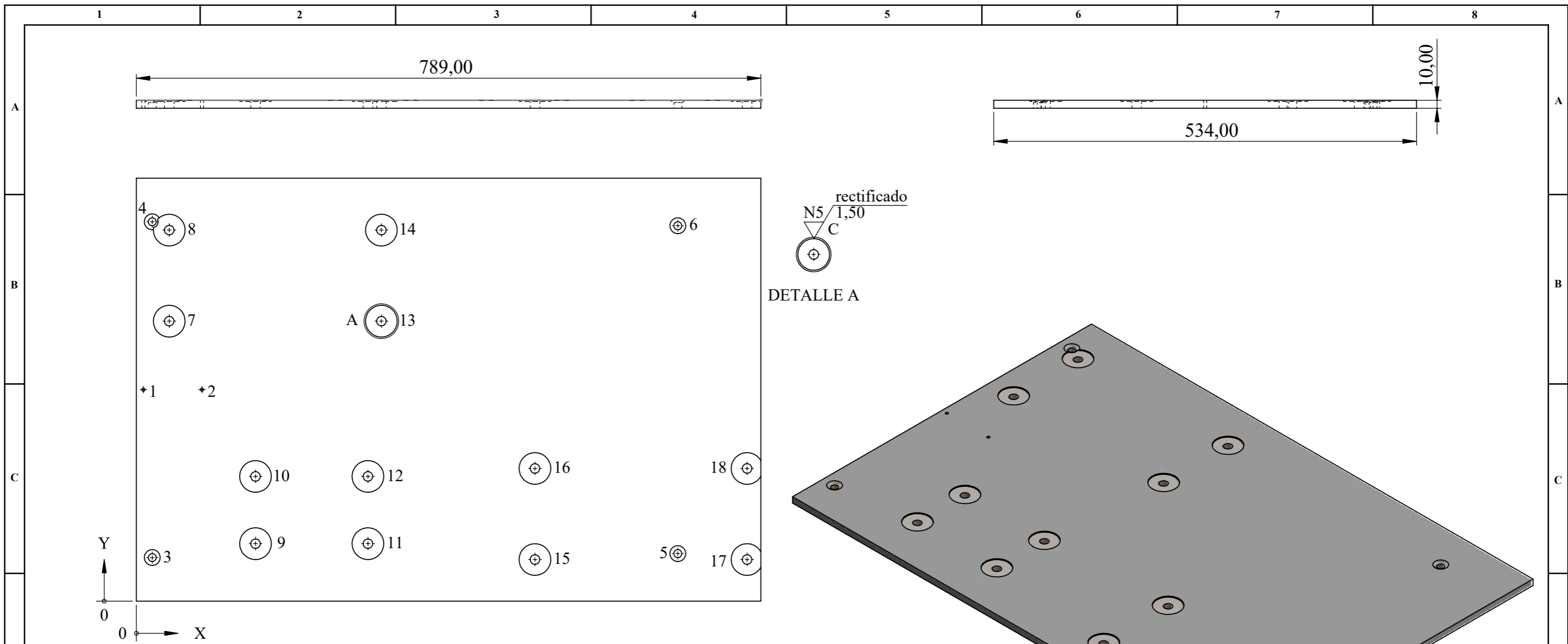
N.º	CANT.	ELEMENTO	MATERIAL	OBSERVACIÓN
1	1	Mesa elevadora hidráulica 700x450x35 (mm)	Acero aleado fundido	Marca: Xilin, modelo: EE.UU. SP150, distribuido por NPD Global Suppliers S.A.
2	1	Placa base 789x534x10 (mm)	ASTM A36 Acero	Manufacturado
3	1	Caja del motor 198x186 (mm)	ASTM A36 Acero	Manufacturado
4	1	Placa móvil del motor 184x152x15 (mm)	ASTM A36 Acero	Manufacturado
5	1	Motor eléctrico trifásico de inducción con rotor jaula de ardilla 0,5 HP	Hierro fundido	Marca: WEG, distribuido por BKB Maquinaria Industrial
6	1	Estructura de la máquina conducida 306x160 (mm)	ASTM A36 Acero	Manufacturado
7	2	Chumacera	Hierro fundido	Marca: CMS Boardings, designación por catálogo: UCP 205-16, distribuido por Proveedora de Rulimanes
8	2	Disco de desbalanceo Ø 150 (mm)	Nylon	Manufacturado
9	2	Bocín Ø 25,40x32 (mm)	Bronce	Manufacturado
10	1	Eje de la máquina conducida Ø 25,40 x 455 (mm)	AISI 304	Manufacturado
11	1	Polea motriz SPA Ø 112 (mm)	Hierro fundido gris	Marca: Optibel, designación en catálogo: TB SPA 112/2, distribuido por Maquinarias Henriques
12	1	Polea conducida SPA Ø 140 (mm)	Hierro fundido gris	Marca: Optibel, designación en catálogo: TB SPA 140/2, distribuido por Maquinarias Henriques
13	1	Buje cónico 1610 Ø 25,40 (mm)	Hierro fundido gris	Marca: Optibel, designación en catálogo: 1610-1" (25,40mm), distribuido por Maquinarias Henriques
14	1	Buje cónico 2012 Ø 25,40 (mm)	Hierro fundido gris	Marca: Optibel, designación en catálogo: 2012-1" (25,40mm), distribuido por Maquinarias Henriques
15	2	Correa trapecial perfil A	Poliuretano con fibra de vidrio	Marca: Optibelt, n° de correa en catálogo: A37, distribuido por Maquinarias Henriques
16	1	Eje de acople motor-polea Ø 25,40x82 (mm)	ASTM A36 Acero	Manufacturado
17	2	Sujetador de la caja del motor 189,79x45x10 (mm)	ASTM A36 Acero	Manufacturado
18	1	Breaker riel din 3P-6A	Plástico	Marca: Ebase, distribuido por Electrotelecom
19	1	Riel din 90,20x33,60 (mm)	Metal	Marca: Scheneider, distribuido por Dinelec
20	1	Terminal de carril din	Plástico	Marca: RS Components, distribuido por Dinelec

Nº de láminas 1 de 5		Nº de hojas 5		Sustitucion:	Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MAPL01	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: agosto.polo@esPOCH.edu.ec jorge.rivera@esPOCH.edu.ec				Denominación: MÓDULO MÓVIL PARA LA ALINEACIÓN DE POLEAS POR LÁSER					
Teléfonos: 0992797108;0987091626						88,83137	± 0,3[mm]	1:10 1:20	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: Mecánico y eléctrico Nombre de archivo: MÓDULO_MÓVIL_PARA_LA_ALINEACIÓN_DE_POLEAS_POR_LÁSER.sldprt					
Proyectó	Polo Augusto		2024/07/12						
Dibujó	Rivera Jorge		2024/07/12						
Revisó	Ing. Choto S.		2024/07/17						
Aprobó	Ing. Naranjo E.		2024/07/23						

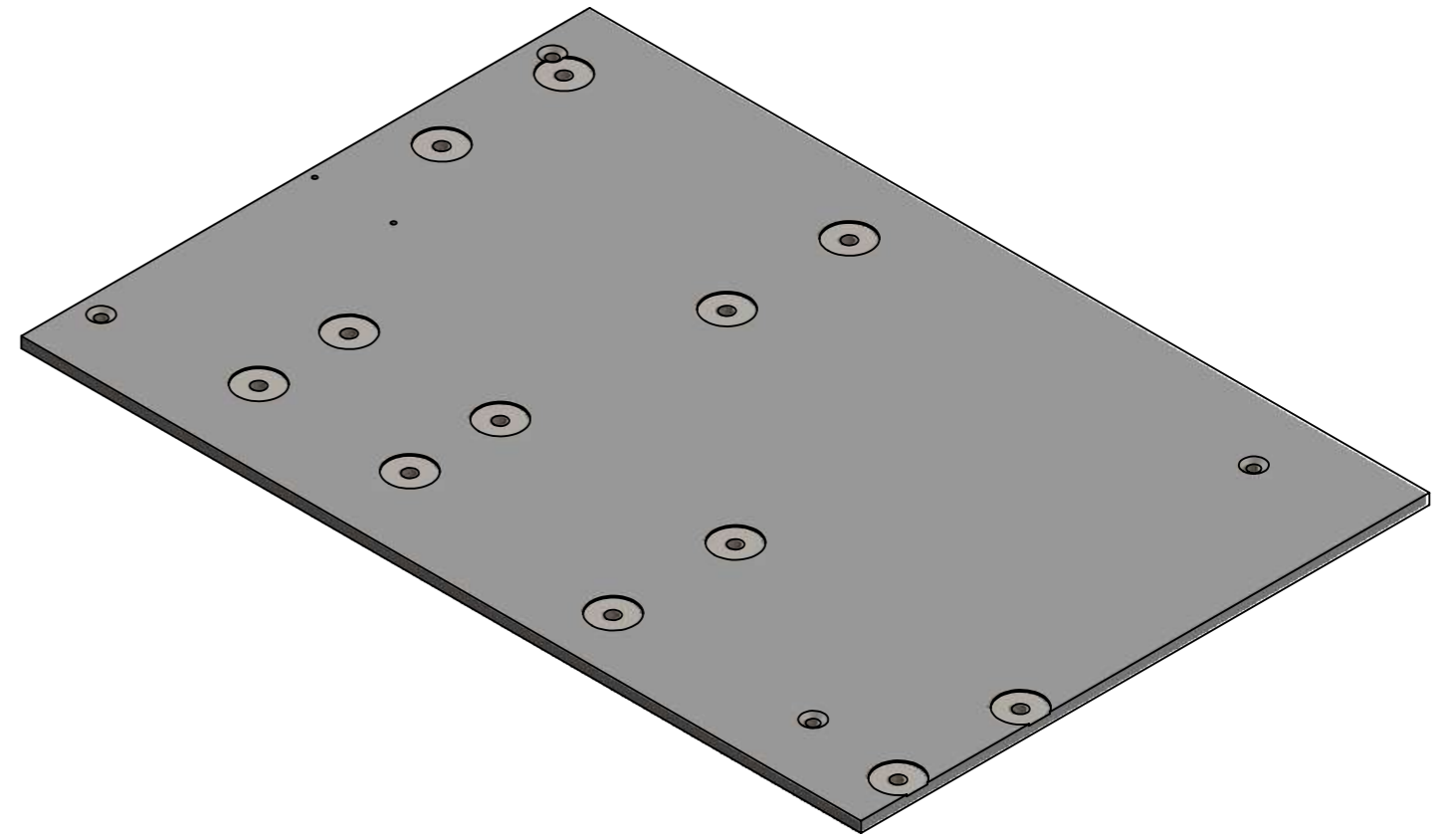


RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	TAMAÑO
1	22,94	15,89	Ø 10,00 POR TODO
2	22,94	439,89	Ø 10,00 POR TODO
3	686,94	20,89	Ø 10,00 POR TODO
4	686,94	434,89	Ø 10,00 POR TODO
5	44,44	314,39	Ø 12,00 POR TODO
6	44,44	429,39	Ø 12,00 POR TODO
7	153,44	33,39	Ø 12,00 POR TODO
8	153,44	118,39	Ø 12,00 POR TODO
9	295,44	33,39	Ø 12,00 POR TODO
10	295,44	118,39	Ø 12,00 POR TODO
11	312,44	314,39	Ø 12,00 POR TODO
12	312,44	429,39	Ø 12,00 POR TODO
13	506,44	13,39	Ø 12,00 POR TODO
14	506,44	128,39	Ø 12,00 POR TODO

N° de láminas 2 de 5		N° de hojas 5		Sustitucion:		Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MAPL01		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL					
Email: augusto.polo@epoch.edu.ec jorge.rivera@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992797108;0987091626				Denominación: MESA DE TRABAJO		Peso(kg) 5,87508						Tolerancia ±0,3 mm	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Materiales: Acero aleado fundido Nombre de archivo: MESA_DE_TRABAJO.sldprt					
Proyectó		Polo Augusto				2024/07/12							
Dibujó		Rivera Jorge				2024/07/12							
Revisó		Ing. Choto S.				2024/07/17							
Aprobó		Ing. Naranjo E.				2024/07/23							

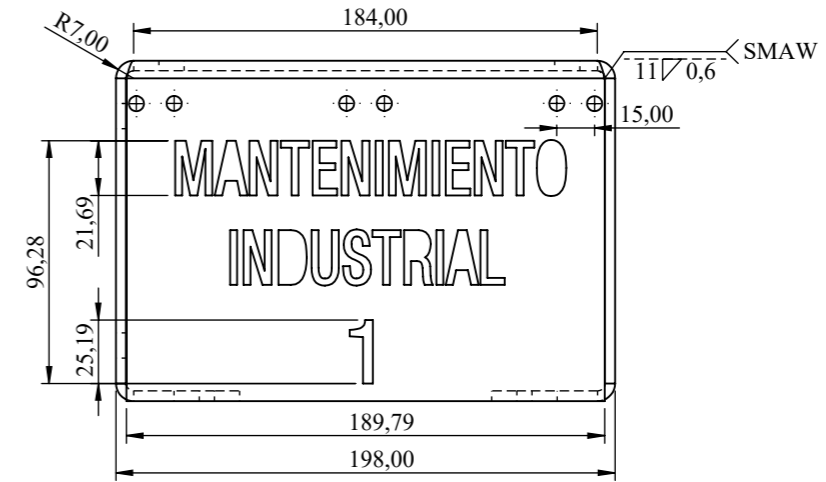
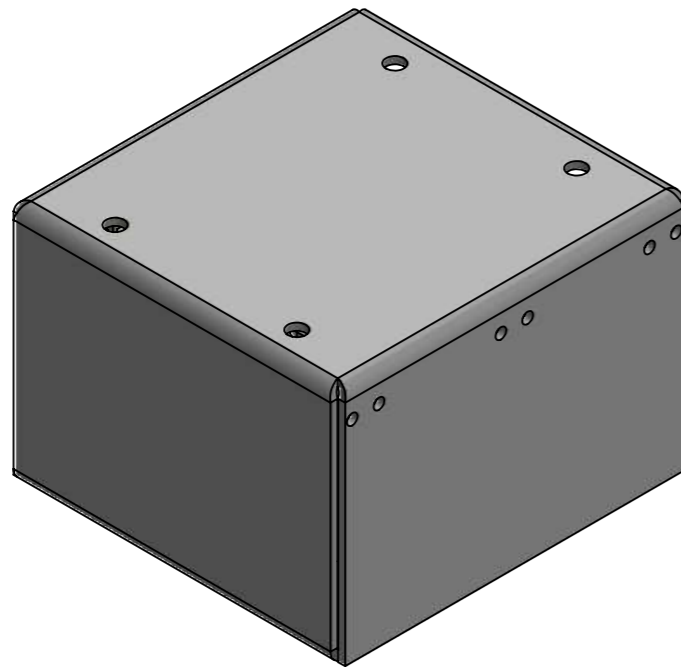
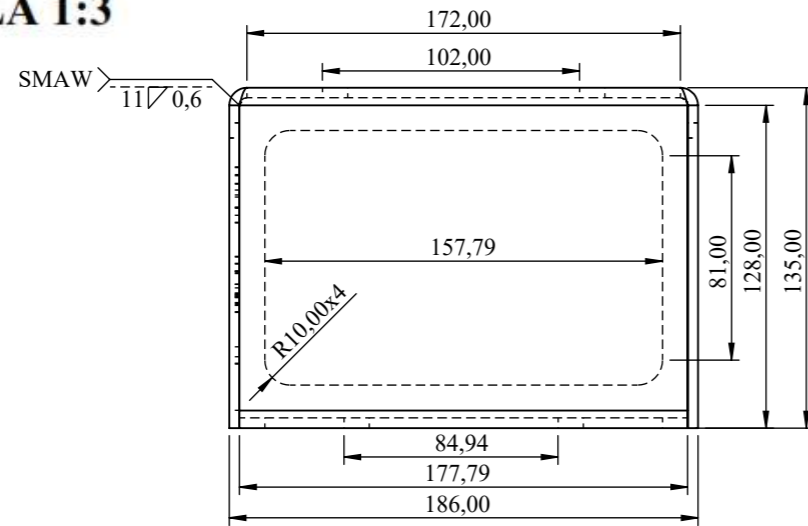


RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	TAMAÑO
1	8,78	267	Ø 4,00 POR TODO
2	82,83	267	Ø 4,00 POR TODO
3	20	55	Ø 10,00 POR TODO
4	20	479	Ø 10,00 POR TODO
5	684	60	Ø 10,00 POR TODO
6	684	474	Ø 10,00 POR TODO
7	41,50	353,50	Ø 12,00 POR TODO
8	41,50	468,50	Ø 12,00 POR TODO
9	150,50	72,53	Ø 12,00 POR TODO
10	150,50	157,47	Ø 12,00 POR TODO
11	292,50	72,53	Ø 12,00 POR TODO
12	292,50	157,47	Ø 12,00 POR TODO
13	309,50	353,50	Ø 12,00 POR TODO
14	309,50	468,50	Ø 12,00 POR TODO
15	503,50	52,50	Ø 12,00 POR TODO
16	503,50	167,50	Ø 12,00 POR TODO
17	771,50	52,50	Ø 12,00 POR TODO
18	771,50	167,50	Ø 12,00 POR TODO

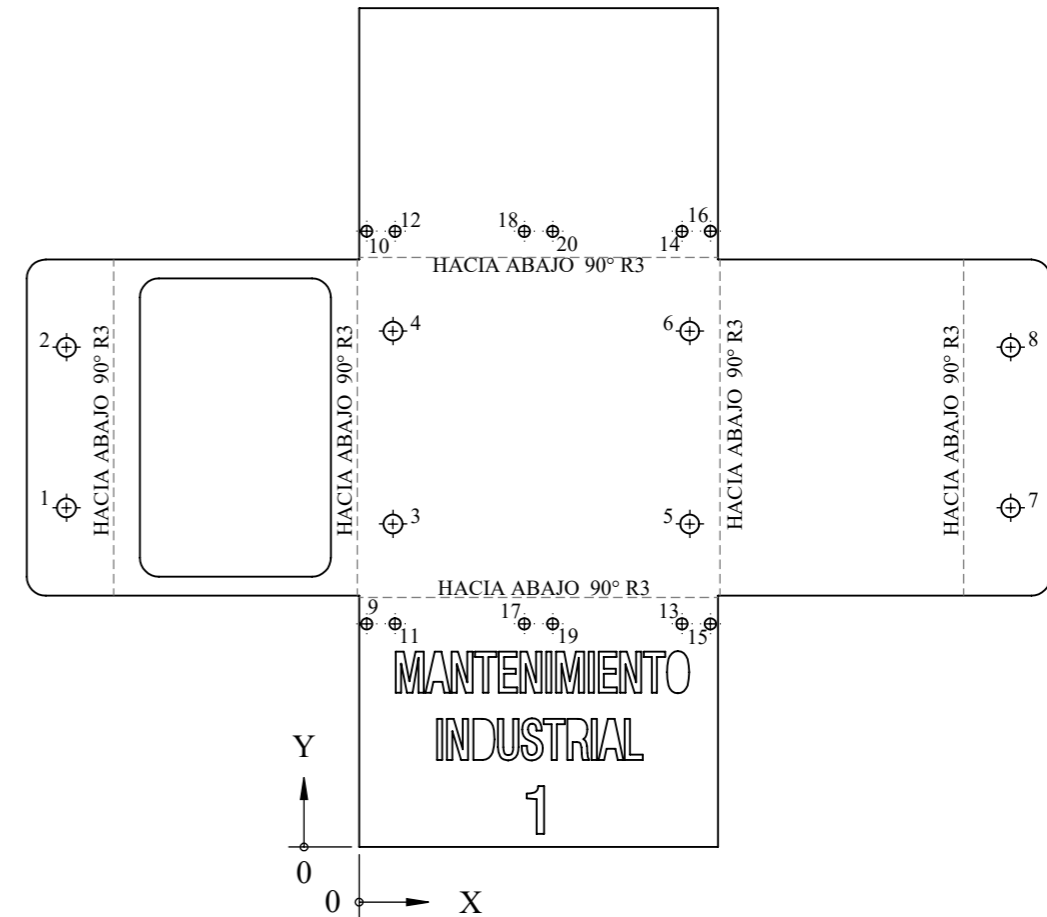


N° de láminas 3 de 5		N° de hojas 5		Sustitucion:		Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MAPL01		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL							
Email: augusto.polo@esPOCH.edu.ec jorge.rivera@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992797108;0987091626				Denominación: PLACA BASE		Peso(kg)						Tolerancia		Escala	
Datos		Nombre		Firma		Fecha		32,77117		± 0,3[mm]		1:5			
Proyectó		Polo Augusto				2024/07/12									
Dibujó		Rivera Jorge				2024/07/12									
Revisó		Ing. Choto S.				2024/07/17									
Aprobó		Ing. Naranjo E.				2024/07/23		Materiales: ASTM A36 Acero		Nombre de archivo: PLACA_BASE.sldprt					

ESCALA 1:3



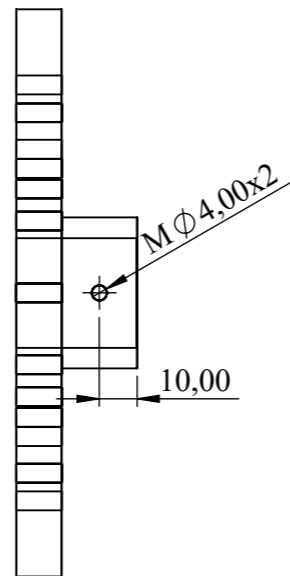
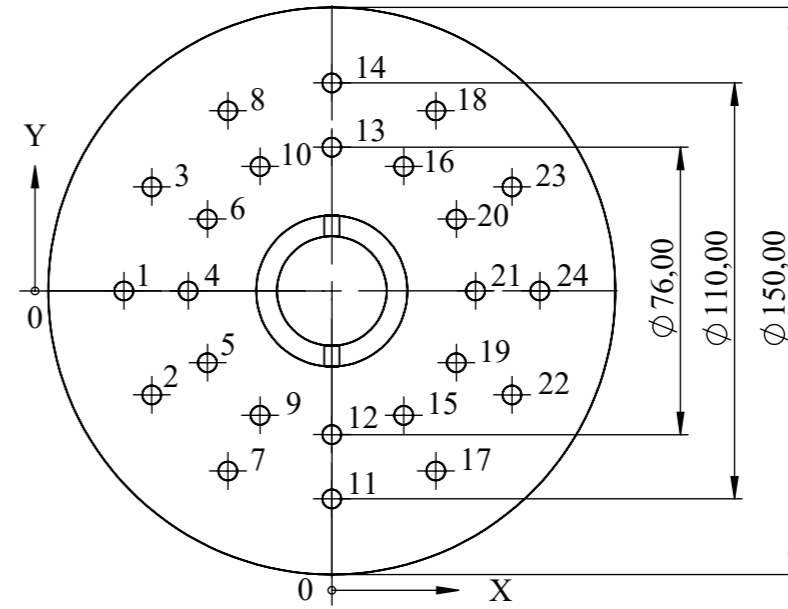
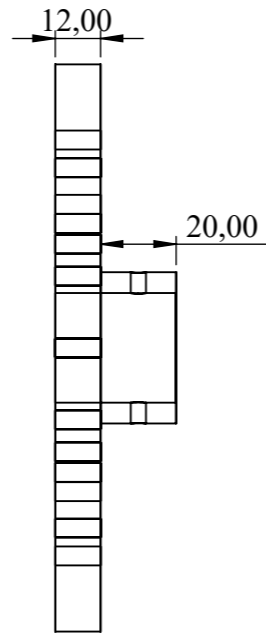
ESCALA 1:4



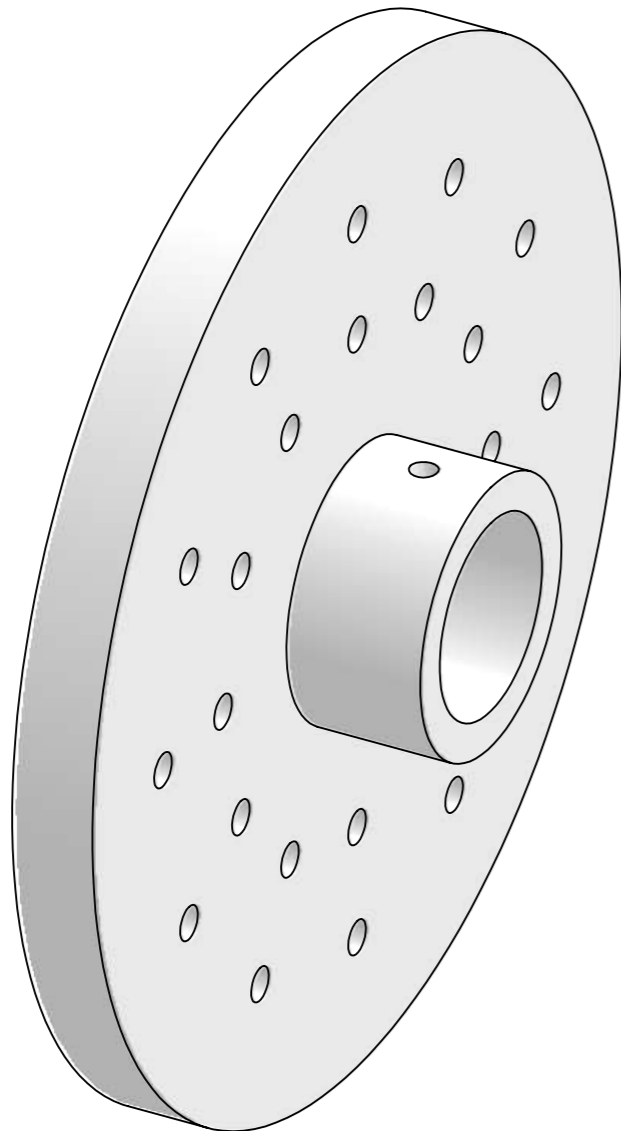
RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	TAMAÑO
1	-154,81	179,38	Ø 10,00 POR TODO
2	-154,81	264,32	Ø 10,00 POR TODO
3	17,89	170,85	Ø 10,00 POR TODO
4	17,89	272,85	Ø 10,00 POR TODO
5	174,89	170,85	Ø 10,00 POR TODO
6	174,89	272,85	Ø 10,00 POR TODO
7	344,60	179,38	Ø 10,00 POR TODO
8	344,60	264,32	Ø 10,00 POR TODO
9	4	118	Ø 6,00 POR TODO
10	4	325,71	Ø 6,00 POR TODO
11	19	118,06	Ø 6,00 POR TODO
12	19	325,65	Ø 6,00 POR TODO
13	170,79	118,06	Ø 6,00 POR TODO
14	170,79	325,65	Ø 6,00 POR TODO
15	185,79	118	Ø 6,00 POR TODO
16	185,79	325,71	Ø 6,00 POR TODO
17	87,39	118,06	Ø 6,00 POR TODO
18	87,39	325,65	Ø 6,00 POR TODO
19	102,39	118,06	Ø 6,00 POR TODO
20	102,39	325,65	Ø 6,00 POR TODO

Nº de láminas 4 de 5	Nº de hojas 5	Sustitucion:	Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MAPL01	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: augusto.polo@epoch.edu.ec jorge.rivera@epoch.edu.ec Teléfonos: 0992797108;0987091626			Denominación: CAJA DEL MOTOR				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ASTM A36 Acero			
Proyectó	Polo Augusto		2024/07/12				
Dibujó	Rivera Jorge		2024/07/12	Nombre de archivo: CAJA_MOTOR.sldprt			
Revisó	Ing. Choto S.		2024/07/17				
Aprobó	Ing. Naranjo E.		2024/07/23	3,98721	±0,3 [mm]	1:3 1:4	

ESCALA 1:2

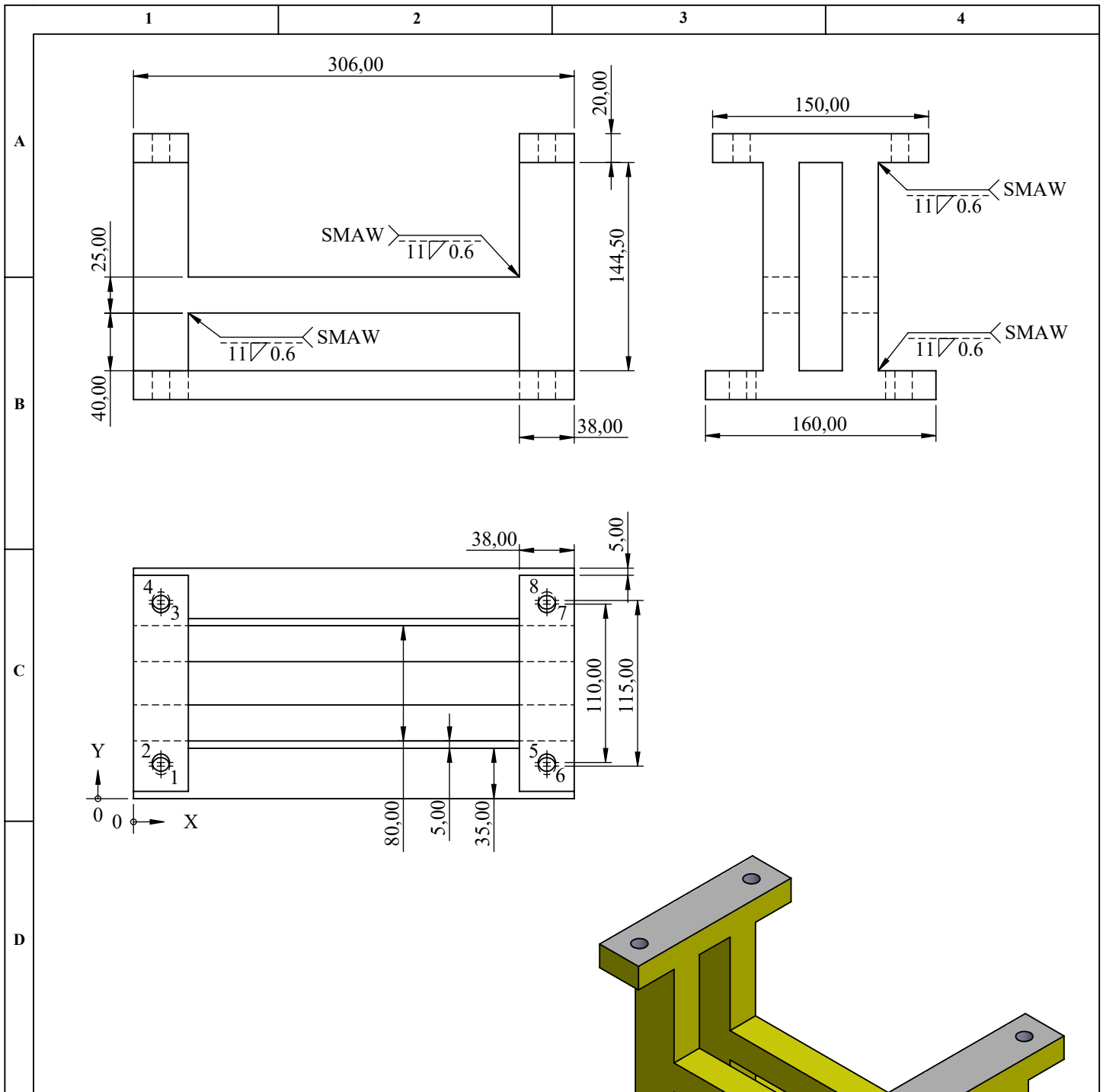


ESCALA 1:1

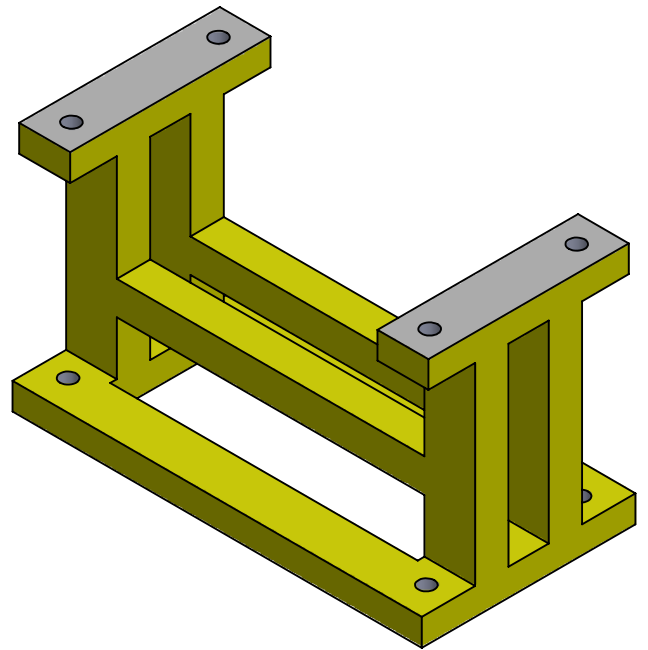


RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	TAMAÑO
1	-55	0	Ø 5,00 POR TODO
2	-47,63	-27,50	Ø 5,00 POR TODO
3	-47,63	27,50	Ø 5,00 POR TODO
4	-38	0	Ø 5,00 POR TODO
5	-32,91	-19	Ø 5,00 POR TODO
6	-32,91	19	Ø 5,00 POR TODO
7	-27,50	-47,63	Ø 5,00 POR TODO
8	-27,50	47,63	Ø 5,00 POR TODO
9	-19	-32,91	Ø 5,00 POR TODO
10	-19	32,91	Ø 5,00 POR TODO
11	0	-55	Ø 5,00 POR TODO
12	0	-38	Ø 5,00 POR TODO
13	0	38	Ø 5,00 POR TODO
14	0	55	Ø 5,00 POR TODO
15	19	-32,91	Ø 5,00 POR TODO
16	19	32,91	Ø 5,00 POR TODO
17	27,50	-47,63	Ø 5,00 POR TODO
18	27,50	47,63	Ø 5,00 POR TODO
19	32,91	-19	Ø 5,00 POR TODO
20	32,91	19	Ø 5,00 POR TODO
21	38	0	Ø 5,00 POR TODO
22	47,63	-27,50	Ø 5,00 POR TODO
23	47,63	27,50	Ø 5,00 POR TODO
24	55	0	Ø 5,00 POR TODO

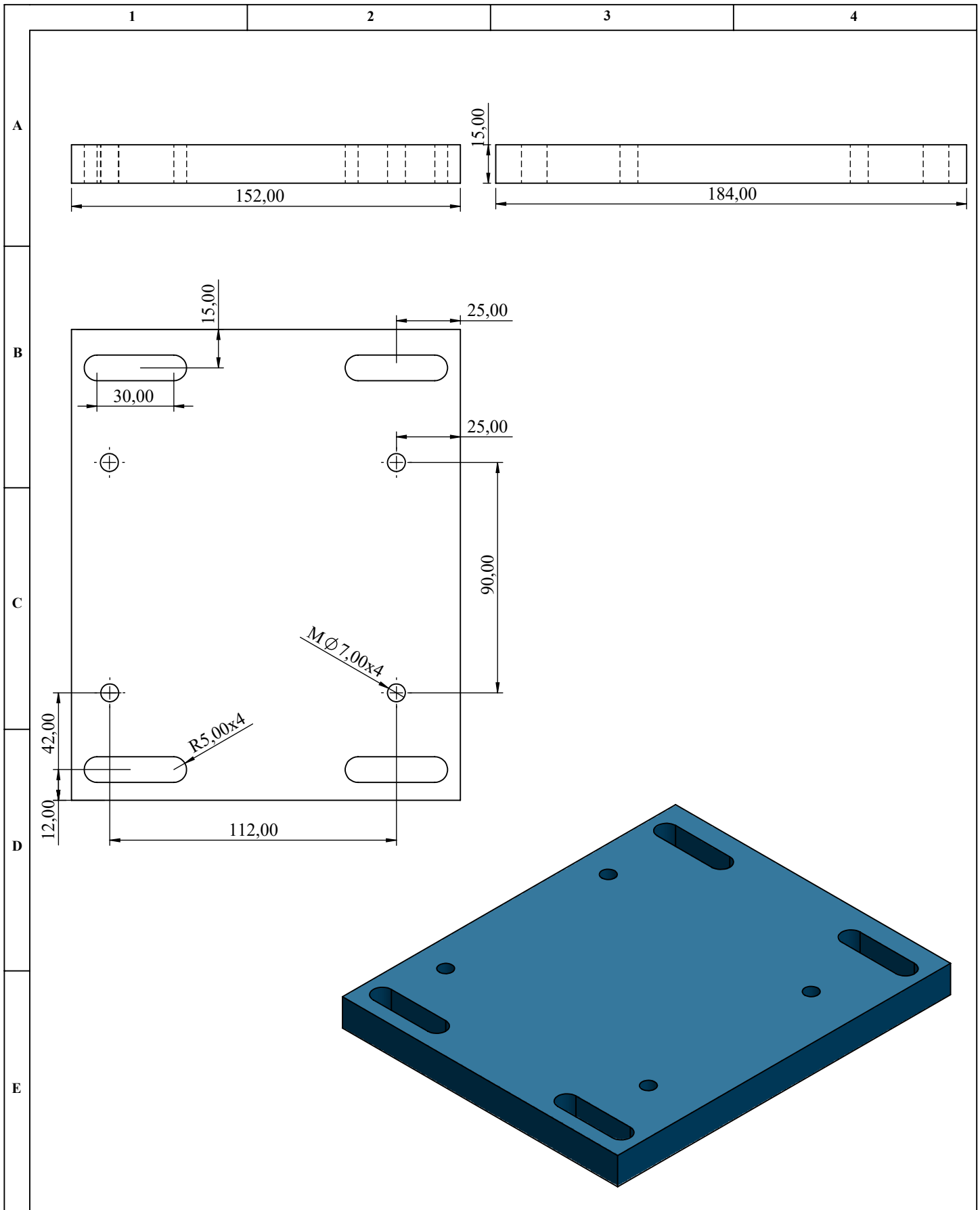
Nº de láminas 5 de 5	Nº de hojas 5	Sustitucion:	Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MAPL01	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL					
Email: augusto.polo@esPOCH.edu.ec jorge.rivera@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992797108;0987091626			Denominación: DISCO DE DESBALANCEO					Peso(kg)	Tolerancia
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: Nylon Nombre de archivo: DISCO_DE_DESBALANCEO.sldprt				0,29436 ± 0,3 [mm] 1:2	
Proyectó	Polo Augusto		2024/07/12						
Dibujó	Rivera Jorge		2024/07/12						
Revisó	Ing. Choto S.		2024/07/17						
Aprobó	Ing. Naranjo E.		2024/07/23						



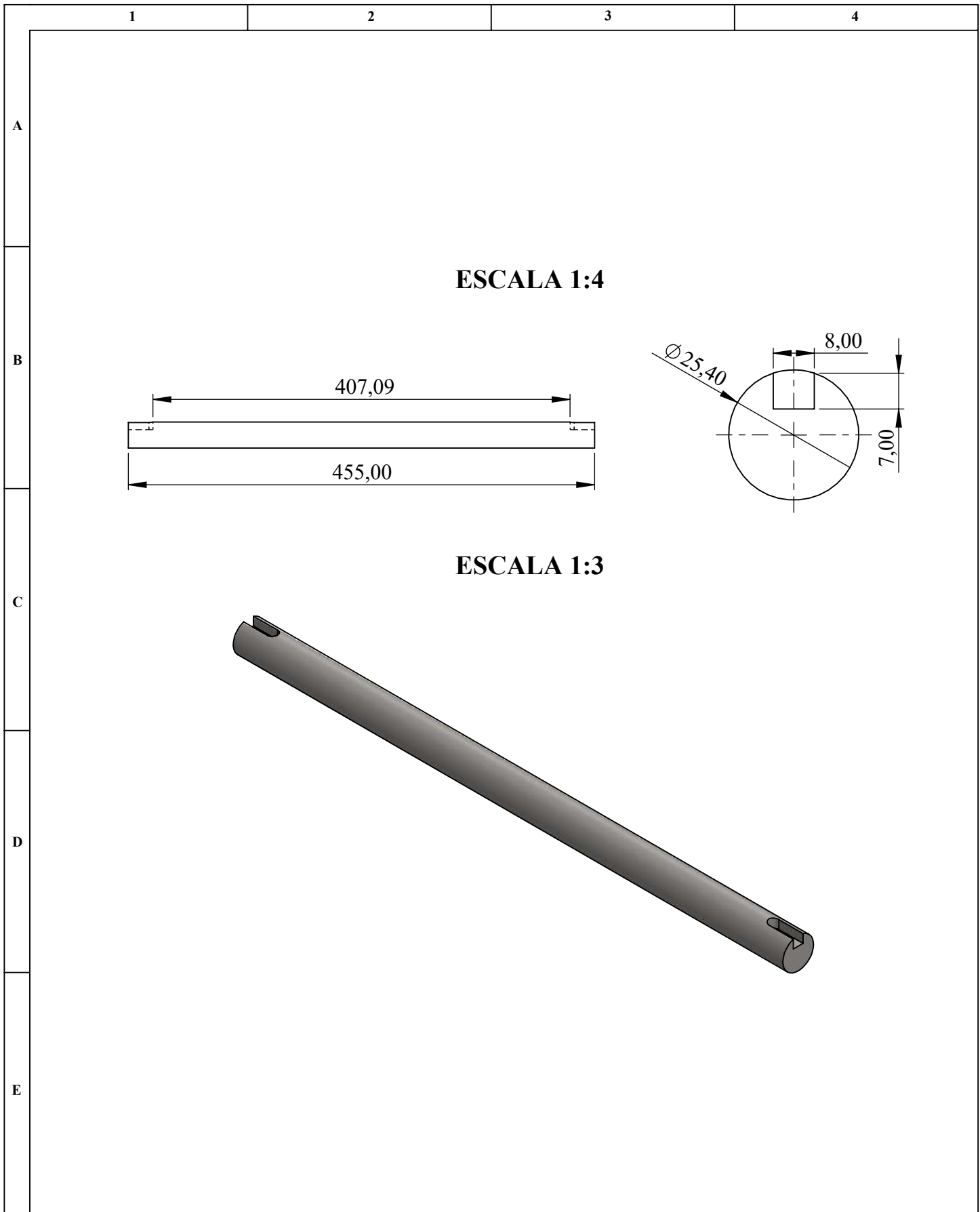
RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	TAMAÑO
1	19	22,50	Ø 12,00 POR TODO
2	19	25	Ø 12,00 POR TODO
3	19	135	Ø 12,00 POR TODO
4	19	137,50	Ø 12,00 POR TODO
5	287	22,50	Ø 12,00 POR TODO
6	287	25	Ø 12,00 POR TODO
7	287	135	Ø 12,00 POR TODO
8	287	137,50	Ø 12,00 POR TODO



N° de láminas 1 de 6		N° de hojas 6		Sustitución		Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MPAL01		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: augusto.polo@esPOCH.edu.ec jorge.rivera@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992797108;0987091626						Denominación: ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA CONDUCTIDA					
Datos:	Nombre:	Firma:	Fecha:					12,65168	± 0,3[mm]	1:4	
Proyecto:	Polo Augusto		2024/07/12								
Dibujó:	Rivera Jorge		2024/07/12								
Revisó:	Ing.Choto S.		2024/07/17			Materiales: ASTM A36 Acero					
Aprobó:	Ing.Naranjo E.		2024/07/23			Nombre del archivo: ESTRUCTURA_M_CONDUCTIDA.sldprt					

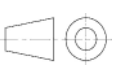



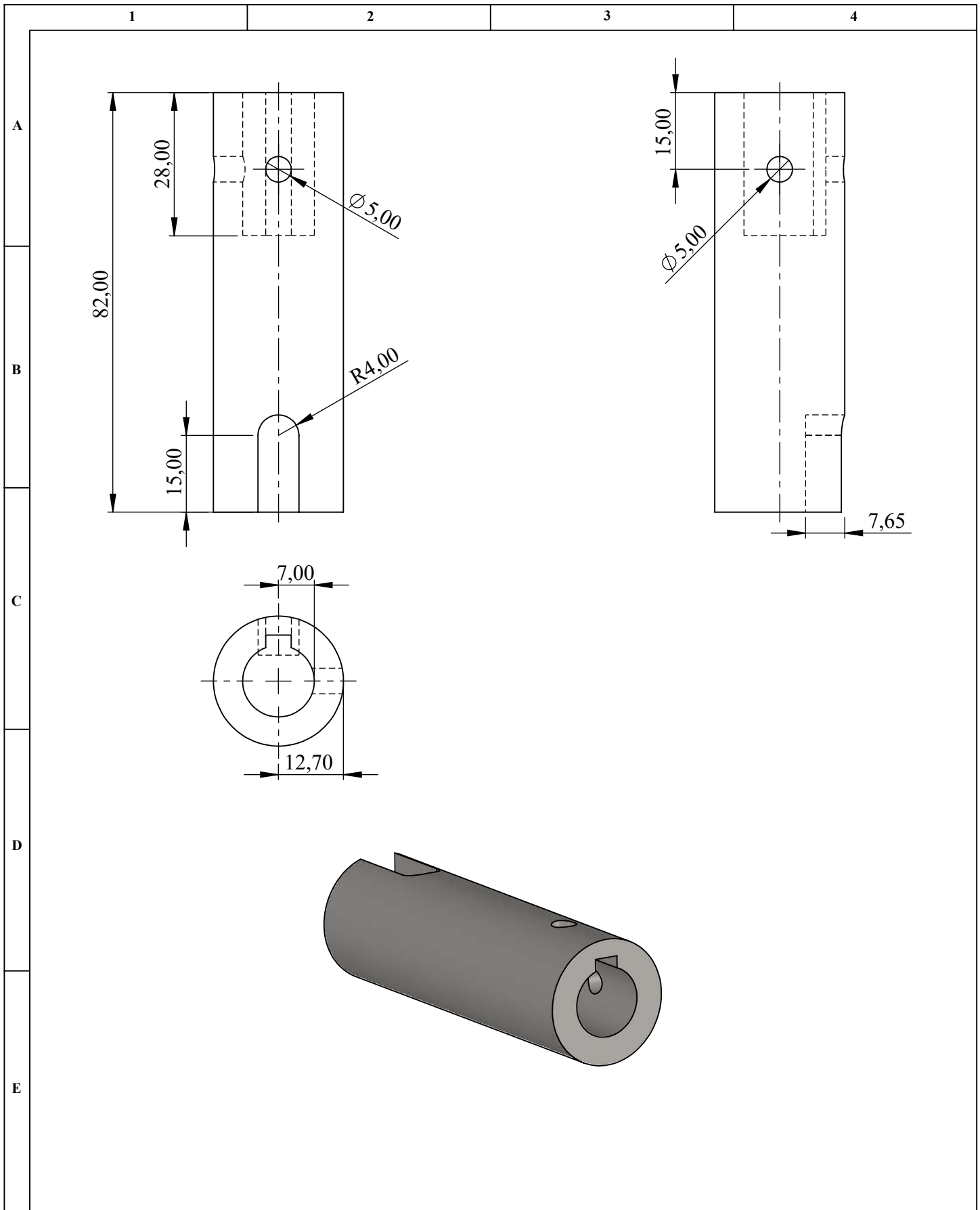
N° de láminas 2 de 6		N° de hojas 6		Sustitución		Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MPAL01		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL									
Email: augusto.polo@esPOCH.edu.ec jorge.rivera@esPOCH.edu.ec Telefonos: 0992797108;0987091626						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia	Escala	Registro	
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		PLACA MOVIL DEL MOTOR		3,09681		± 0,3[mm]		1:2			
Proyecto:		Polo Augusto				2024/07/12											
Dibujó:		Rivera Jorge				2024/07/12											
Revisó:		Ing.Choto S.				2024/07/17		Materiales: ASTM A36 Acero									
Aprobó:		Ing.Naranjo E.				2024/07/23		Nombre del archivo: PLACA_MÓVIL_MOTOR.sldprt									



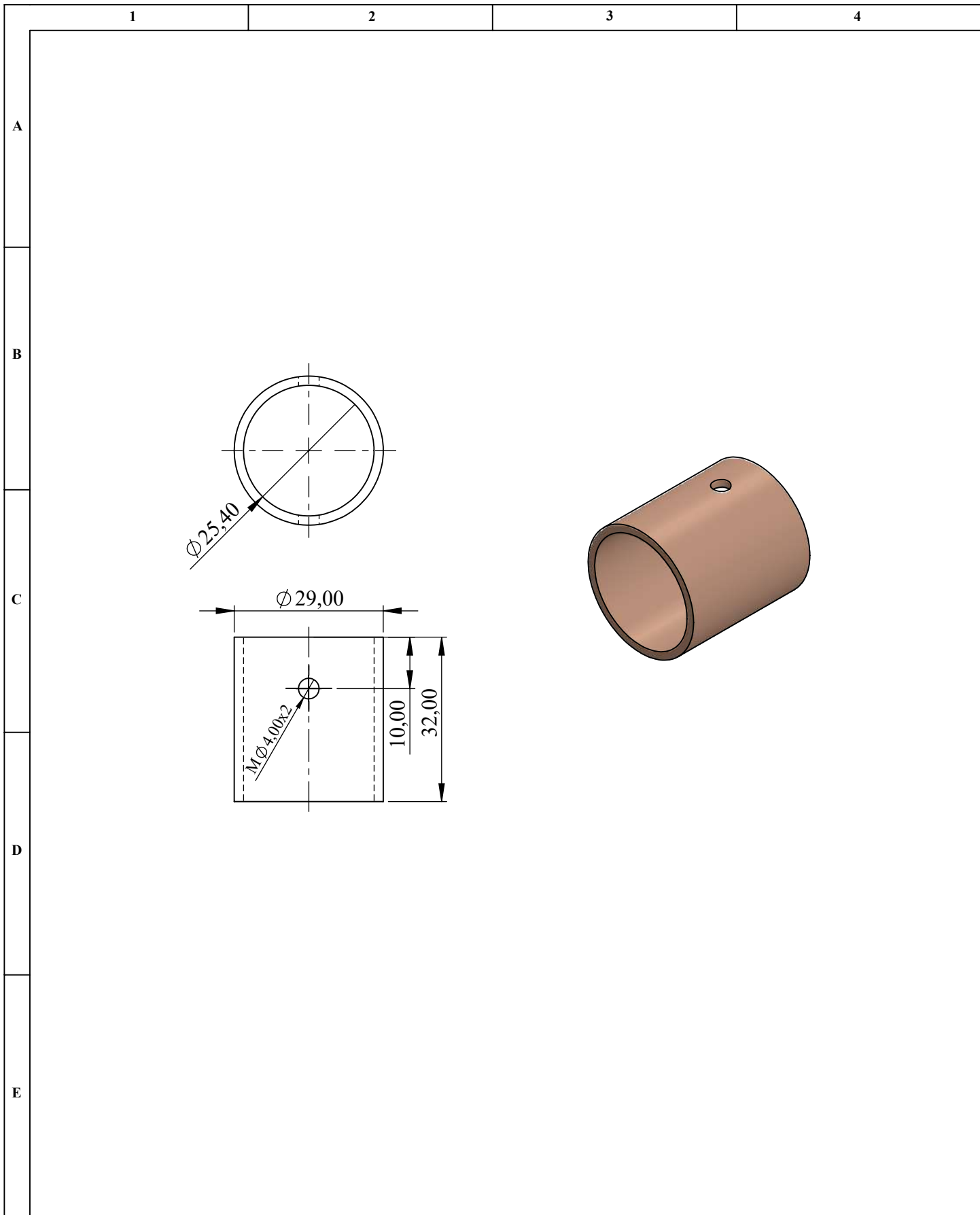
ESCALA 1:4

ESCALA 1:3

N° de láminas 3 de 6		N° de hojas 6		Sustitución		Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MPAL01		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL											
Email: augusto.polo@esPOCH.edu.ec jorge.rivera@esPOCH.edu.ec Telefonos: 0992797108;0987091626						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia		Escala		Registro	
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		EJE DE LA MÁQUINA CONDUCTIDA				1,822351		± 0,3[mm]		1:3 1:5			
Proyecto:		Polo Augusto				2024/07/12													
Dibujó:		Rivera Jorge				2024/07/12													
Revisó:		Ing.Choto S.				2024/07/17		Materiales: AISI 304											
Aprobó:		Ing.Naranjo E.				2024/07/23		Nombre del archivo: EJE_ACERO_INOXIDABLE.sldprt											



N° de láminas 4 de 6		N° de hojas 6		Sustitución		Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MPAL01		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL									
Email: augusto.polo@esPOCH.edu.ec jorge.rivera@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992797108;0987091626						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia	Escala	Registro	
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		EJE DE ACOPLE MOTOR - POLEA		0,28182		± 0,3[mm]		1:1			
Proyecto:		Polo Augusto				2024/07/12											
Dibujó:		Rivera Jorge				2024/07/12											
Revisó:		Ing.Choto S.				2024/07/17		Materiales: AISI 1020									
Aprobó:		Ing.Naranjo E.				2024/07/23		Nombre del archivo: EJE_ACOPLE_MOTOR_POLEA.sldprt									



N° de láminas 5 de 6		N° de hojas 6		Sustitución		Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MPAL01		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL									
Email: augusto.polo@esPOCH.edu.ec jorge.rivera@esPOCH.edu.ec Telefonos: 0992797108;0987091626						Denominación:						Peso (Kg)		Tolerancia	Escala	Registro	
Datos:		Nombre:		Firma:		Fecha:		BOCÍN		0,04291		± 0,3[mm]		1:1			
Proyecto:		Polo Augusto				2024/07/12											
Dibujó:		Rivera Jorge				2024/07/12											
Revisó:		Ing.Choto S.				2024/07/17		Materiales: Bronce									
Aprobó:		Ing.Naranjo E.				2024/07/23		Nombre del archivo: BOCÍN.sldprt									

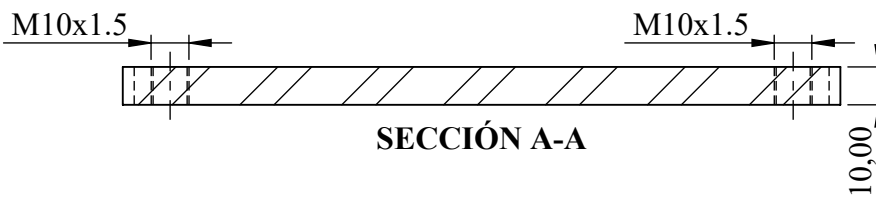
1

2

3

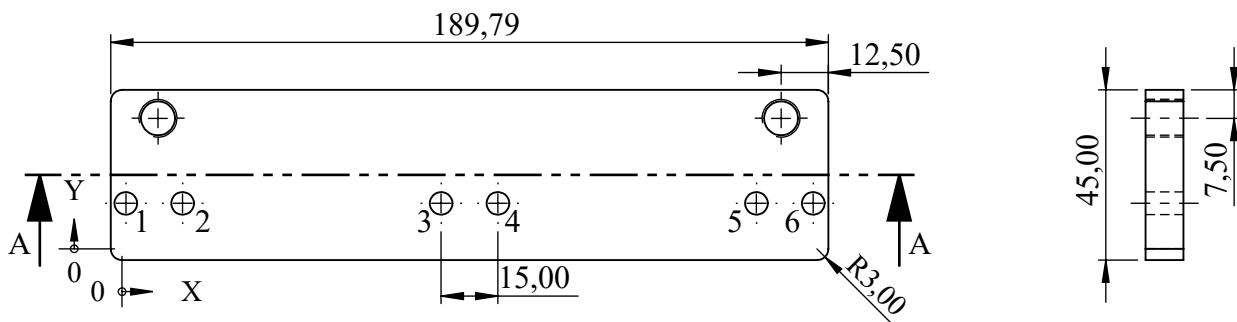
4

A

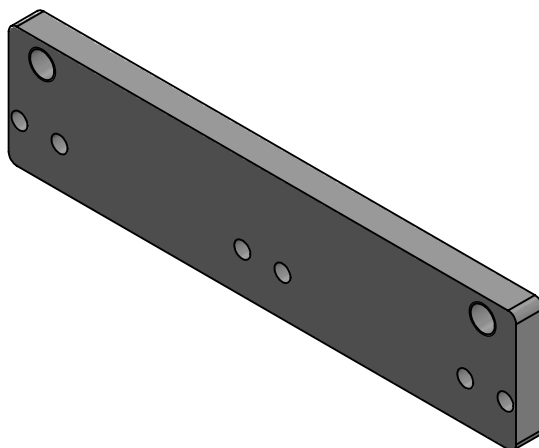


SECCIÓN A-A

B



C



D

E

RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	TAMAÑO
1	1	12	Ø 6,00 POR TODO
2	16	12	Ø 6,00 POR TODO
3	84,39	12	Ø 6,00 POR TODO
4	99,39	12	Ø 6,00 POR TODO
5	167,79	12	Ø 6,00 POR TODO
6	182,79	12	Ø 6,00 POR TODO

Nº de láminas 6 de 6	Nº de hojas 6	Sustitución	Codificación: ESPOCH-FM-LMC-MPAL01	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL				
Email: augusto.polo@esPOCH.edu.ec jorge.rivera@esPOCH.edu.ec Teléfonos: 0992797108;0987091626			SUJETADOR DE LA CAJA DEL MOTOR		Peso (Kg)	Tolerancia	Escala	Registro
Datos:	Nombre:	Firma:			Fecha:	0,642	± 0,3[mm]	1:2
Proyecto:	Polo Augusto		2024/07/12	Materiales: ASTM A36 Acero Nombre del archivo: SUJETADOR_CAJA_MOTOR.sldprt				
Dibujó:	Rivera Jorge		2024/07/12					
Revisó:	Ing.Choto S.		2024/07/17					
Aprobó:	Ing.Naranjo E.		2024/07/23					

ANEXO B: GUÍA DE LABORATORIO



GUÍA DE LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Práctica No....

TEMA: “ALINEACIÓN DE POLEAS POR LÁSER”

1. DATOS GENERALES

NOMBRE	CÓDIGO	% DE PARTICIPACIÓN

GRUPO No.....

FECHA DE REALIZACIÓN: **FECHA DE ENTREGA:**

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Simular la desalineación angular vertical y paralela en poleas y alinearlas mediante el uso de la alineación láser.

2.2. Objetivo específico

- Describir el procedimiento de simulación los modos de falla en la desalineación de poleas como lo es la desalineación angular vertical y la desalineación paralela y la alineación por láser.



- Dominar la operación de un sistema de transmisión, mediante la nivelación de la mesa de trabajo, el montaje de poleas con buje cónico y la instalación de correas trapezoidales con el respectivo manejo de herramientas.
- Reconocer las partes de un sistema de transmisión, efectuando el proceso de alineación de poleas y tensado de las correas trapezoidales.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Sistema de transmisión correa-polea

Los sistemas de transmisión correa-polea no son más que una transmisión por acoplamiento flexible que consta de una polea motriz, una polea conducida y una correa montada en la polea, los tensores o los protectores también pueden usarse en la transmisión y es posible usar múltiples correas y poleas motrices. El objetivo principal es transferir la potencia mecánica del motor a la transmisión y los actuadores generalmente con una reducción de la velocidad. (Naranjo, 2022 p. 55)

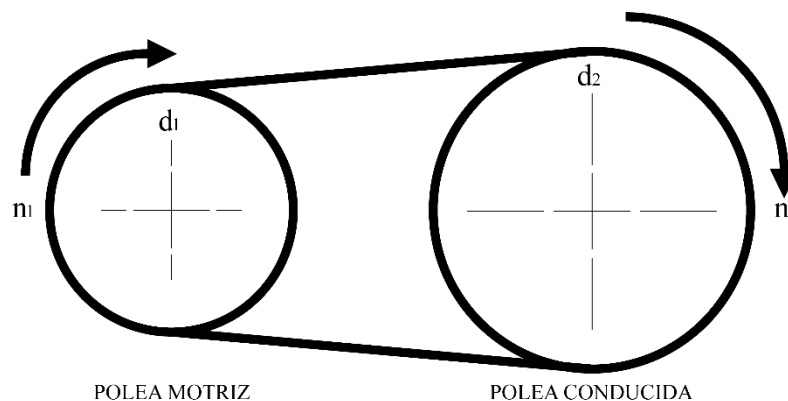


Ilustración 1-3. Sistema de transmisión

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

3.2. Correas trapezoidales

Las correas trapezoidales, también conocidas como bandas en V, poseen una capacidad de transmisión hasta tres veces mayor que las correas planas, sobrecargan menos los cojinetes, arrancan con mayor suavidad y tienen un deslizamiento menor (debería ser menos del 2%), se clasifican según su sección transversal, sobre la correa se indica el tipo de correa y la longitud primitiva. La convencional o perfil clásico y el perfil estrecho son las secciones normalizadas más comunes (según ISO 4184 o DIN 2215) y la mayoría de las correas trapezoidales están hechas de caucho, pero se pueden reforzar con materiales como cordones elásticos y fibras para aumentar su resistencia y durabilidad. Además, se utilizan compuestos de caucho con mezclas de NR y SBR para maximizar la transmisión de potencia, y materiales como el poliuretano termoplástico



se utilizan para maximizar su resistencia al desgaste y estabilidad térmica.

3.3. Poleas

Una polea es un dispositivo mecánico que produce elevación o tracción, consta de una rueda montada sobre un eje y una banda que la rodea. Las poleas, las ruedas y los ejes pueden considerarse mecanismos simples que crean palanca. Una polea fija no tiene ninguna ventaja mecánica a la hora de transmitir fuerza; simplemente cambia la dirección de la fuerza aplicada a la banda. Sin embargo, la ventaja o ganancia mecánica es la relación entre la fuerza de entrada y de salida. (Cedillo, 2017 p. 264)

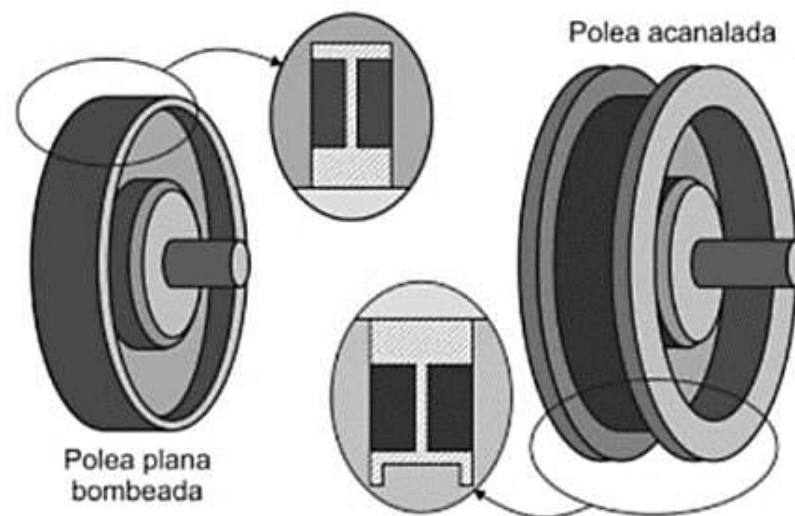


Ilustración 2-3. Clases de poleas

Fuente: (Cedillo, 2017)

Añadir por lo menos dos hojas de marco teórico



4. OBSERVACIÓN Y RECOMENDACIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

4.1. Equipos de protección personal (EPP)

- Casco y gafas de seguridad
- Guantes de protección
- Botas industriales o zapato cerrado
- Mandil u overol

4.2. Equipos y herramientas

- Módulo móvil para alineación de poleas por láser
- Alineador laser de poleas PAT II
- Medidor de frecuencia de correa (SKF Belt Frequency Meter)
- Carro portaherramientas EMTOP
- Corras trapezoidales de perfil A37
- Poleas SPA de dos canales Ø 112 y 140 (mm)
- Bujes cónicos designación 1610 y 2012 de Ø 25,40 (mm)
- Flexómetro
- Regla graduada

4.3. Solventes

- Desoxidante
- Lubricante WD-40

Añadir una imagen o fotografía de los materiales y equipos utilizados en la práctica

Ilustración 3-4. Herramientas y equipos



5. INSTRUCCIONES

La presente práctica de laboratorio está enfocada para la alineación de poleas por láser, cuyos pasos a seguir, son los siguientes:

5.1. Preparación del módulo móvil para la alineación de poleas por láser

- Nos colocamos todo el equipo de protección personal (EPP). Ver Ilustración 4-5.



Ilustración 4-5. Equipo de protección personal (EPP)

- Para iniciar la práctica de laboratorio, vamos a tomar en consideración las siguientes instrucciones para poder apretar y aflojar los pernos, tornillos y tuercas, ver Ilustración 5-5



Ilustración 5-5. Instrucciones de apriete y afloje

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024



- Una vez estudiadas las instrucciones anteriormente mencionadas, se inicia la practica en donde se procede a trasladar el módulo móvil desde su estación de reposo a la estación de trabajo. Este se encuentra a la altura mínima de elevación de la mesa elevadora hidráulica que es 225 (mm), ver Ilustración 5-6.



Ilustración 5-6. Estación de reposo

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

- Se retira los frenos de las ruedas posteriores de la mesa elevadora y se traslada a su estación de trabajo que está delimitada con su respectiva señalética, como se muestra en la Ilustración 7-5.



Ilustración 7-5. Estación de trabajo

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024



- Se inicia con el proceso de elevación del módulo móvil accionando con el pie el pedal hidráulico hasta llegar a la altura máxima permitida que es 740 mm como se muestra en la ilustración 8-5.

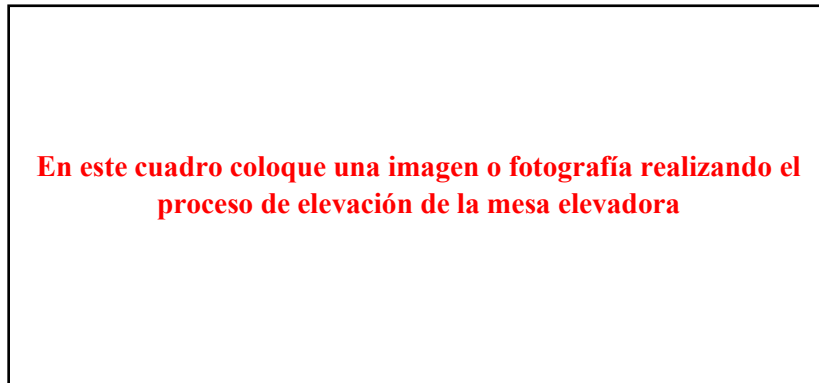


Ilustración 8-5. Proceso de elevación de la mesa elevadora

- Una vez con el módulo móvil en su altura máxima procedemos a nivelarlo con el sistema de patas niveladoras de nylon para lo cual tenemos que bajarlas hasta que lleguen al suelo utilizando la llave N° 24 realizando giros de 90° en sentido horario ejecutando un patrón cruzado (Ver Ilustración 9-5), hasta conseguir el nivel deseado, las llantas deben quedar en el aire, y las 4 patas niveladoras fijas en el suelo. Finalmente, se ajustan las contratuercas para asegurar su fijación.



Ilustración 9-5. Nivelación de las patas de nylon

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024



En este cuadro coloque una imagen o fotografía de la nivelación del módulo móvil

Ilustración 10-5. Sistema de nivelación

- Una vez terminada la nivelación, el sistema de niveles que se encuentra en la placa base nos debe indicar que el módulo móvil se encuentra correctamente nivelado como se muestra en la Ilustración 11-5.



Ilustración 11-5. Correcta nivelación del módulo móvil

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

- Con el módulo móvil nivelado, se realiza la limpieza con un paño limpio y lubricante WD-40 de todos los componentes, también se limpia los canales de las poleas con la ayuda de una brocha, ya que al iniciar la práctica las correas no se encuentran tensadas y se puede desmontarlas fácilmente (la correa del primer canal la desmontamos hacia adelante mientras que, la correa del segundo canal la desmontamos hacia atrás como se observa en la Ilustración 12-5.





Ilustración 12-5. Limpieza del módulo móvil

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

5.2. Selección de herramientas, materiales y equipos

- Seleccionar las herramientas y equipos (racha con copas: #17, #19, llaves Allen hexagonales #5, destornillador plano, flexómetro, regla graduada, martillo de goma, marcador de metal color rojo, alineador láser de poleas PAT II, medidor de frecuencias de correas SKF (Belt Frequency Meter), necesarios para la práctica de alineación de poleas por láser, la Ilustración 13-5 se muestran las herramientas de la práctica.

Añadir una imagen o fotografía de las herramientas de montaje y desmontaje de la práctica

Ilustración 13-5. Herramientas para montaje y desmontaje

5.3. Identificación del sistema de transmisión

- Iniciamos con el reconocimiento de las máquinas motriz y conducida, la motriz es donde se encuentra el motor eléctrico, será en donde se efectúan las desalineaciones y el respectivo proceso de alineación, la conducida es donde se encuentra el eje conducido mediante la estructura de soporte, ver Ilustración 14-5. Las desalineaciones son



secuenciales y serán en este orden: se inicia con la desalineación paralela y se concluye con la desalineación angular vertical

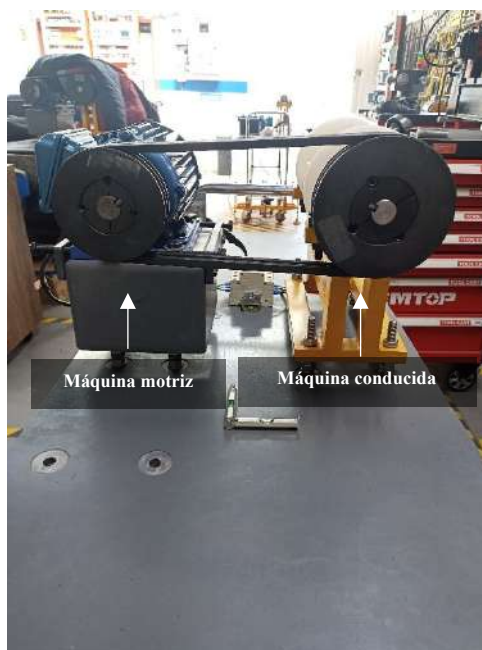


Ilustración 14-5. Limpieza del módulo móvil

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

5.4. Simulación y alineación de la desalineación paralela

- Mediante la llave Allen hexagonal #5, se desajustan los tornillos prisioneros del buje cónico de la polea motriz en sentido antihorario y con la ayuda del martillo de goma se dan unos pequeños golpes para que se mueva la polea verticalmente 10 mm hacia adentro, posterior a eso, se vuelven a apretar los tornillos, simulando la desalineación paralela, como se puede apreciar en la Ilustración 15-5.



Ilustración 15-5. Simulación de desalineación

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024



Añadir una imagen o fotografía moviendo verticalmente la polea motriz (20mm)

Ilustración 16-5. Proceso de desalineación paralela

- Ahora, ajustamos paralelamente la altura de las correas con la marca de líneas rojas que proporciona el fabricante, verificando que estas estén instaladas correctamente como se muestra en la Ilustración 17-5, una vez realizado este proceso con un marcador de metal color rojo y el uso de la regla graduada vuelva a pintar la marca de líneas con exactitud y precisión.



Ilustración 17-5. Alineación de las correas

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Añadir una imagen o fotografía realizando la marca del líneas con el marcador de metal color rojo

Ilustración 18-5. Ajuste paralelo de las correas



- Se procede a sacar de su estuche y preparar las unidades laser PAT II, inicialmente vamos a retirar las bases imantadas con la ayuda de un destornillador plano insertamos en la abertura de la mitad del equipo y lo levantamos suavemente para que se afloje y lo saquemos de forma manual, después vamos a colocar las guías removibles #2 en la sonda de acción de resorte. (Ver Ilustración 19-5)



Ilustración 19-5. Preparación e instalación del alineador láser de poleas PAT II

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

- Una vez colocadas las guías, se procede a montar las unidades laser en el primer canal de la polea motriz y polea conducida, estas tienen que estar a la misma altura y con la etiqueta hacia afuera. (Ver Ilustración 20-5)



Ilustración 20-5. Montaje de unidades láser

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024



- Al encender las unidades láser cada una de ellas genera una línea en la unidad opuesta, como se puede observar las líneas no se encuentran centradas con la marca de referencia en la etiqueta (línea gruesa vertical color negro) . (Ver Ilustración 21-5)



Ilustración 21-5. Desalineación paralela

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Añadir una imagen o fotografía de las líneas láser que muestren la desalineación paralela.

Ilustración 22-5. Desalineación paralela existente

- Para realizar el proceso de alineación, se tiene que nuevamente aflojar los tornillos prisioneros del buje cónico de la polea motriz hasta llegar a un apriete en el que la polea se pueda mover verticalmente y con pequeños golpes del martillo de goma se ajusta hasta que las líneas láser coincidan con la marca de referencia en la etiqueta (línea gruesa de color negro), una vez lograda la alineación apretamos nuevamente el buje cónico hasta que la polea esté fija, no se mueva y se encuentre correctamente alineada. (Ver Ilustración 23-5)





Ilustración 23-5. Desalineación corregida

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Añadir una imagen o fotografía de la desalineación corregida y las poleas correctamente alineadas

Ilustración 24-5. Poleas alineadas correctamente

- Con las poleas alineadas, se puede iniciar el proceso de tensado de las correas para lo cual desajustamos con exactitud y precisión media vuelta el apriete de los pernos superiores M10 que se encuentran en los ojos chinos de la placa móvil.
- Ahora nos ubicamos en los pernos hexagonales M10 que se encuentran ubicados en los sujetadores roscados de la caja del motor, e iniciamos con el movimiento horizontal uno por uno, primero con los que se ubican al lado derecho de la caja del motor (el que no tiene las letras “MANTENIMIENTO INDUSTRIAL”) y con la racha y copa #17 desde el sujetador de la esquina superior en sentido horario damos un giro de 90° de arriba hacia abajo luego nos trasladamos al sujetador de la esquina inferior y también damos solo un giro de 90° de arriba hacia abajo, después volvemos a la esquina superior y volvemos a dar un solo giro, nuevamente volvemos a la esquina inferior y de igual manera se da un solo giro, este procedimiento lo repetimos en ese orden hasta que la



placa genere un movimiento horizontal y se traslade de 20-25 mm hacia la izquierda (utilizar el flexómetro o la regla graduada para ir midiendo el movimiento). Finalmente, se procede a observar y sentir una condición de tensado y se vuelve apretar los pernos superiores ubicados en los ojos chinos la misma media vuelta que se aflojo inicialmente. (Ver Ilustración 25-5).

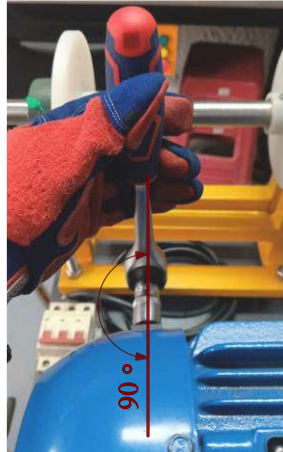


Ilustración 25-5. Correcta posición de la racha

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Añadir una imagen o fotografía del procedimiento de tensado

Ilustración 26-5. Procedimiento de tensado de las correas

- Finalmente, con las correas tensadas, se procede a sacar de su estuche el equipo SKF Belt Frequency Meter y antes de encenderlo se conecta el enchufe del sensor óptico infrarrojo al equipo verificando la posición correcta de inserción. (Ver Ilustración 27-5)





Ilustración 27-5. Posición de inserción del enchufe

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Encendemos el equipo y se configura en las unidades en Newtons presionando la tecla UP-Hz/N y se ingresa los siguientes valores:

SPAN: Que mediante la siguiente ecuación se determina el valor a utilizar:

$$S = \sqrt{CD^2 - \frac{(D-d)^2}{4}}$$

Donde:

S = Longitud de tramo [mm]

CD: Distancia entre los centros de las poleas [mm]

Esta distancia se calcula midiendo con la utilización del flexómetro la distancia desde el centro del eje de acople del motor hasta el centro del eje conducido, como se muestra en la Ilustración 28-5

D: Diámetro de la polea conducida: 140 [mm]

d: Diámetro de la polea motriz: 120 [mm]



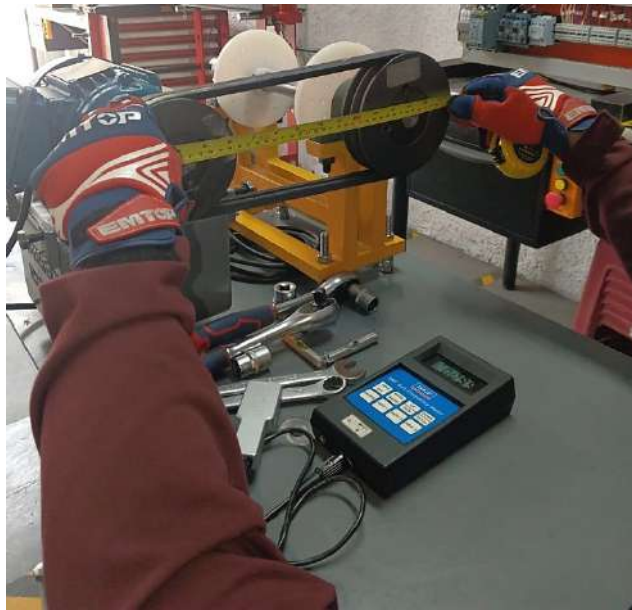


Ilustración 28-5. Medición de la distancia entre centros
 Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Reemplazando valores y resolviendo la ecuación:

Resuelva la ecuación y muestre los resultados

Con este valor, se presiona la tecla SPAN para ingresar la longitud del tramo de la correa. La tecla se mantiene presionada mientras se usan las teclas UP o DOWN para configurar la longitud del tramo en metros. Se suelta la tecla hasta escuchar un pitido audible que indica que la configuración ha sido guardada.

MASS: Es la masa de la correa que se obtiene de la tabla: Correas trapecoidales envueltas, en cuña y con bandas del manual usuario del equipo ingresamos con el valor del diámetro de la polea pequeña y las (rpm) del motor eléctrico dándonos un valor de 0,115 kg/m como lo indica la Ilustración 29-5

Wrapped V, wedge and banded belts							
Belt type	Smallest pulley diameter		Speed range		Belt tension per single belt*		Mass Single belt
	from	incl.	from	incl.	New belt	Run in belt	
	mm		rpm		N	N	kg/m
A	75	90	1 000	2 500	332	222	0,115
			2 501	4 000	254	169	
	91	120	1 000	2 500	391	261	

Ilustración 29-5. Valor de masa de la correa

Fuente: (SKF, 2021)



De igual manera, con este valor se presiona la tecla MASS para ingresar la masa de la correa. La tecla se mantiene presionada mientras se usan las teclas UP o DOWN para configurar la masa de la correa en kg/m. Se suelta la tecla hasta oír un pitido audible que indica que la configuración ha sido guardada.

- Se procede a apuntar el sensor en el centro de la correa, con una separación dentro del rango (5-25 mm), damos un pequeño golpe a la correa para que se produzca la vibración requerida. (Ver Ilustración 30-5). Este procedimiento lo realizamos 3 veces para obtener 3 mediciones y realizar un promedio para determinar el resultado final de tensión obtenida.



Ilustración 30-5. Procedimiento de verificación

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

- El valor obtenido de la tensión tras el promedio vamos a compararlo con el valor al que debe estar tensado y recomienda el fabricante cuando una correa es nueva, que es 391 N, admitiendo un margen de error de $\pm 1\%$ que es igual a: $(387 \leq 391 \leq 395 \text{ N})$, según el fabricante. (SKF, 2021 p. 15) (Ver Ilustración 31-5)

Wrapped V, wedge and banded belts							
Belt type	Smallest pulley diameter		Speed range		Belt tension per single belt*		Mass Single belt
	from	incl.	from	incl.	New belt	Run in belt	
	mm		rpm		N	N	kg/m
A	75	90	1 000	2 500	332	222	0,115
			2 501	4 000	254	169	
	91	120	1 000	2 500	391	261	

Ilustración 31-5. Valor de tensión requerida

Fuente: (SKF, 2021)



- En caso de lograr el valor requerido dentro del margen de error, tendremos que tensar más la correa, siguiendo el mismo procedimiento que se analizó anteriormente hasta lograr el valor de tensión requerido.



Ilustración 31-5. Valor de tensión obtenida

- Finalmente, apagamos el equipo, desconectamos cuidadosamente el enchufe del sensor óptico, guardamos el equipo y sus componentes en el estuche y se procede a terminar la prueba de funcionamiento. (Ver Ilustración 32-5)

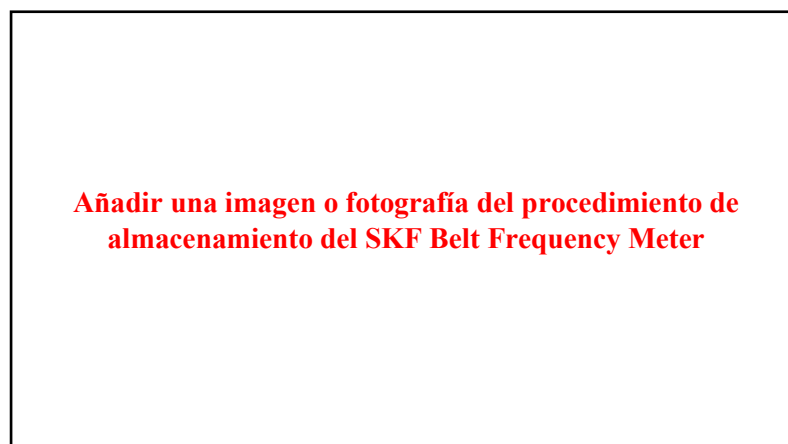


Ilustración 32-5: Almacenamiento del SKF Belt Frequency Meter

5.5. Simulación y alineación de la desalineación angular vertical

- Esta simulación se procede a realizarla una vez que las poleas se encuentran alineadas y las correas tensadas, se inicia en la parte posterior caja del motor en donde con la llave #19 se desajusta inicialmente las tuercas hexagonales de la parte superior de la caja y después desajustar las de la parte posterior para poder ajustar las contratuerzas hexagonales inferiores hasta lograr un ángulo adecuado para simular la desalineación angular vertical. (Ver Ilustración 33-5)



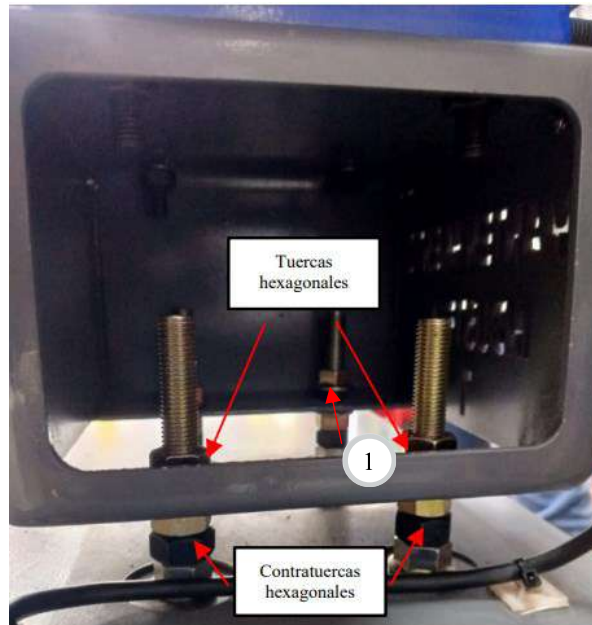


Ilustración 33-5. Sistema de pernos y tuercas

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

- Una vez realizado el ajuste de los pernos, se verifica que exista una inclinación con un ángulo menor o igual a 40°



Ilustración 34-5. Desalineación vertical angular

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

- Una vez simulada la desalineación correspondiente se procede a montar las unidades láser y se comprueba la desalineación existente. (Ver Ilustración 35-5)





Ilustración 34-5. Desalineación existente

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Añadir una imagen o fotografía de la desalineación existente en las unidades laser

Ilustración 35-5. Desalineación angular vertical existente

- Para corregir la desalineación se retorna a la parte posterior de la caja del motor y se aflojan las contratuerzas hexagonales inferiores y se ajustan las tuercas hexagonales superiores, hasta lograr que esta regrese a su posición inicial correctamente nivelada con los pernos hexagonales de la parte delantera. (Ver Ilustración 36-6)



Ilustración 36-5. Desalineación corregida

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024



Añadir una imagen o fotografía de la corrección de la desalineación existente en la caja del motor

Ilustración 37-5: Alineación de la caja del motor

- Verificamos que el láser dibuje dos líneas paralelamente en la etiqueta del objetivo de la unidad montada opuesta y que coincidan en su distancia, en el caso de esta prueba el láser tiene que proyectar paralelamente el mismo número de líneas en la sección blanca de la etiqueta en la unidad de la polea motriz y el mismo número de líneas en la sección gris de la etiqueta en la unidad de la polea conducida, evidenciando que la desalineación ha sido corregida.



Ilustración 38-5. Referencia de la alineación corregida

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Añadir una imagen o fotografía de la corrección de la desalineación mediante las unidades láser

Ilustración 39-5: Corrección de la desalineación angular vertical



- Para finalizar se comprueba que las correas sigan correctamente tensadas con el medidor de frecuencia de correas SKF, cabe tomar en cuenta que generalmente las correas no se deberían destensar ya que solo estamos corrigiendo una desalineación angular.

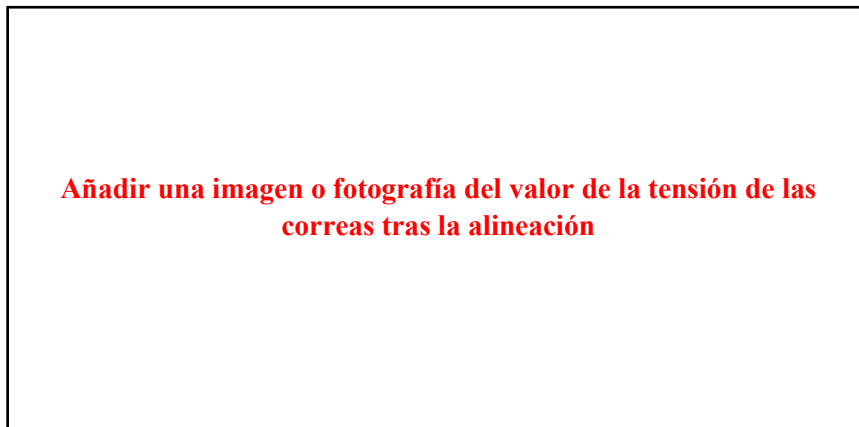


Ilustración 40-5: Valor final de la tensión

- En caso de no lograr el valor requerido dentro del margen de error, tendremos que tensar más la correa, siguiendo el mismo procedimiento que se analizó anteriormente en la desalineación paralela hasta conseguir el valor de tensión requerida.
- Una vez comprobado el correcto tensado de las correas, se procede a finalizar la prueba de funcionamiento, procedemos a apagar y guardar los equipos y componentes utilizados y se colocan todas las herramientas utilizadas en el carro portaherramientas o en su lugar de almacenamiento.
- Finalmente se realiza una limpieza completa de todo el módulo móvil, una vez terminada aflojamos las patas niveladoras para poder llevar al módulo móvil a su estación de reposo y procedemos a bajar la mesa elevadora a su posición de almacenamiento y se colocan los frenos de las ruedas posteriores.

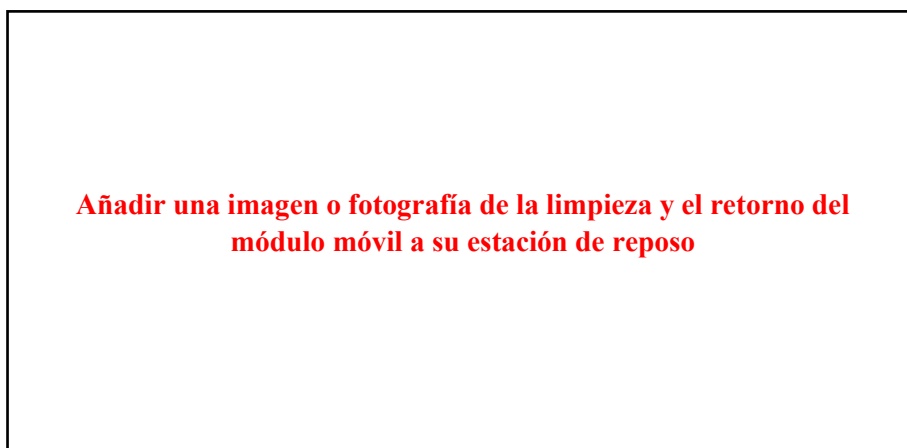


Ilustración 41-5: Limpieza y almacenamiento del módulo móvil



6. TOMA Y RECOLECCIÓN DE DATOS

6.1. Cálculo de la media aritmética de los valores de tensión registrados en el equipo SFK Belt Frequency Meter

Tabla 1-6: Valor de tensión de las correas

Número de medición	Valor registrado (N)
Primera	
Segunda	
Tercera	
Suma de las mediciones $(1^{\circ}+2^{\circ}+3^{\circ}) = R$	
Valor de la tensión final obtenida mediante la media aritmética $(R/3)$	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

6.2. Verificación del número de líneas registradas en el alineador laser de poleas PAT II en el desarrollo de la desalineación angular vertical

Tabla 2-6: Datos de alineación de la desalineación angular vertical

Número de líneas en la etiqueta blanca (Polea motriz)	Número de líneas en la etiqueta gris (Polea conducida)

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

7. OBSERVACIONES

- 1. ¿Qué es la alineación de poleas y por qué es importante en el mantenimiento de equipos industriales?**
- 2. ¿Qué ventajas ofrece el uso de un dispositivo de alineación por láser comparado con métodos tradicionales como la regla o la cuerda?**
- 3. ¿Qué indicadores o señales del dispositivo de alineación por láser indican que se ha logrado una alineación precisa?**



4. ¿Cuáles son las principales consecuencias de operar un sistema de transmisión correa-polea desalineado?

5. Explique brevemente los diferentes tipos de desalineación que pueden ocurrir en un sistema de poleas

8. CONCLUSIONES

(Describir de forma lógica las conclusiones a las que llego UD., con la realización de esta práctica de laboratorio)

.....
.....
.....

9. RECOMENDACIONES

(Describir de forma lógica las recomendaciones que sean pertinentes para la realización de la práctica de laboratorio)

.....
.....
.....



10. BIBLIOGRAFÍA

NARANJO, Eugenia. *Selección de Elementos de Máquinas.* [en línea]. Riobamba-Ecuador: La Caracola Editores, 2022. [Consulta: 05 abril 2024]. Disponible en: http://cimogsys.espoch.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2023-03-23-171749-elementos_de_maquinas.pdf

SKF. *Medidor de frecuencia de correas.* [en línea]. 28 noviembre, 2021. [Consulta: 17 julio 2024]. Disponible en: <https://www.skf.com/co/products/maintenance-products/alignment-tools/belt-alignment-tools/belt-frequency-meter>

.....
AYUDANTE DE CÁTEDRA

.....
ING. FÉLIX GARCÍA
DOCENTE




ANEXOS

(Colocar fotografías con su respectiva descripción de la elaboración del laboratorio)



ANEXO C: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO C: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO


	TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			Versión: 001
				Fecha de elaboración: 2024/07/22
				Fecha de revisión: 2024/07/24
				Fecha de aprobación: 2024/07/29
Elabora: Polo Augusto; Rivera Jorge	Revisa: Ing. Félix García	Aprueba: Ing. Eugenia Naranjo		
Área: Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica				
Nombre del equipo: Módulo móvil para la alineación de poleas por láser			Código técnico: ESPOCH-FM-LMC-MAPL01	
MODO DE FALLA	TAREAS	FRECUENCIA	MATERIALES/HERRAMIENTAS	RESPONSABLE
Sobrecalentamiento del motor eléctrico	Inspección y limpieza del sistema de ventilación del motor eléctrico	Trimestral	Cámara termográfica, cepillos de limpieza, caja de herramientas	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Fatiga de los rodamientos del motor eléctrico	Inspección y lubricación de los rodamientos del motor eléctrico	Semestral	Grasa para rodamientos en motores Mobil Polyrex EM, inyector de grasa, waípe	
Fatiga de los rodamientos de las chumaceras	Inspección y lubricación de los rodamientos de las chumaceras	Semestral	Grasa para rodamientos LGMT 2, pistola de grasa, waípe	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Desgaste de los canales de las poleas	Inspección de los canales de las poleas	Trimestral	Galgas de inspección para poleas, caja de herramientas	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Contaminación por agentes extraños en los canales y áreas circundantes de las poleas	Limpieza total de la polea y su área circundante	Mensual	Bencina o benzol, waípe, caja de herramientas	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Desgaste de la correa	Inspección visual de la correa para detectar desgaste, agrietamiento o deshilachado	Trimestral	Herramientas de inspección visual	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Retorcimiento de la correa	Alinear las poleas o retensar la transmisión	Trimestral	Regla, medidor de frecuencia de correas, caja de herramientas	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo

Reajuste de los sistemas de pernos de los componentes	Comprobar el correcto apriete los pernos en la placa base y los componentes del módulo móvil	Antes de iniciar la práctica de laboratorio	Caja de herramientas	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
La mesa elevadora hidráulica no se eleva a la altura máxima de elevación	Comprobación del nivel de aceite hidráulico de la mesa elevadora y rellenar en caso de que este en niveles bajos	Trimestral	Varilla medidora, aceite hidráulico ISO VG32, waipe, caja de herramientas	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
La mesa elevadora esta trabada y no baja	Ajustar la longitud del cable metálico de la mesa elevadora de manera que la aguja percutora alcance su posición adecuada	Trimestral	Caja de herramientas	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Las ruedas de la mesa elevadora están trabadas	Inspección visual, limpieza y lubricación de los rodamientos de las ruedas de la mesa elevadora	Trimestral	Caja de herramientas, waipe, grasa	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Desgaste de las patas niveladoras de la mesa elevadora	Inspección visual, limpieza y lubricación de las roscas de las patas niveladoras de la mesa elevadora	Trimestral	Caja de herramientas, waipe, grasa, lubricante WD-40	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

ANEXO D: MTS – MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO D: MTS - MANTENIMIENTO PREVENTIVO

		MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)													
Departamento/Área	Tiempo de operación disponible	Realizada por:			Polo Augusto Rivera Jorge										
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo	570 minutos	Fecha:			2024/07/25										
Nombre de la operación	Equipo/subsistema	Página:			1/1										
Mantenimiento preventivo	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser														
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)															
Base de conocimientos			Capacitación/entrenamiento												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Mantenimiento Industrial</td></tr> <tr><td>Selección de Elementos de Máquinas</td></tr> <tr><td>Mantenimiento Correctivo</td></tr> <tr><td>Máquinas Eléctricas</td></tr> <tr><td>Seguridad Industrial</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> </table>			Mantenimiento Industrial	Selección de Elementos de Máquinas	Mantenimiento Correctivo	Máquinas Eléctricas	Seguridad Industrial	Manejo de herramientas	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Formación en procesos de gestión</td></tr> <tr><td>Capacitación en riesgos</td></tr> <tr><td>Entrenamiento en el manejo de herramientas</td></tr> </table>				Formación en procesos de gestión	Capacitación en riesgos	Entrenamiento en el manejo de herramientas
Mantenimiento Industrial															
Selección de Elementos de Máquinas															
Mantenimiento Correctivo															
Máquinas Eléctricas															
Seguridad Industrial															
Manejo de herramientas															
Formación en procesos de gestión															
Capacitación en riesgos															
Entrenamiento en el manejo de herramientas															
#	Tarea	TIS	Otros	Tiempo ciclo de tarea (min)	Frecuencia (D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)		Total, de tiempo de ciclo (año, mes, semana)								
1	Inspección y limpieza del sistema de ventilación del motor eléctrico	MP_MAPL1	Según TIS	15,00	A	4	60,00								
2	Inspección y lubricación de los rodamientos del motor eléctrico	MP_MAPL2	Según TIS	15,00	A	1	15,00								
3	Inspección y lubricación de los rodamientos de las chumaceras	MP_MAPL3	Según TIS	15,00	A	1	15,00								
4	Inspección de los canales de las poleas	MP_MAPL4	Según TIS	10,00	A	4	40,00								
5	Limpieza total de la polea y su área circundante	MP_MAPL5	Según TIS	10,00	M	1	10,00								
6	Inspección visual de la correa para detectar desgaste, agrietamiento o deshilachado	MP_MAPL6	Según TIS	10,00	A	4	40,00								
7	Alinear las poleas o retensar la transmisión	MP_MAPL7	Según TIS	15,00	A	4	60,00								
8	Comprobar el correcto apriete los pernos en la placa base y los componentes del módulo móvil	MP_MAPL8	Según TIS	10,00	S	1	10,00								
9	Comprobación del nivel de aceite hidráulico de la mesa elevadora y rellenar en caso de que este en niveles bajos	MP_MAPL9	Según TIS	15,00	A	4	60,00								
10	Ajustar la longitud del cable metálico de la mesa elevadora de manera que la aguja percutora alcance su posición adecuada	MP_MAPL10	Según TIS	10,00	A	4	40,00								

11	Inspección visual, limpieza y lubricación de los rodamientos de las ruedas de la mesa elevadora	MP_MAPL11	Según TIS	30,00	A	4	120,00
12	Inspección visual, limpieza y lubricación de las roscas de las patas niveladoras de la mesa elevadora	MP_MAPL12	Según TIS	25,00	A	4	100,00
Tiempo total (min)							570,00
Bloque de firma			Historial de cambios en el trabajo				
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Revisa	Aprueba		
2024/07/29	Ing. Félix García	Ing. Eugenia Naranjo					

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

ANEXO E: TIS – MANTENIMIENTO PREVENTIVO

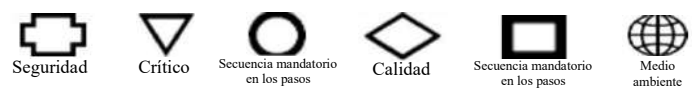






ANEXO E: TIS - MANTENIMIENTO PREVENTIVO


Página 1 de 12	MP_MAPL1		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Inspección y limpieza del sistema de ventilación del motor eléctrico			Fecha de realización		2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge	
	Descripción del equipo/Nº		Ubicación		Símbolo	 Seguridad  Crítico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio en los pasos  Medio ambiente				Tiempo estándar (min)	
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser									15,00	
P	Símb.	Nº	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		  				
		2	Ubicarse en la parte posterior del motor eléctrico		Desconecte el motor de la fuente de alimentación y retire la tapa deflectora del sistema de ventilación del motor, con una llave de enchufe hexagonal #8 y coloque los tornillos seguro para su posterior reinstalación						
		3	Limpieza profundo de las aspas del ventilador		Utilice un cepillo o una brocha de cerdas suaves para remover la suciedad acumulada en las rejillas y conductos de ventilación						
		4	Reensamblaje de la tapa deflectora		Vuelva a colocar la tapa deflectora, asegurándose de que estén bien fijada y alineada correctamente, apriete todos los tornillos adecuadamente, pero sin excederse para evitar dañar las roscas						

	○	5	Prueba de funcionamiento	Vuelva a conectar el motor a la fuente de alimentación, encienda el motor y verifique que el sistema de ventilación funcione correctamente	
--	---	---	--------------------------	--	--

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024









Módulo móvil para la alineación de poleas por láser

Página 2 de 12	MP_MAPL2		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 2		Descripción de la tarea: Inspección y lubricación de los rodamientos del motor eléctrico			Fecha de realización		2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge	
	Descripción del equipo/Nº		Ubicación	Símbolo							Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser										15,00
P	Símb.	Nº	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 				
		2	Retiro de las tapas del motor eléctrico		Desconecte el motor de la fuente de alimentación, retire la tapa delantera y la tapa trasera del motor, con una llave de enchufe hexagonal #8 y coloque los tornillos seguro para su posterior reinstalación						
		3	Limpieza y lubricación		Realice la limpieza de los rodamientos 6202-ZZ y con la ayuda del inyector de grasa lubríquelo con 4g (gramos) de grasa Mobil Polyrem EM						
		4	Reensamblaje de la tapas		Vuelva a colocar la tapa delantera y trasera, asegurándose de que estén bien fijadas y alineadas correctamente, apriete todos los tornillos						

				adecuadamente, pero sin excederse para evitar dañar las roscas	
	○	5	Prueba de funcionamiento	Vuelva a conectar el motor a la fuente de alimentación, encienda el motor y monitoree su funcionamiento inicial. Escucha cualquier ruido inusual que pueda indicar un problema con los rodamientos	







Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024


Módulo móvil para la alineación de poleas por láser

Página 3 de 12	MP_MAPL3		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 3	Descripción de la tarea: Inspección y lubricación de los rodamientos de las chumaceras			Fecha de realización	2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge			
	Descripción del equipo/Nº		Ubicación	Símbolo							Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser										15,00
P	Símb.	Nº	Descripción del paso	Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Uso del EPP	El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		  					
		2	Limpieza y lubricación	Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y realice la limpieza de la graseira y de la boquilla del inyector de grasa, gire el eje y bombee 4g (gramos) de grasa LGMT 2, hasta que la grasa nueva comience a escurrirse de los sellos y con un waipe retire y limpie el excedente							
		3	Sellado de las graseras	Proceda a volver a colocar las tapas de plástico en las boquillas de las graseras							
		4	Prueba de funcionamiento	Después de lubricar, opera el módulo móvil por un breve período y verifica que no haya fugas de grasa							

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024













Módulo móvil para la alineación de poleas por láser

Página 4 de 12	MP_MAPL4		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 4	Descripción de la tarea: Inspección de los canales de las poleas			Fecha de realización	2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge			
	Descripción del equipo/Nº		Ubicación	Símbolo							Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser										10,00
P	Símb.	Nº	Descripción del paso	Detalle del paso	Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)						
		1	Uso del EPP	El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero	  						
		2	Desmontaje de las correas	Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y proceda a aflojar y retire las correas para tener un acceso completo a los canales de las poleas							
		3	Inspección visual del desgaste	Examine los canales de las poleas buscando signos de desgaste, corrosión, o acumulación de residuos, asegúrese de que los canales estén limpios y libres de cualquier material extraño que pueda interferir con el funcionamiento de las correas							
		4	Medición del desgaste	Con la galga de inspección mida el perfil y la anchura de los canales, compárelos con las medidas obtenidas con las especificaciones del fabricante Optibelt							

				para determinar si los canales están dentro de los límites aceptables de tolerancia	
	○	5	Reensamblaje y pruebas de funcionamiento	Una vez completada la inspección, vuelta a montar las poleas y reinstale las correas asegurándote de que estén correctamente tensadas, finalmente encienda el motor y verifique que no haya ruidos anormales o vibraciones que puedan indicar problemas persistentes	








Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024


Módulo móvil para la alineación de poleas por láser

Página 5 de 12	MP_MAPL5		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo	
	Tarea: 5	Descripción de la tarea: Limpieza total de la polea y su área circundante			Fecha de realización	2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge
	Descripción del equipo/Nº		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Crítico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio en los pasos  Medio ambiente	Tiempo estándar (min)		
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser					10,00		
P	Símb.	Nº	Descripción del paso	Detalle del paso	Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Uso del EPP	El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero	 			
		2	Desmontaje de las correas	Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y proceda a aflojar y retirar las correas para tener un acceso completo a los canales de las poleas				
		3	Limpieza de los canales y área circundante	Limpie los canales de las poleas con bencina o benzol para eliminar cualquier residuo o suciedad, evite el uso de limpiadores agresivos que puedan dañar el material de las poleas				
		4	Reensamblaje y pruebas de funcionamiento	Una vez completada la inspección, vuelta a montar las poleas y reinstale las correas asegurándose de que estén correctamente tensadas, finalmente encienda el motor y verifique que no haya ruidos anormales o vibraciones que puedan indicar problemas persistentes				

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024


Módulo móvil para la alineación de poleas por láser


Página 6 de 12	MP_MAPL6		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 6		Descripción de la tarea: Inspección visual de la correa para detectar desgaste, agrietamiento o deshilachado			Fecha de realización		2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge	
	Descripción del equipo/Nº		Ubicación	Símbolo							Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser										10,00
P	Símb.	Nº	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		  				
		2	Desmontaje de las correas		Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y proceda a aflojar y retirar las correas para tener un acceso completo a los canales de las poleas						
		3	Inspección visual detallada		Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y examine toda la longitud de la correa en busca de signos de desgaste: reducción del grosor, superficies lisas o pulidas, grietas, cualquier signo de abrasión o deshilachado						
		4	Detección de agentes contaminantes		Busque cualquier signo de contaminación en la correa, como aceite, grasa, o productos químicos que puedan haber afectado su material						

	○	5	Reensamblaje y pruebas de funcionamiento	Una vez completada la inspección, vuelva a instalar las correas asegurándose de que estén correctamente tensadas, finalmente encienda el motor, escuche cualquier ruido anormal y verifique que la correa se mueva de manera suave y uniforme	
--	---	---	--	---	---

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024






Módulo móvil para la alineación de poleas por láser


Página 7 de 12	MP_MAPL7		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 7	Descripción de la tarea: Alinear las poleas o retensar la transmisión			Fecha de realización	2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge			
	Descripción del equipo/Nº		Ubicación	Símbolo							Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser										15,00
P	Símb.	Nº	Descripción del paso	Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Uso del EPP	El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 					
		2	Inspección inicial	Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación e inspeccione visualmente las poleas y la correa en busca de signos de desalineación							
		3	Comprobación de la desalineación con el método de la regla	Afloje la tensión de las correas, hasta una condición de pretensado y coloque una regla recta a lo largo de las caras exteriores de las poleas y asegúrese de que la regla toque las dos poleas en cuatro puntos (dos en cada polea). Si la regla no toca las cuatro caras, existe desalineación							
		4	Ajuste y alineación de las poleas	Afloje los tornillos prisioneros del buje cónico con la llave Allen hexagonal #5 la designación 1610 y #6 la designación							

				2012 ligeramente y ajuste la posición de las poleas moviéndolas lateralmente hasta que estén alineadas correctamente	
	◇	5	Retensando del sistema de transmisión	Ajuste la tensión de la correa moviendo la placa móvil del motor horizontalmente, coloque el medidor de frecuencias SKF en el centro de la correa y aplica un pequeño golpeo y verifique que se encuentre dentro del rango establecido, una vez ajustada la tensión, gire manualmente las poleas para asegurarse de que la correa se mueva de manera uniforme y sin deslizamientos	
	□	6	Prueba de verificación	Revisa la tensión y alineación de las correas después de un breve período de operación para asegurar que estén correctamente alineadas, en caso de no estarlo repita el procedimiento con el uso de los alineadores láser	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024








Módulo móvil para la alineación de poleas por láser



Página 8 de 12	MP_MAPL8		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 8	Descripción de la tarea: Comprobar el correcto apriete los pernos en la placa base y los componentes del módulo móvil			Fecha de realización	2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge			
	Descripción del equipo/Nº		Ubicación	Símbolo							Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser										10,00
P	Símb.	Nº	Descripción del paso	Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Uso del EPP	El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 					
		2	Inspección visual	Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y realice una inspección visual inicial de los pernos para detectar cualquier signo de daño, desgaste, o aflojamiento visible							
		3	Verificación del par de apriete	Con una llave dinamométrica verifique el par de apriete actual de cada perno o tornillo clase 8.8 y ajuste al valor de par especificado: Tornillos M4: 2,9 N-m Pernos hexagonales M5: 5,6 Nm Pernos hexagonales M7: 23 Nm Pernos hexagonales M10: 49 Nm Pernos hexagonales M12: 85 Nm, aplíquela a cada perno, si los pernos o							

				tornillos se mueven antes de alcanzar el valor especificado, significa que estaba flojo y necesita ser apretado	
	◇	4	Ajuste de los pernos	Si algún perno está flojo, ajústelo al par de apriete recomendado utilizando la llave dinamométrica y asegúrese de apretar los pernos en un patrón cruzado (si corresponde) para distribuir uniformemente la carga y evitar la deformación de la placa base o los componentes	
	○	5	Prueba y verificación	Encienda el módulo móvil, observe y escuche cualquier ruido o vibración anormal que pueda indicar un problema con el apriete de los pernos.	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024







Módulo móvil para la alineación de poleas por láser


MP_MAPL9		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo	
Página 9 de 12	Tarea: 9	Descripción de la tarea: Comprobación del nivel de aceite hidráulico de la mesa elevadora y rellenar en caso de que este en niveles bajos			Fecha de realización	2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge
	Descripción del equipo/N°		Ubicación	Símbolo				Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser							
	P	Símb.	N°	Descripción del paso	Detalle del paso	Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)		
		1	Uso del EPP	El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero	 			
		2	Ubicación del depósito de aceite	Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y localice el depósito de aceite hidráulico de la mesa elevadora que se encuentra en el cilindro de bombeo y limpie la zona alrededor del tapón de llenado				
		3	Comprobación del nivel de aceite	Utilice una varilla de medición (si el depósito tiene una) o una linterna para comprobar el nivel de aceite				
		4	Rellano del aceite hidráulico	Limpiamos la aceitera flexible para que no contenga ningún residuo de otro fluido y colocamos el aceite ISO VG32, añada lentamente en pequeñas cantidades, verificando el nivel				

				frecuentemente para evitar el sobrellenado	
		5	Comprobación final y prueba de funcionamiento	Después de rellenar, verifique nuevamente el nivel de aceite para asegurarte de que esté dentro del rango correcto. Finalmente, accione el pedal de la mesa elevadora y opera el sistema hidráulico para asegurarse de que funcione correctamente	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Módulo móvil para la alineación de poleas por láser


Página 10 de 12	MP_MAPL10		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 10		Descripción de la tarea: Ajustar la longitud del cable metálico de la mesa elevadora de manera que la aguja percutora alcance su posición adecuada			Fecha de realización		2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge	
	Descripción del equipo/Nº		Ubicación		Símbolo					Tiempo estándar (min)	
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser									10,00	
P	Símb.	Nº	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 				
		2	Acceso al cable metálico		Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y localice el cable metálico que controla la aguja percutora, está conectado al freno de descenso						
		3	Ajuste de la longitud del cable		Si el cable es demasiado largo, acorte la longitud del cable aflojando el punto de fijación y tirando del cable hacia el extremo de ajuste. Si el cable es demasiado corto, alargue la longitud del cable soltando la fijación y permitiendo que el cable se deslice hacia el otro extremo.						

				Asegúrese de realizar ajustes pequeños y verificar frecuentemente la posición de la aguja percutora	
	◇	4	Fijación del cable	Una vez que la longitud del cable es la correcta, asegure el cable en su posición ajustando los pernos o tuercas de fijación y verifique que el cable esté bien sujeto y no haya holgura	
	□	5	Comprobación final y prueba de funcionamiento	Accione el pedal para verificar que la aguja percutora alcanza su posición adecuada, repita varios ciclos de operación para asegurarse de que el ajuste es correcto y que el mecanismo funciona suavemente.	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024







Módulo móvil para la alineación de poleas por láser



Página 11 de 12	MP_MAPL11		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 11		Descripción de la tarea: Inspección visual, limpieza y lubricación de los rodamientos de las ruedas de la mesa elevadora			Fecha de realización		2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge	
	Descripción del equipo/N°		Ubicación		Símbolo					Tiempo estándar (min)	
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser									30,00	
P	Símb.	N°	Descripción del paso	Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Uso del EPP	El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 					
		2	Inspección visual de los rodamientos	Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y con la ayuda de las patas niveladoras, levante la mesa elevadora a una altura segura que permita acceder a las ruedas, retire cualquier cubierta o protector que impida el acceso a las ruedas y los rodamientos. Finalmente examine las ruedas y los rodamientos en busca de signos de desgaste, daño o acumulación de suciedad y residuos							
		3	Limpieza	Limpie los rodamientos con un limpiador específico para rodamientos o un solvente adecuado y con un cepillo							

				<p>suave elimine la suciedad y los residuos acumulados en los rodamientos y las áreas circundantes.</p>	
	◇	4	Lubricación	<p>Usa una grasa adecuada para rodamientos de bolas y aplique una cantidad de 2g (gramos) de grasa lubricante en los rodamientos.</p> <p>Asegúrese de que la grasa penetre bien en el interior del rodamiento y cubra todas las superficies de contacto. Finalmente, gire los rodamientos manualmente para distribuir la grasa de manera uniforme</p>	
	□	5	Verificación y prueba de funcionamiento	<p>Vuelva a instalar los rodamientos en las ruedas, asegurándose de que estén correctamente posicionados y seguros.</p> <p>Monte nuevamente las ruedas en la mesa elevadora y ajusta los pernos de fijación según sea necesario, para finalizar una vez que estén reinstalados, baje la mesa elevadora y verifica el funcionamiento de las ruedas</p>	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Módulo móvil para la alineación de poleas por láser


Página 12 de 12		MP_MAPL12		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
		Tarea: 12	Descripción de la tarea: Inspección visual, limpieza y lubricación de las roscas de las patas niveladoras de la mesa elevadora			Fecha de realización	2024/07/22	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge			
		Descripción del equipo/Nº		Ubicación	Símbolo							Tiempo estándar (min)
		Módulo móvil para la alineación de poleas por láser										25,00
P	Símb.	Nº	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)					
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 					
		2	Acceso a las patas niveladoras		Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y baje la mesa elevadora al nivel normal y eleve las patas girando el perno hexagonal en sentido antihorario a una altura que permita tener un acceso cómodo para poder desmontarlas con el uso de una llave #8, retirando el perno de fijación							
		3	Limpieza y lubricación de las roscas		Limpie las roscas de la pata y del perno con un paño limpio para asegurarse de que estén completamente libres de suciedad y residuos,							

				<p>Aplique una cantidad adecuada de lubricante WD-40 a las roscas y asegúrese que el lubricante cubra todas las superficies de manera uniforme</p>	
	◇	4	Reinstalación de las patas niveladoras	<p>Vuelva a montar las patas niveladoras en las roscas de los pernos hexagonales y asegúrese de que estén bien ajustadas con el perno de fijación y en la posición adecuada</p>	
	□	5	Inspección final y prueba de funcionamiento	<p>Realice una última inspección visual para asegurarse de que todas las patas niveladoras estén correctamente instaladas y en buen estado. Baje la mesa elevadora y verifique que el sistema de nivelación sea estable. Finalmente, realice ajustes adicionales si es necesario para asegurar la estabilidad y nivelación de la mesa</p>	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

ANEXO F: PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

ANEXO F: PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO


	TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO			Versión: 001
				Fecha de elaboración: 2024/07/23
				Fecha de revisión: 2024/07/25
				Fecha de aprobación: 2024/07/29
Elabora: Polo Augusto; Rivera Jorge	Revisa: Ing. Félix García	Aprueba: Ing. Eugenia Naranjo		
Área: Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica				
Nombre del equipo: Módulo móvil para la alineación de poleas por láser			Código técnico: ESPOCH-FM-LMC-MAPL01	
MODO DE FALLA	TAREAS	FRECUENCIA	MATERIALES/HERRAMIENTAS	RESPONSABLE
Avería total de los rodamientos del motor eléctrico	Reemplazo de los rodamientos del motor eléctrico	Cuando ocurra	Caja de herramientas, grasa para rodamientos en motores Mobil Polyrex EM, inyector de grasa, extractor de rodamientos, rodamientos 6202-ZZ , waipe	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Avería total de las chumaceras	Reemplazo de las chumaceras	Cuando ocurra	Caja de herramientas, grasa para rodamientos LGMT 2, inyector de grasa, lubricante WD-40, chumaceras UCP 205-16, waipe	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Avería total de las poleas	Reemplazo de las poleas	Cuando ocurra	Caja de herramientas, bencina o benzol, waipe, poleas de dos canales TB Ø 140 y 112 (mm), bujes cónicos designación 1610 y 2012 de Ø 1”	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Avería total de las correas	Reemplazo de las correas	Cuando ocurra	Caja de herramientas, correas trapecoidales perfil A37, waipe	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Avería total del eje conducido	Reemplazo del eje conducido	Cuando ocurra	Caja de herramientas, eje de acero inoxidable AISI 304, Ø 25,40 (mm) y 455 (mm) de longitud, waipe	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo

Avería parcial de la mesa elevadora	Reemplazo de la bomba hidráulica o reemplazo del cable metálico de control	Cuando ocurra	Caja de herramientas, aceite hidráulico ISO VG32, bomba hidráulica para elevador modelo ZJ, waipe	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Avería total de las ruedas de la mesa elevadora	Reemplazo de las ruedas	Cuando ocurra	Caja de herramientas, ruedas giratorias y fijas de Ø 100 (mm)	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo
Avería total de las patas niveladoras de la mesa elevadora	Reemplazo de las patas niveladoras	Cuando ocurra	Caja de herramientas, pata niveladora de nylon, waipe	Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

ANEXO G: MTS – MANTENIMIENTO CORRECTIVO




ANEXO G: MTS – MANTENIMIENTO CORRECTIVO


 MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)														
Departamento/Área		Tiempo de operación disponible		Realizada por:										
Laboratorio de Mantenimiento Correctivo		245 minutos		Polo Augusto Rivera Jorge										
Nombre de la operación		Equipo/subsistema		Fecha:										
Mantenimiento correctivo		Módulo móvil para la alineación de poleas por láser		2024/07/25										
				Página:										
				1/1										
MTS Base de conocimientos/formación (Entrenamiento)														
Base de conocimientos			Capacitación/entrenamiento											
<table border="1"> <tr><td>Mantenimiento Industrial</td></tr> <tr><td>Selección de Elementos de Máquinas</td></tr> <tr><td>Mantenimiento Correctivo</td></tr> <tr><td>Máquinas Eléctricas</td></tr> <tr><td>Seguridad Industrial</td></tr> <tr><td>Manejo de herramientas</td></tr> </table>			Mantenimiento Industrial	Selección de Elementos de Máquinas	Mantenimiento Correctivo	Máquinas Eléctricas	Seguridad Industrial	Manejo de herramientas	<table border="1"> <tr><td>Formación en procesos de gestión</td></tr> <tr><td>Capacitación en riesgos</td></tr> <tr><td>Entrenamiento en el manejo de herramientas</td></tr> </table>			Formación en procesos de gestión	Capacitación en riesgos	Entrenamiento en el manejo de herramientas
Mantenimiento Industrial														
Selección de Elementos de Máquinas														
Mantenimiento Correctivo														
Máquinas Eléctricas														
Seguridad Industrial														
Manejo de herramientas														
Formación en procesos de gestión														
Capacitación en riesgos														
Entrenamiento en el manejo de herramientas														
#	Tarea	TIS	Otros	Total, de tiempo ciclo de tarea (min)										
1	Reemplazo de los rodamientos del motor eléctrico	MC_MAPL1	Según TIS	45,00										
2	Reemplazo de las chumaceras	MC_MAPL2	Según TIS	35,00										
3	Reemplazo de las poleas	MC_MAPL3	Según TIS	15,00										
4	Reemplazo de las correas	MC_MAPL4	Según TIS	15,00										
5	Reemplazo del eje conducido	MC_MAPL5	Según TI	20,00										
6	Reemplazo de la bomba hidráulica	MC_MAPL6	Según TIS	45,00										
7	Reemplazo de las ruedas	MC_MAPL7	Según TIS	40,00										
8	Reemplazo de las patas niveladoras	MC_MAPL8	Según TIS	30,00										
Tiempo total (min)				245,00										
Bloque de firma			Historial de cambios en el trabajo											
Fecha	Revisa	Aprueba	Fecha	Revisa	Aprueba									
2024/07/29	Ing. Félix García	Ing. Eugenia Naranjo												

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

ANEXO H: TIS – MANTENIMIENTO CORRECTIVO













ANEXO H: TIS – MANTENIMIENTO CORRECTIVO

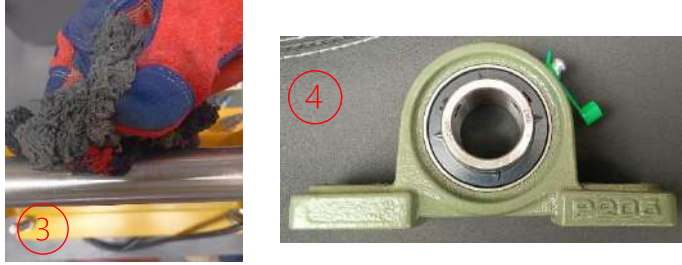
Página 1 de 8	MC_MAPL1		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 1	Descripción de la tarea: Reemplazo de los rodamientos del motor eléctrico			Fecha de realización	2024/07/23	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge		
	Descripción del equipo/N°		Ubicación	Símbolo					Tiempo estándar (min)	
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser								45,00	
P	Símb.	N°	Descripción del paso	Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Uso del EPP	El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 				
		2	Desmontaje de los rodamientos dañados	Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y retire la tapa delantera y trasera de la carcasa del motor teniendo cuidado de no dañar las juntas o sellos. Use un extractor de rodamientos para retirar los rodamientos dañados						
		3	Inspección y limpieza	Inspeccione las superficies del eje y de los alojamientos de los rodamientos en busca de desgaste o daños, luego limpie las superficies con un paño limpio y un solvente adecuado						
		4	Instalación de los rodamientos nuevos	Asegúrese de que los rodamientos nuevos sean de la designación: 6202-ZZ y aplique una capa ligera de grasa lubricante, con una herramienta de						

			montaje de rodamientos instale los nuevos rodamientos verificando que estén bien asentados y alineados correctamente	
	○	5	Reensamblaje y prueba de funcionamiento	<p>Vuelva a colocar las tapas del motor y asegúrate de que estén alineadas y los pernos estén fijados correctamente. Finalmente, encienda el motor, escuche cualquier ruido anormal y verifique que funcione de manera eficiente</p> 

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024












Módulo móvil para la alineación de poleas por láser

Página 2 de 8	MC_MAPL2		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo				
	Tarea: 2	Descripción de la tarea: Reemplazo de la chumacera			Fecha de realización	2024/07/23	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge			
	Descripción del equipo/N°		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Crítico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio en los pasos  Medio ambiente					Tiempo estándar (min)	
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser									35,00	
P	Símb.	N°	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 				
		2	Desmontaje de la chumacera		Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y retire los pernos que sujetan la chumacera y sepárela del eje, después, use el extractor de rodamientos para retirar el rodamiento dañado del alojamiento de la chumacera						
		3	Limpieza del eje		Limpie el eje con un paño limpio y el lubricante WD-40 para eliminar cualquier residuo o suciedad, inspeccione el eje para asegurarse de que no esté desgastado						
		4	Instalación de la nueva chumacera		Asegúrese de que la chumacera sea la designación UCP 205-16 e instala la nueva chumacera en el eje, asegurándote de que esté correctamente alineada.						

			Fije la unidad con los pernos de montaje M12 en los soportes y ajuste los tornillos prisioneros M10 en el eje, asegurándose de que estén bien apretados	
	○	5	Reensamblaje y prueba de funcionamiento	<p>Verifique que los rodamientos giren libremente sin resistencia ni ruidos anormales, añada grasa LGMT 2 si es necesario. Finalmente encienda la máquina o equipo y verifique su funcionamiento</p> 

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Módulo móvil para la alineación de poleas por láser














Página 3 de 8	MC_MAPL3		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 3	Descripción de la tarea: Reemplazo de las poleas			Fecha de realización	2024/07/23	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge		
	Descripción del equipo/N°		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Crítico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio en los pasos  Medio ambiente					Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser									15,00
P	Símb.	N°	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 			
		2	Desmontaje de las poleas dañadas		Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y afloje la tensión de la correa para facilitar la extracción de las correas, utilice la llave Allen hexagonal #5 en la polea pequeña y #6 en la polea grande para retirar los tornillos prisioneros de los bujes cónicos, si las poleas están ajustadas firmemente al eje, con un martillo de goma golpee suavemente hacia adelante para retirarlas sin dañar el eje o el acople					
		3	Preparación para el montaje		Limpia el eje y el acople con un waipe limpio y lubricante WD-40 para eliminar cualquier residuo o suciedad. Asegúrese de que las nuevas poleas sean del tipo y tamaño correctos especificados					


			para el sistema de transmisión, finalmente aplique una capa ligera lubricante WD-40 en el eje si es necesario para facilitar la instalación y el futuro desmontaje
	◇	4	Montaje de las nuevas poleas
	○	5	Reensamblaje y prueba de funcionamiento



Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024








Módulo móvil para la alineación de poleas por láser


Página 4 de 8	MC_MAPL4		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 4	Descripción de la tarea: Reemplazo de las correas			Fecha de realización	2024/07/23	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge		
	Descripción del equipo/N°		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Crítico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio en los pasos  Medio ambiente				Tiempo estándar (min)	
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser								15,00	
P	Símb.	N°	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		  			
		2	Desmontaje de las correas dañadas		Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y afloje la tensión de las correas, desmonte las correas dañadas del sistema.					
		3	Limpieza e inspección de los canales de las poleas		Con las correas removidas, inspeccione los canales de las poleas para verificar que no haya acumulación de residuos. Luego, limpie las poleas con un paño limpio y bencina o benzol si es necesario					
		4	Instalación de las correas nuevas		Asegúrese de que las correas nuevas sean de perfil A37 y verifique que las correas estén en buenas condiciones y sin defectos visibles. Después, coloque las nuevas correas en las poleas asegurándose de que se asienten					

				correctamente en los canales y que estén bien alineadas y no retorcidas	
	○	5	Prueba de funcionamiento	Finalmente, proceda al desarrollo de la práctica de laboratorio para alinear y tensar adecuadamente el sistema de transmisión	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024











Módulo móvil para la alineación de poleas por láser



Página 5 de 8	MC_MAPL5		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 5	Descripción de la tarea: Reemplazo del eje conducido			Fecha de realización	2024/07/23	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge		
	Descripción del equipo/N°		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Crítico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio en los pasos  Medio ambiente				Tiempo estándar (min)	
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser								20,00	
P	Símb.	N°	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 			
		2	Desmontaje del eje dañado		Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y afloje la tensión de las correas, desmonte las correas, poleas, después, desajuste los tornillos prisioneros de las chumaceras y de los discos de desbalanceo. Finalmente retire el eje dañado					
		3	Inspección y preparación		Limpie los soportes de las chumaceras y el agujero del rodamiento, verifica que el nuevo eje de acero inoxidable tenga las dimensiones correctas especificadas para la máquina conducida: Ø 25,40 mm y 455 mm de longitud. Finalmente asegúrese de que el eje esté limpio y libre de defectos					

	◇	4	Instalación del nuevo eje	Coloque en el eje los discos de desbalanceo en su posición correcta y asegúrese de que esté correctamente alineado con las chumaceras, fija el eje con los pernos prisioneros Allen de los rodamientos.	
	○	5	Prueba de funcionamiento	Encienda el módulo móvil y verifique el funcionamiento del nuevo eje y los componentes de la maquina conducida	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024


Módulo móvil para la alineación de poleas por láser

Página 6 de 8	MC_MAPL6		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo		
	Tarea: 6	Descripción de la tarea: Reemplazo de la bomba hidráulica			Fecha de realización	2024/07/23	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge	
	Descripción del equipo/N°		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Crítico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio en los pasos  Medio ambiente				Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser								45,00
P	Símb.	N°	Descripción del paso	Detalle del paso	Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Uso del EPP	El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero	 				
		2	Desmontaje de la bomba hidráulica dañada	<p>Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y coloque un contenedor debajo de la bomba hidráulica para recoger el aceite, abra la válvula de drenaje y drene todo el aceite hidráulico. Marque y desconecte todas las líneas hidráulicas que están conectadas a la bomba.</p> <p>Finalmente, afloje y retire los pernos que fijan la bomba hidráulica a la mesa elevadora y extraiga la bomba con cuidado y colócala en un área segura para su disposición adecuada</p>					
		3	Instalación de la nueva bomba hidráulica	Asegúrate de que la bomba esté en buenas condiciones y lista para la instalación, coloque la nueva bomba					

			<p>hidráulica en su posición y fija los pernos de montaje, asegúrese de que esté bien alineada y firmemente asegurada.</p> <p>Conecte todas las líneas hidráulicas a la nueva bomba siguiendo las marcas que hizo anteriormente, fíjese que todas las conexiones estén bien apretadas y sin fugas.</p> <p>Finalmente, llene el sistema hidráulico con el aceite hidráulico nuevo (ISO VG32) y verifique el nivel de aceite y asegúrate de que esté dentro del rango adecuado</p>	
		4	<p>Prueba de funcionamiento</p> <p>Opere la mesa elevadora para verificar el funcionamiento de la nueva bomba hidráulica, observe y escucha detenidamente cualquier ruido anormal, verificando que no haya fugas en el sistema</p>	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Módulo móvil para la alineación de poleas por láser







Página 7 de 8	MC_MAPL7		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 7	Descripción de la tarea: Reemplazo de las ruedas			Fecha de realización	2024/07/23	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge		
	Descripción del equipo/N°		Ubicación	Símbolo	 Seguridad  Crítico  Secuencia mandatorio en los pasos  Calidad  Secuencia mandatorio en los pasos  Medio ambiente					Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser									40,00
P	Símb.	N°	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero		 			
		2	Desmontaje de las ruedas dañadas		Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y eleve la mesa elevadora con las patas niveladoras, hasta asegurarla en una posición estable, con la llave #13 afloje y retire los pernos y tuercas que fijan las ruedas a la mesa elevadora					
		3	Instalación de las nuevas ruedas		Verifique que las ruedas nuevas sean del tipo y tamaño correctos especificados para la mesa elevadora, si vienen con rodamientos preinstalados, asegúrese que estén en buenas condiciones y correctamente lubricados. Coloque las ruedas nuevas en la posición correcta y fije los pernos y tuercas,					




			asegúrese de que las ruedas estén bien alineadas y firmemente sujetas.
	◇	4	Ajuste y verificación
	□	5	Prueba de funcionamiento



Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024

Módulo móvil para la alineación de poleas por láser

Página 8 de 8	MC_MAPL8		Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento/Área		Laboratorio de Mantenimiento Correctivo			
	Tarea: 8	Descripción de la tarea: Reemplazo de las patas niveladoras			Fecha de realización	2024/07/23	Realizado por	Polo Augusto; Rivera Jorge		
	Descripción del equipo/N°		Ubicación	Símbolo						Tiempo estándar (min)
	Módulo móvil para la alineación de poleas por láser									30,00
P	Símb.	N°	Descripción del paso		Detalle del paso		Diagramas: (Herramientas, partes especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Uso del EPP		El/la estudiante debe colocarse el equipo de protección personal que consta de: mandil, guantes, casco, botas de seguridad con punta de acero					
		2	Acceso a las patas niveladoras		Desconecte el módulo móvil de la fuente de alimentación y baje la mesa elevadora al nivel normal y eleve las patas girando el perno hexagonal en sentido antihorario a una altura que permita tener un acceso cómodo para poder desmontarlas con el uso de una llave #8, retirando el perno de fijación					
		3	Limpieza de la rosca del perno		Limpie las roscas del perno con un waípe limpio y lubricante WD-40 para eliminar cualquier residuo o suciedad					
		4	Instalación de las nuevas patas niveladoras		Verifique que las patas niveladoras nuevas sean del tipo y tamaño correctos, con rosca M14, aplique una pequeña cantidad de lubricante WD-si es					



			<p>necesario para facilitar la instalación y evitar el agarrotamiento.</p> <p>Enrosque las patas niveladoras nuevas en el perno M14 a mano inicialmente para asegurarte de que estén bien alineadas, luego utilice la llave #24 para insertar las patas niveladoras hasta que estén firmemente aseguradas y apretar su perno de fijación con la llave #8</p>	
		5	<p>Inspección final y prueba de funcionamiento</p> <p>Ajuste la altura de las patas niveladoras para asegurar que la mesa elevadora esté nivelada y estable, verificando que todas las patas estén en contacto con el suelo que no tenga movimientos u oscilaciones.</p> <p>Finalmente, opere la mesa elevadora para verificar que las nuevas patas niveladoras mantengan la estabilidad y el nivel adecuado durante el funcionamiento, observe cualquier problema y realice ajustes adicionales si es necesario</p>	

Realizado por: Polo, A., Rivera, J. 2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 26/08/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: AUGUSTO ALEJANDRO POLO LOJA JORGE URIEL RIVERA FREIRE
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
Título a optar: INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
 Ing. Eugenia Mercedes Naranjo Vargas Directora del Trabajo de Titulación  Ing. Félix Antonio García Mora Asesor del Trabajo de Titulación