



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**REDISEÑO DE UNA MÁQUINA DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS PARA MOTORES
DE COMBUSTIÓN A GASOLINA Y DIÉSEL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica**

AUTORES: Santiago David Analuisa Chapaca
Jonathan Stalin Herrera Terán

TUTOR: René Patricio Quitiaquez Sarsoza

Quito - Ecuador

2024

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Santiago David Analuisa Chapaca con documento de identificación N° 1752776060 y Jonathan Stalin Herrera Terán con documento de identificación N° 1750234765 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 29 de febrero del año 2024.

Atentamente,

Santiago David Analuisa Chapaca
1752776060

Jonathan Stalin Herrera Terán
1750234765


II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Santiago David Analuisa Chapaca, con documento de identificación No. 1752776060 y Jonathan Stalin Herrera Terán, con documento de identificación No. 1750234765, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Dispositivos tecnológicos: “Rediseño de una máquina de pruebas hidrostáticas para motores de combustión a gasolina y diésel”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.


En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de febrero del año 2024.

Atentamente,



Santiago David Analuisa Chapaca
1752776060



Jonathan Stalin Herrera Terán
1750234765

III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, René Patricio Quitiaquez Sarsoza con documento de identificación N° 1710597269, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: REDISEÑO DE UNA MÁQUINA DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN A GASOLINA Y DIÉSEL, realizado por Santiago David Analuisa Chapaca con documento de identificación N° 1752776060 y por Jonathan Stalin Herrera Terán con documento de identificación N° 1750234765, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción trabajo de titulación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 29 de febrero del año 2024.

Atentamente,



Ing. René Patricio Quitiaquez Sarsoza, Mgtr
1710597269

IV. AGRADECIMIENTO

En el cierre de este significativo capítulo de mi vida académica, deseo expresar mi profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido mi guía constante y ha permitido que alcance esta meta propuesta. A los profesores de la Universidad Politécnica Salesiana, quiero expresar mi reconocimiento y gratitud por compartir sus conocimientos con nosotros. A nuestro tutor Ing. Patricio Quitiaquez un agradecimiento que nos supo guiar para culminar este trabajo de titulación. A mi familia, les dedico un agradecimiento especial. A mis padres, hermanos y sobrinos, les agradezco sinceramente por su apoyo incondicional. Su constante presencia, amor y aliento han sido mi fuente de motivación para superar cada obstáculo y alcanzar mis metas. Este logro no solo es mío, sino también de ustedes, quienes han estado durante esta etapa a mi lado.

Santiago Analuisa

A lo largo de la formación universitaria de mis compañeros de curso, de mi compañero de tesis y la mía, varios ingenieros nos han instruido no solo académicamente, sino también inculcarnos el espíritu Salesiano que representa nuestra institución, con el fin ingenieros de buen corazón, agradecer a nuestro tutor Ing. Patricio Quitiaquez que estuvo en este proceso a nuestro lado, a la ayuda que nos brindó, también a los ingenieros Ing. Ricardo Zapata y Ing. Marcelo Casa, a mi compañero Santiago Analuisa que gracias a nuestro trabajo en equipo logramos culminar esta etapa en nuestras vidas. A todos esos compañeros y amigos Santiago, Jairo G, Jairo P, Sofia, Alan, Marcos, Sebastián por compartir conmigo estos 5 años de vida universitaria pasando por eventos importantes, logramos culminar esta etapa juntos, siempre agradeceré tantos momentos conmemorables que pasamos como grupo.

Jonathan Herrera

V. DEDICATORIA

Este trabajo de titulación quiero dedicarlo con amor. A mi padre, Eduardo Analuisa, y a mi madre, Lucila Chapaca, quienes han sido fundamentales, dándome su apoyo a lo largo de mi vida, este logro es el reflejo de su dedicación y sacrificio. A mis hermanos, Jackeline y Andrés, a mis sobrinos por su presencia que han sido mi motivación constante. Cada paso que he dado ha sido guiado por el deseo de ser un ejemplo para ellos. Mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo y guía a lo largo de esta etapa académica. Gracias por su paciencia, comprensión y amor incondicional.

Santiago Analuisa

Para alcanzar una meta o sueños no solo necesitamos convicción sino también a personas y seres queridos que nos acompañen en este viaje, en la mía existen varias personas que depositaron su fe y pudieron ver en mi algo que no podría ver por mí mismo, es el potencial y dedicación a esta carrera que elegí.

Con todo agradecimiento y amor a mis padres Blanca Terán y Mario Herrera; mis hermanas Katy y Pamela, mis sobrinos que son como mis hermanos menores Amelia y Samir, que después de salir de una universidad, me dieron todo su apoyo y nunca perdieron la fe en mí, y me dieron su apoyo incondicional para continuar con mi vida universitaria y verme culminar la misma.

A todos esos profesores de colegio que vieron ese potencial en mi interior, a otros miembros de mi familia que tanto de parte paterna y materna que se interesaban por cómo iban mis estudios, aconsejándome y valorando mi esfuerzo.

Jonathan Herrera

VI. ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	i
II.	CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	ii
III.	CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii	
IV.	AGRADECIMIENTO.....	iv
V.	DEDICATORIA	v
VI.	ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
	ÍNDICE DE FIGURAS	x
	ÍNDICE DE TABLAS	11
	ÍNDICE DE ANEXOS	12
	NOMENCLATURA.....	13
	RESUMEN.....	15
	ABSTRACT	16
	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
	OBJETIVOS.....	20
	OBJETIVO GENERAL.....	20
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
	Alcance del proyecto	20
	CAPÍTULO 1.....	23
	MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO.....	23
1.1.	Introducción	23
1.2.	Fundamentación teórica del estudio	23
1.2.1.	Contexto histórico del estudio	23
1.2.2.	Técnicas de Evaluación No Destructivas.....	23
1.2.2.1.	Tipos de ensayos no destructivos	24
1.2.2.2.	Clasificación de Evaluaciones Hidrostáticas.....	25
1.2.2.3.	Prueba hidrostática para motores a combustión de gasolina y diésel...	27
1.2.3.	Identificación de Errores Frecuentes en Pruebas Hidrostáticas.....	27
1.2.4.	Metodología para la ejecución de ensayos hidrostáticos.....	29
1.2.4.1.	Principios básicos de la estática de fluidos o hidrostática	30

1.2.4.2.	Instrumentos medidores de presión.....	31
1.2.4.3.	Los medidores de presión	31
1.2.5.	Partes de un motor a combustión.....	32
1.2.5.1.	Cabezote	32
1.2.5.2.	Block	33
1.3.	Fundamentación de la investigación.....	34
1.3.1.	Análisis de alternativas	35
1.3.2.	Tablas comparativas para la elección de opciones de alternativas	38
1.3.3.	Cuadro de alternativas para sistema de control	39
1.4.	Aspectos teóricos fundamentales	39
1.4.2.	Contactores	40
1.4.3.	Relé de estado sólido.....	40
1.4.4.	Relé temporizador	41
1.4.5.	Contactador normal mente abierto.....	41
1.4.6.	Motor eléctrico.....	42
1.4.7.	Motor reductor	42
1.4.8.	Bomba de agua.....	43
1.5.	Instrumentos de Control.....	43
1.5.1.	Sensores de temperatura (pirómetro).....	44
1.5.2.	Actuadores.....	44
1.5.3.	Sistema de control.....	45
1.6.	Conclusiones del capítulo	46
CAPÍTULO 2.....		47
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		47
2.1.	Introducción	47
2.2.	Diseño de la investigación.....	47
2.3.	Modalidad de la investigación.....	48
2.4.	Diagrama Causa – Efecto	49
2.5.	Puesta en práctica de las variables.....	50
2.6.	Técnicas e instrumentos.....	50
2.6.1.	Formulas fundamentales.....	50
2.7.	Conclusiones del capítulo	54
CAPÍTULO 3.....		55
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		55

3.1.	Introducción	55
3.2.	Descripción de la situación anterior	55
3.3.	Simulaciones de los elementos críticos.....	56
3.4.	Cálculos y Selección.....	59
3.3.1.	Estimación de la potencia que requiere un motor para cumplir con sus requisitos de funcionamiento	59
3.3.2.	Cálculos mecánicos.....	60
3.3.3.	Presión de prueba	61
3.3.4.	Cálculo para el tiempo de prueba	61
3.3.5.	Selección de los pernos	61
3.3.6.	Selección de la correa para las poleas.....	63
3.3.7.	Cálculo de la potencia eléctrica	66
3.3.8.	Caída de voltaje	67
3.3.9.	Control de temperatura por ON/OFF con accionamiento de bomba.....	67
3.3.10.	Conexiones del sistema eléctrico	68
3.5.	Descripción de la situación actual	72
3.6.	Manual de operación.....	74
	Montaje del equipo y del cabezote o block.....	74
3.7.	Conclusiones del capítulo	76
	CAPÍTULO 4.....	77
	ANÁLISIS ECONÓMICO	77
4.1.	Introducción	77
4.2.	Comprobación de la hipótesis	77
4.3.	Comprobación de Resultados	77
4.3.1.	Implementación de los elementos eléctricos en la caja de la máquina. ..	77
4.3.2.	Ensayos de funcionamiento del equipo con cabezotes y block	78
4.5.	Manual de mantenimiento	78
4.6.	Evaluación de la viabilidad económica de un proyecto	80
4.6.1.	Costos directos	80
4.6.2.	Costos indirectos	80
4.7.	Justificación de costos	80
4.8.	Medición de la rentabilidad de un proyecto de inversión.....	81
4.8.1.	VAN	81
4.8.2.	La Tasa Interna de Retorno (TIR).....	82
4.8.	Conclusiones del capítulo	83

CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS	86
ANEXOS	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Manómetro de presión. [8]	31
Figura 2 Barómetro de presión [8].....	32
Figura 3 Cabezote.	33
Figura 4 Block.....	34
Figura 5. Diagrama Causa-Efecto Rediseño de la máquina de pruebas hidrostáticas.	34
Figura 6. Contactor [15].....	40
Figura 7. Relé de estado sólido [17]	41
Figura 8. Relé temporizador AH3.....	41
Figura 9. Relé normalmente abierto [15].....	42
Figura 10. Motor reductor.....	43
Figura 11. Bomba PAOLO 1/2 HP	43
Figura 12. Pirómetro ESM3710-N.....	44
Figura 13. Control lazo abierto [21]	45
Figura 14. Control en lazo cerrado [21].....	45
Figura 15. Diagrama Causa – Efecto mejora de eficiencia.....	49
Figura 16. Variables dependientes e independientes (Autor).....	50
Figura 17. Diagrama del proceso antes del rediseño	56
Figura 18. Deformación de un elemento de la parrilla.....	57
Figura 19. Deformación de la parrilla.....	57
Figura 20. Factor de seguridad un elemento de la parrilla	58
Figura 21. Factor de seguridad de la parrilla	58
Figura 22. Diagrama de fuerza, momento (Autor).....	59
Figura 23. Diagrama del brazo de distancia.....	60
Figura 24. Representación de los diámetros	64
Figura 25. Tacómetro digital	65
Figura 26. Representación de los centros [24].....	66
Figura 27. Simulación de conexiones en FluidSim-P	69
Figura 28. Simulación de conexiones en CADESImu	70
<i>Figura 29. Simulación de conexión de las resistencias en CADESImu</i>	<i>71</i>
Figura 30. Simulación de giro del motor en CADESImu	72
Figura 31. Diagrama del proceso después del rediseño	72
Figura 32. Relación “V” del motor y polea	73
Figura 33. Nuevo gabinete.....	73
Figura 34. Tubería de agua y aire	74
Figura 35. Selector de inicio de prueba	75
Figura 36. Selector de giro del motor a ambos sentidos	75
Figura 37. Selector de giro del motor a ambos sentidos	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de pruebas hidrostáticas [6]	26
Tabla 2. Errores comunes en las pruebas. [5]	28
Tabla 3 tipos de pruebas hidrostáticas	35
Tabla 4 Comparativa de Selección de alternativas en máquinas de pruebas hidrostáticas....	38
Tabla 5 Tabla de alternativas para sistema de control	39
Tabla 6 Materiales utilizados para el Proyecto	53
Tabla 7 Elementos a aumentar en el proceso	56
Tabla 8 Cálculo de la potencia eléctrica	67
Tabla 9 Resultados de los ensayos de las resistencias eléctricas	68
Tabla 10 Fundamentación de costos	81
Tabla 11 Inversión inicial y flujo de caja en periodos	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Planos y Ensamblaje.....	89
Anexo 2 Medidas para perno de cabeza hexagonal	
Anexo 3 Selección del factor de servicio (pág. 25) [18]	
Anexo 4 Tabla para la selección de pernos	
Anexo 6 Conexiones previas de los circuitos	
Anexo 8 Colocación del motor y bomba de agua	
Anexo 9 Comprobación de fugas en el tanque de agua y conexión de las resistencias eléctricas	
Anexo 10 montaje de la poleas y correa	
Anexo 11 Montaje de la parrilla	
Anexo 12 Pruebas del movimiento del motor con un cabezote	
Anexo 13 Colocación de los circuitos en el gabinete	
Anexo 14 Montado final del panel de control	
Anexo 15 Prueba de aire	

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción	Unidades
P_e	<i>Potencia electrica</i>	<i>W</i>
V	<i>Voltaje del circuito</i>	<i>V</i>
I	<i>Corriente eléctrica del circuito</i>	<i>A</i>
w	<i>Velocidad angular</i>	<i>rad / s</i>
T	<i>Tiempo</i>	<i>s - min</i>
F	<i>Peso de un objeto</i>	<i>N</i>
M	<i>Torque de un objeto</i>	<i>N.m</i>
P	<i>Potencia</i>	<i>Hp</i>
F_s	<i>Factor de seguridad</i>	<i>-</i>
P_p	<i>Presión de prueba</i>	<i>bar</i>
P_{max}	<i>Presión máxima del elemento</i>	<i>bar</i>
v	<i>Peso de la chumacera</i>	<i>N</i>
F'	<i>Carga por perno</i>	<i>N/perno</i>
F''	<i>Carga en cada perno</i>	<i>N</i>
R_l	<i>Fuerza resultante de un perno</i>	<i>N</i>
d	<i>longitud</i>	<i>m</i>

r Resistencia radial del centroide m

A_s Área superficial mm^2

Letras griegas

τ Esfuerzo de tensión MPa

σ Tensión superficial $N \cdot m^{-1}$

Subíndices

VAN: Valor Actual Neto -

TIR: Tasa Interna de Retorno -

- - -

RESUMEN

En el marco del proyecto actual, en el cual se efectúa una reestructuración de una máquina destinada a realizar ensayos hidrostáticos en bloques y cabezales de motores de combustión interna, tanto de gasolina como de diésel, siendo su objetivo la optimización de la eficacia del dispositivo y la seguridad del operario, debido que antes de su rediseño este equipo es netamente manual conjuntamente con el accionamiento de sus elementos.

Mediante el análisis de campo se opta por elegir el uso de electroválvulas y de un motor reductor que está conectado a una polea en relación V para girar los elementos del motor que se van a someter a esta prueba, también se utiliza resistencias eléctricas y un pirómetro para el control de temperatura del agua y aire que entra a dichos elementos.

El rediseño de la máquina está diseñado para no cambiar en su gran mayoría la estructura de esta, abarata los costos de inversión del emprendimiento en donde se realiza dicho proyecto. Este proyecto se realiza en el emprendimiento Tamecsa, que se sitúa en la ciudad de Quito, en donde su propósito es modernizar este proceso y que el emprendimiento ofrezca más servicios para sus clientes.

Palabras claves: electroválvulas, pirómetro, rediseño, inversión, emprendimiento.

ABSTRACT

Within the framework of the current project, which involves the restructuring of a machine designed to perform hydrostatic tests on blocks and heads of internal combustion engines, both gasoline and diésel, the objective is to optimize the efficiency of the device and the safety of the operator. This is because, prior to its redesign, this equipment operates entirely manually, along with the activation of its elements.

Through field analysis, the choice has been made to use solenoid valves and a gear motor connected to a V-belt pulley to rotate the engine elements subjected to this test. Additionally, electric resistors and a pyrometer are utilized for temperature control of the water and air entering these elements.

The machine's redesign is aimed at not significantly altering its structure, thereby reducing the investment costs of the venture where this project is undertaken.

This project is carried out at the Tamecsa venture, located in the city of Quito, where its purpose is to modernize this process and enable the venture to offer more services to its clients.

Keywords: solenoid valves, pyrometer, redesign, investment, entrepreneurship.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se busca la optimización de procesos al momento de realizar pruebas hidrostáticas en motores de combustión interna, ya sean alimentados con gasolina o diésel que desempeñen una significativa relevancia en la ingeniería automotriz, con estas pruebas se cumple con una evaluación de la integridad estructural y la capacidad de sellado en los motores.

Con la demanda creciente de motores que sean más eficientes y con un reducido impacto ambiental, cada vez se busca la necesidad de desarrollar y perfeccionar máquinas de pruebas hidrostáticas altamente competitivo y regulado, se dirige a talleres o rectificadoras que requieren modernizar el proceso de prueba y satisfacen las necesidades del mercado actual.

En la construcción de la máquina se recopila datos e información necesaria, donde se detalla la importancia de este tipo de prueba en los motores de combustión, que una vez alcanzado se obtiene optimización en la calidad, tiempo y seguridad brindando beneficios al taller o rectificadora.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, se pueden encontrar muchas empresas que se especializan en la reparación de motores de combustión interna tanto de gasolina como diésel. En este mercado de pequeñas y medianas empresas el trabajo se basa en gran medida en la experiencia, aunque también se utilizan máquinas para reducir algo de trabajo manual. Sin embargo, persisten las limitaciones de seguridad del operador y eficiencia del proceso.

Un inconveniente importante asociado al uso de estas máquinas son los riesgos potenciales que plantea la manipulación de los componentes del motor, que frecuentemente se caracterizan por su considerable tamaño y peso. Además, existe un riesgo potencial de sufrir quemaduras al entrar en contacto con las válvulas responsables de regular el suministro de agua a varios componentes del motor, ya que el agua puede estar a temperaturas elevadas cercanas al punto de ebullición.

Esto resulta en una falta de control de temperatura. Cabe señalar que, durante las pruebas hidrostáticas, también se mantienen presiones de aire significativamente altas durante períodos moderados, lo que complica aún más las operaciones manuales del equipo.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad existen numerosos negocios propios que se dedican a la rectificación de en el ámbito empresarial de tamaño mediano y pequeño, dedicado a motores de combustión interna tanto de gasolina como de diésel, las operaciones se efectúan basándose en métodos empíricos, aunque también se emplean máquinas que disminuyen en alguna medida el trabajo manual, aunque siguen presentando deficiencias en cuanto a la seguridad del operario y tiempos del proceso.

Existen inconvenientes al momento que se realiza el uso de los componentes de la máquina, por lo tanto, suelen suceder ciertos riesgos al momento del manejo como lo son rotar partes del motor que son grandes y pesadas, tener riesgo de quemaduras por el agua que se encuentra a temperaturas cercanas a al punto de ebullición al momento abrir o cerrar las válvulas lo que permite el paso del agua hasta la pieza, por ende, no existe el control de la temperatura, al ser este un proceso manual conlleva a tiempos no deseados al momento de la realización de la prueba.

OBJETO DE ESTUDIO

La identificación de las diversas fallas o fisuras que pueden surgir en un motor constituyen una tarea compleja y crucial. En este proyecto, la atención de nuestro análisis se centra en las posibles anomalías relacionadas con los cabezales y el bloque del motor, un componente esencial cuyo correcto funcionamiento es vital para el rendimiento del motor. En este contexto, se efectúa una reestructuración en la configuración de un dispositivo, con el fin de optimizar su rendimiento y eficacia prueba especializado con el propósito principal de detectar de manera precisa fallas en estas áreas específicas [1].

El rediseño de una máquina de pruebas hidrostáticas tiene como finalidad el cumplimiento de las exigencias que demandan los clientes, a través de la implementación de tecnología que tiene como propósito contribuir a la mejoría de los procesos de prueba, al mismo tiempo busca la reducción los tiempos de ejecución mediante la automatización del equipo, beneficiando a la industria automotriz.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta máquina de pruebas hidrostáticas para motores de combustión a diésel y gasolina es rediseñada para que el tiempo en realizar estas pruebas sea más corto y el operario tenga mayor seguridad en la manipulación del equipo de pruebas. Esto representa un beneficio para evitar accidentes industriales ya sean quemaduras por el agua que están a una temperatura cercana al punto de ebullición, atascamiento de la ropa de seguridad o alguna extremidad de un trabajador al momento de manipular el equipo. A su vez en el negocio donde se encuentra esta maquinaria disminuirán tiempos de pruebas de motores por lo que el servicio será más eficiente.

Otro beneficio de este rediseño es generar un confort del operador con el uso de la maquinaria esto brinda una mejoría a la eficiencia del trabajo, ya que el operario no tendrá que agacharse a activar las válvulas y girar la manija para realizar las pruebas, sino que el control se realiza a través de un panel de control que se encuentra ubicado a la altura promedio para varios operarios de diferentes estaturas para que puedan controlarlo de la manera más cómoda posible, y dar un mejor servicio al medio automotriz [2].

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Rediseñar una máquina de pruebas hidrostáticas para motores de combustión a gasolina y diésel.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el proceso y funcionamiento de la máquina para proceder al rediseño de los componentes a reemplazar.
- Implementar los mecanismos de la parte mecánica y eléctrica para controlar de forma semiautomática el proceso de pruebas de motores.
- Verificar el funcionamiento de la máquina por medio de pruebas para comprobar su operación.

Hipótesis del proyecto

¿El mecanismo nuevo para generar el movimiento de las piezas o sistema de electroválvulas contribuirá a optimizar el proceso de pruebas hidrostáticas para motores a combustión de gasolina o diésel, buscando eficiencia para el proyecto?

Alcance del proyecto

El objetivo de este proyecto de titulación consiste en la optimización del diseño de una máquina mediante la mejora de sus especificaciones y funcionalidades de la prueba hidrostática para motores gasolina y diésel. El objetivo es maximizar la eficiencia de las pruebas y, al mismo tiempo, aumentar la seguridad del operario.

Esto incluye el cambio de los sistemas de control que permiten una operación más automatizada, reduciendo así el tiempo de prueba y el margen de error humano. Además, se debe prever la incorporación de tecnología de monitoreo en tiempo real que garanticen una mayor seguridad para los operarios y un seguimiento más preciso de las condiciones durante

las pruebas.

El proyecto también requiere la selección de materiales y componentes de alta calidad para asegurar la durabilidad y la fiabilidad de la máquina a lo largo del tiempo. Se toma en cuenta la compatibilidad con motores de gasolina y diésel de una amplia gama de dimensiones y potencias, lo que aumenta el alcance y la versatilidad de esta herramienta en el mercado automotriz.

Exposición de la configuración de los capítulos del proyecto o investigación

La estructura de un proyecto constituye el marco mediante el cual se organiza, gestiona y supervisa el proyecto. En otras palabras, representa el fundamento que orienta todos los elementos hacia la ejecución del proyecto conforme a los criterios previamente definidos

El enfoque de investigación se divide en cuatro capítulos, en los cuales consta de la información indagada, que analizada para la construcción

Capítulo 1: Marco Contextual y Teórico

Este capítulo introduce la propuesta de tesis y establece el marco teórico sobre el cual se fundamenta la investigación. Se detallan los antecedentes que contextualizan el estudio en cuestión, las razones que lo justifican, las alternativas consideradas y los aspectos teóricos relevantes. Las conclusiones del capítulo sientan las bases de la próxima investigación.

Capítulo 2: Metodología de la Investigación

Este capítulo proporciona una descripción exhaustiva de los métodos y técnicas implementados para el desarrollo de la investigación. Detalla la naturaleza y el enfoque del estudio realizado, delineando el marco metodológico aplicado para alcanzar los objetivos propuestos y cómo se empleó el diagrama causa-efecto para identificar las características asociadas al fenómeno estudiado. Además, describe los métodos y herramientas utilizados para recopilar información.

Capítulo 3: Análisis e Interpretación de resultados

El presente capítulo expone las conclusiones derivadas de la investigación, las cuales revisten una gran importancia para el avance del proyecto al demostrar la factibilidad de optimizar el estado actual del proceso en cuestión. Los análisis y simulaciones realizados durante la investigación proveen información crucial sobre las metodologías para implementar dichas mejoras. Las conclusiones facilitan una interpretación detallada de los resultados obtenidos y su relevancia, lo que contribuye significativamente al proceso de toma de decisiones relacionado con el progreso del proyecto.

Capítulo 4: Análisis Económico

En el presente capítulo se expone el análisis económico correspondiente a la investigación, el cual incluye la verificación de hipótesis y la evaluación de impactos ambientales así lo amerita, los manuales de funcionamiento y mantenimiento y el análisis de costes. La comprobación de hipótesis confirma o refuta la hipótesis propuesta, mientras que la evaluación medioambiental identifica los impactos potenciales. Los manuales de funcionamiento y mantenimiento proporcionan instrucciones claras, y el análisis de costes estima los costes directos e indirectos de la investigación.

CAPÍTULO 1

MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

1.1. Introducción

El trabajo de titulación comprende dos secciones fundamentales: una parte teórica, que aborda la recopilación de información, proyectos e informes vinculados al tema central de la investigación, y una parte práctica, que se centra en la obtención de datos sobre el rendimiento de la máquina tanto antes como después de su rediseño. La finalidad principal de esta sección práctica es llevar a cabo una comparación detallada de los tiempos y la eficiencia durante la realización de las pruebas. Este análisis permite identificar qué elementos son susceptibles de automatización y cuáles no, contribuyendo así a una evaluación exhaustiva de los aspectos que pueden optimizarse durante el proceso.

1.2. Fundamentación teórica del estudio

1.2.1. Contexto histórico del estudio

Los bancos de pruebas permiten comprobar las condiciones de funcionamiento de los elementos. Estos bancos de pruebas se usan industrialmente con el fin de mantener un control de calidad riguroso en la línea de producción. Su uso está más destinado a la rectificación y al reciclaje de motores.

1.2.2. Técnicas de Evaluación No Destructivas

Este texto se refiere a métodos implementados en el análisis de productos completos o en proceso de finalización, destinados a identificar irregularidades, tanto internas como externas, para caracterizarlas y proceder a una evaluación que determina los criterios del rechazo o la aceptación del producto [3].

Los métodos no destructivos se utilizan en la evaluación de productos completos y semiacabados para identificar imperfecciones internas y superficiales, mediante principios físicos, sin comprometer su funcionalidad futura. El proceso fundamental de inspección de materiales estructurales empleando técnicas no destructivas, en términos de problemas relacionados con defectos, medición de cualidades intrínsecas, se resume en tres categorías principales [3]:

- Análisis de la indicación.
- Valoración de la indicación.
- Selección del método y técnicas de operación adecuadas.

1.2.2.1. Tipos de ensayos no destructivos

Las técnicas de evaluación no destructiva son recursos inestimables para analizar el estado y el rendimiento de los motores de combustión interna. Estos procedimientos obvian la necesidad de desmontarlos o dañarlos. Estas técnicas tienen la capacidad de identificar problemas antes de que se agraven y preservan el motor en un estado de funcionamiento ideal, lo que permite realizar un mantenimiento correctivo antes de que los componentes experimenten fallos más graves. A continuación, se detalla un inventario de dichas pruebas no destructivas. [4].

- **Evaluaciones superficiales no destructivas mediante el uso de líquidos penetrantes**
Las evaluaciones superficiales no destructivas mediante el uso de líquidos penetrantes consisten en la aplicación de un agente colorante líquido sobre la superficie del componente motorizado. Posteriormente, se permite que el colorante se infiltre en cualquier fisura o imperfección presente en la superficie, poniéndolas de manifiesto para la inspección visual. Esta técnica es especialmente útil para detectar defectos superficiales que no son visibles a simple vista en uniones soldadas [4].
- **Evaluaciones No destructivas volumétricos por ultrasonido industrial**
El ensayo volumétrico no destructivo mediante ultrasonidos industriales consiste en utilizar ondas sonoras de alta frecuencia para lograr una penetración en el componente del motor y producir una imagen de su estructura interna. Esta técnica resulta particularmente beneficiosa para identificar defectos o daños internos que no son observables desde la superficie.
- **Ensayos no destructivos volumétricos por radiografía industrial**
El ensayo volumétrico no destructivo mediante radiografía industrial consiste en utilizar rayos X o gamma para penetrar en el componente del motor y obtener una imagen de su estructura interna. Esta técnica es especialmente útil para detectar defectos o daños internos que pueden no ser visibles desde la superficie [4].

- **Evaluaciones No Destructivas Mediante Inspección Visual**

Los análisis no destructivos a través de la inspección visual conllevan la aplicación de personal especialmente formado para inspeccionar visualmente el componente del motor en busca de cualquier signo de daño o desgaste. Esta técnica es especialmente útil para detectar defectos superficiales que pueden no ser visibles con otros métodos de ensayo no destructivos [4].

1.2.2.2. Clasificación de Evaluaciones Hidrostáticas

En la esfera de las evaluaciones hidrostáticas, se diferencian las pruebas de presión alta de las de presión baja. Las evaluaciones que involucran alta presión exponen componentes a presiones muy por encima de las normales para evaluar resistencia e integridad en entornos extremos, como la industria aeroespacial o sistemas hidráulicos industriales [5].

Las pruebas de baja presión, por otro lado, detectan fugas y defectos en sistemas que operan a presiones moderadas, como plomería, calefacción y electrodomésticos. Son vitales para garantizar seguridad y funcionamiento en condiciones cotidianas [5].

La distinción clave radica en los niveles de presión aplicados y objetivos específicos. Las pruebas de alta presión validan durabilidad bajo estrés, mientras que las de baja presión se enfocan en la ausencia de fugas y eficiencia en operaciones habituales [5].

La Tabla 1 proporciona un resumen exhaustivo de los elementos que se someten a pruebas hidrostáticas, destacando las metodologías aplicables y las presiones de referencia específicas para cada uno. Estos elementos incluyen cilindros de gas, tuberías industriales, extintores, calderos, hidrantes de agua y válvulas, cada uno de los cuales se somete a pruebas bajo presiones calculadas para asegurar su integridad y funcionamiento óptimo sin incurrir en daños o fallos.

Tabla 1 Tipos de pruebas hidrostáticas [6]

Elemento	Descripción	Presiones de referencia
Cilindros de gas	Someter el cilindro a una presión mayor que la que se usa normalmente para probar si hay fugas o deformaciones.	Se rellenan con presiones de hasta 500 bar.
Tuberías industriales	Se realizan para determinar la velocidad de flujo disponible en varios lugares para fines de lucha contra incendios	Se usa 1.5 mayor la presión de diseño.
Extintores	Someter a los extintores a una presión mayor a la que normalmente se utilizan.	Generalmente se usa presiones del 125% y 150% de la capacidad operativa.
Calderos	Consiste en llenar el caldero con líquido y luego se presuriza hasta 1.5 veces el valor de la clasificación de presión.	Se recomienda una tasa de incremento de presión menor que 50 PSI/min.
Hidrantes de agua	La comprobación periódica de las bocas de incendio garantiza que puedan suministrar agua a una presión y caudal aceptables para la salud pública y las operaciones de extinción de incendios.	La edición 2019 de NFPA 291 recomienda que las bocas de incendio mantengan una presión residual de 1.4 bar.
Válvulas	Someter los elementos a presiones 1.5 veces a la presión nominal con el objetivo de ver su durabilidad	Se aplica a una presión mayor que el 10% máximo especificado por los fabricantes

1.2.2.3. Prueba hidrostática para motores a combustión de gasolina y diésel

Esta modalidad de prueba no invasiva se centra en introducir agua a una presión a una pieza ya sea un cilindro de gas o un extintor, un block, elementos que tengan que soportar cierta presión, entre otros, este elemento debe soportar una presión por un lapso de tiempo dependiendo de la norma a regir o especificaciones del fabricante del elemento, con el fin de comprobar que no existan fugas o defectos no visibles en una soldadura que se realizó previamente al elemento que se someterá a esta prueba [7].

La prueba hidrostática en una rectificadora de motores de autos se realiza llenando el sistema de enfriamiento con agua o una solución especial y luego aplicando presión. Esto ayuda a identificar si hay fugas en el sistema, ya sea en las mangueras, el radiador, el bloque del motor o en cualquier otro componente. Si hay alguna fuga, el agua comienza a filtrarse y es visible en el exterior del motor.

Esta prueba es importante después de realizar reparaciones en el motor o en su sistema de refrigeración para asegurarse de que no hay fugas que podrían causar problemas en el futuro. También es una parte esencial del proceso de diagnóstico si se sospecha de una fuga en el sistema de refrigeración.

En un motor de automóvil, el sistema de enfriamiento es crucial para mantener la temperatura adecuada de funcionamiento y prevenir el sobrecalentamiento. Este sistema incluye componentes como el radiador, mangueras, bomba de agua, termostato y el bloque del motor mismo. Si hay una fuga en alguna parte de este sistema, podría resultar en la pérdida de refrigerante y eventualmente causar problemas graves en el motor.

1.2.3. Identificación de Errores Frecuentes en Pruebas Hidrostáticas

Este apartado identifica y resume los elementos que pueden inducir a errores durante la realización de pruebas hidrostáticas. Estos errores abarcan fallos operativos, la obtención de datos imprecisos y la potencial ocurrencia de incidentes. También se incluyen las medidas

preventivas correspondientes. La Tabla 2 detalla estos elementos.

Tabla 2. Errores comunes en las pruebas. [5]

Factores	Descripción	Medidas Preventivas
No Constatar Fugas Previas a la Presión de Prueba	No verificar la presencia de fugas en la sección a probar antes de llegar a la presión de prueba, lo que puede resultar en datos erróneos y riesgos de peligro.	Realizar inspecciones detalladas para identificar y reparar cualquier fuga antes de aplicar la presión de prueba.
Liberación Brusca de Presión al Drenar Agua Después de la Prueba	No liberar la presión paulatinamente al drenar el agua después de la prueba, lo que puede causar una expulsión violenta de presión.	Utilizar la válvula de descarga para liberar la presión de manera gradual y controlada.
Uso de Agua Inadecuada	Utilizar agua cruda o no tratada, con temperaturas extremas o contaminada, lo que puede afectar la calidad de la prueba.	Utilizar agua limpia, tratada y a la temperatura adecuada, siguiendo las especificaciones.
Tiempo de Prueba Insuficiente	No permitir un tiempo adecuado para la detección de fugas o defectos.	Asegurar un tiempo de prueba suficiente de acuerdo con las especificaciones y normativas.
Inconsistencia en la Temperatura del Agua	Variaciones significativas en la temperatura del agua que afectan la expansión y contracción de los materiales.	La edición 2019 de NFPA 291 recomienda que las bocas de incendio mantengan una presión residual de 1.4 bar.
Falta de Capacitación del Personal	Personal no capacitado que contribuye a errores en la ejecución y la interpretación.	Proporcionar capacitación adecuada al personal encargado de realizar las pruebas.
Conexiones No Necesarias en el Circuito de Pruebas	Dejar conexiones innecesarias en el circuito de pruebas, lo que puede afectar la integridad de la prueba.	Desconectar o aislar todas las conexiones no necesarias en el circuito de pruebas.
No Eliminar por Completo el Aire Restante en la Tubería	No eliminar completamente el aire restante en la tubería, lo que puede provocar aumentos súbitos de presión	Desalojar completamente el aire por los puntos más altos de la tubería antes de aplicar la presión.
Falta de Calibración Reciente del Manómetro	No calibrar recientemente el manómetro, lo que puede afectar la precisión de la medición de la presión.	Calibrar el manómetro antes de cada prueba y asegurarse de que esté visible para el operador.
Control Inadecuado de presión	No ejercer un control adecuado acerca de la presión de prueba.	Utilizar válvulas de seguridad y bombas manuales para controlar la presión de manera segura.

1.2.4. Metodología para la ejecución de ensayos hidrostáticos

La metodología aplicada en los ensayos hidrostáticos puede diferir en función de la aplicación específica o del sector en el que se emplee. A continuación, se presentan los pasos secuenciales para la realización de actividades relacionadas con los ensayos hidrostáticos. Cabe destacar que estos pasos pueden ser susceptibles de modificación de acuerdo con las particularidades del trabajo y las permisibilidades del proceso [8].

- a. Transportar el equipo de pruebas hidrostáticas al lugar de trabajo, posicionándolo cerca del objeto a ser evaluado.
- b. Una vez que los manómetros estén instalados correctamente, se llevará a cabo una revisión para confirmar que el elemento de calibración esté adecuadamente posicionado.
- c. Acomodar el componente que será sometido, al ensayo de manera visible, de modo que cualquier fuga o distorsión sea evidente al llenarlo con agua.
- d. Montar manómetros, válvulas de liberación y, cuando sea factible, medidores de temperatura.
- e. Asegurar conexiones roscadas o bridadas, así como cerrar secciones adicionales en el objeto y las líneas de agua.
- f. Rellenar la línea de llenado con agua.
- g. Examinar meticulosamente la línea de suministro de agua para verificar la ausencia de contaminantes y fugas, garantizando que el flujo del líquido se mantenga dentro de los parámetros normales
- h. Llenar gradualmente el componente bajo prueba, manteniendo abiertas las válvulas de liberación para permitir la salida de todo el aire presente, usualmente ubicadas en la parte superior del objeto.
- i. Confirmar que la conducción de abastecimiento de agua se encuentre completamente llena, garantizando su estado de limpieza y la ausencia de obstrucciones. Realizar una purga adicional para eliminar cualquier aire del interior del elemento bajo prueba.
- j. Una vez completada la verificación previa, aplicar presión al sistema de pruebas hidrostáticas mediante una bomba.
- k. Supervisar la presión para asegurarse de que se mantenga constante durante un período determinado.
- l. Al finalizar la prueba, liberar la presión para vaciar el agua del interior del objeto evaluado.

m. Concluir soltando las mangueras conectadas al elemento.

1.2.4.1. Principios básicos de la estática de fluidos o hidrostática

Los conceptos esenciales de la hidrostática se centran en el comportamiento estático de los fluidos. Se trata de la disciplina de la física que se dedica al análisis de fluidos en estado de reposo y a la evaluación de las fuerzas que estos ejercen recibe el nombre de hidrostática sobre superficies sumergidas. Estos principios son cruciales para entender el equilibrio de fuerzas y presiones en sistemas fluidos sin movimiento [9].

a) Igualdad de Fuerzas en Fluidos Estáticos

En el ámbito de los fluidos estacionarios, resulta esencial que cada partícula dentro del fluido se encuentre sometida a fuerzas equilibradas en todas direcciones. La ausencia de desequilibrio en estas fuerzas previene el desplazamiento direccional de las partículas del fluido. Este fenómeno fundamenta el concepto de presión hidrostática, definida como la fuerza ejercida por unidad de área (presión) que un fluido imparte de manera perpendicular en cada punto contra las paredes del contenedor. Este concepto se origina del principio de Pascal, el cual es de vital importancia en sectores como la hidráulica [9].

b) Relación entre Presión y Profundidad en Fluidos en Reposo

En un escenario donde un fluido permanece estacionario y únicamente la gravedad ejerce influencia, se establece que la presión interna del fluido está directamente relacionada con la profundidad de la ubicación en análisis. Bajo esta premisa, se determina que la presión incrementa en proporción directa al peso de la columna vertical de fluido situada por encima del punto en cuestión. Adicionalmente, conforme al principio de Arquímedes, se reconoce que cualquier cuerpo inmerso en un fluido es objeto de una fuerza ascendente que es equivalente al peso del volumen de fluido que dicho cuerpo desplaza [9].

c) Determinación de la Posición del Centro de Flotación y Evaluación de la Estabilidad

En el ámbito de la hidrostática, se identifica que el centro de flotación, punto de aplicación de las fuerzas de flotación, se correlaciona con el centro de gravedad del volumen de fluido desplazado. La localización precisa de este centro es crucial para la estabilidad del objeto en cuestión. En contextos de cuerpos flotantes, una distancia incrementada entre el centro de flotación y el centro de gravedad conlleva a una mejora en la estabilidad, según lo indicado en la fuente [9].

1.2.4.2. Instrumentos medidores de presión

Los dispositivos de medición de presión son herramientas fundamentales diseñadas para cuantificar la fuerza aplicada por fluidos, gases o sólidos sobre una superficie específica por unidad de área. Estos instrumentos son esenciales en una variedad de campos, que incluyen desde la industria manufacturera hasta aplicaciones médicas.

La presión se define como una magnitud física que representa la intensidad de la fuerza distribuida sobre un área determinada. Esta variable desempeña un papel crítico en numerosos procesos físicos y químicos. La medición precisa de la presión es imprescindible para asegurar la seguridad operativa y el funcionamiento óptimo de diversos sistemas.

1.2.4.3. Los medidores de presión

1.2.4.4. Manómetro

El manómetro, un instrumento esencial para medir la presión en fluidos confinados, se configura como un instrumento que emplea un tubo con forma de U, que contiene parcialmente un líquido como mercurio o agua. Este tubo dispone en posición vertical, respaldado por una regla graduada en su parte posterior. En su funcionamiento, uno de los lados del tubo se une al recipiente cuya presión se pretende evaluar, mientras que el otro lado del tubo se mantiene expuesto a la atmósfera. Este diseño permite que el manómetro refleje la presión del fluido al equilibrar las alturas del líquido en ambos extremos del tubo en forma de U. Este equilibrio relativo proporciona una lectura precisa de la presión y constituye una herramienta fundamental en diversos contextos, desde la industria hasta la investigación científica en la figura 1 se muestra la ilustración [8].



Figura 1 Manómetro de presión. [8]

1.2.4.5. Barómetro

El barómetro, un dispositivo diseñado para determinar la presión del aire atmosférico, comparte similitudes con el manómetro, pero se distingue por mantener un extremo expuesto al aire atmosférico, mientras dentro del otro extremo se genera un vacío, disminuyendo la presión prácticamente a cero. Esta configuración permite que el barómetro evalúe la presión atmosférica al observar cómo varía la altura de una columna de mercurio o líquido similar en un tubo cerrado al vacío. La lectura resultante proporciona información crucial sobre las condiciones atmosféricas y ha sido una herramienta esencial en la meteorología y otras disciplinas científicas en la figura 2 se presenta un ejemplo de este instrumento de medición [8].



Figura 2 Barómetro de presión [8]

1.2.5. Partes de un motor a combustión

1.2.5.1. Cabezote

Describe la parte superior del motor, conocida como la culata es una pieza que cierra herméticamente los cilindros por la parte superior y puede estar hecha de aluminio o hierro colado, dependiendo de las necesidades del motor y del método de fundición utilizado. La culata tiene varias aberturas que facilitan el flujo del líquido del sistema de refrigeración, barras que accionan los balancines, tornillos para fijarla al bloque, junto con las entradas de aire de admisión y las salidas para los gases de escape.

En la producción de culatas se utilizan diferentes materiales según las especificaciones requeridas por los motores. El aluminio es el material más comúnmente empleado en motores para automóviles, aunque para motores más grandes y vehículos comerciales, se pueden utilizar materiales de hierro fundido. Para situaciones donde la presión de encendido alcanza los 150 bar, se requieren aleaciones especializadas que cumplan con altas exigencias en resistencia a la

tracción, conductividad térmica, ductilidad, elasticidad y tolerancia al impacto térmico, junto con propiedades de fundición favorables y una menor tendencia a desarrollar grietas durante la solidificación en la figura 3 se presenta un cabezote utilizado en el emprendimiento donde se realizara el rediseño de a máquina [9].



Figura 3 Cabezote.

1.2.5.2. Block

En la estructura del bloque del motor, se encuentran alojados los cilindros, cada uno con sus correspondientes camisas, que son cavidades o perforaciones dispuestas en el bloque para permitir el desplazamiento de los pistones en su interior. Estos pistones, considerados como el núcleo vital del motor, desempeñan un papel central en su funcionamiento.

La cantidad de cilindros que puede albergar un motor es variable, al igual que la disposición de estos en el bloque. Se encuentran motores de uno o varios cilindros, aunque la configuración más común en automóviles abarca bloques con cuatro, cinco, seis, ocho, y en algunos casos, doce cilindros. Incluso, algunos vehículos más pequeños pueden emplear motores de tres cilindros.

Es fundamental que el bloque del motor posea características específicas como rigidez, ligereza y dimensiones adecuadas, adaptándose a la potencia que el motor genera. Estas cualidades son esenciales para garantizar un rendimiento óptimo del motor, equilibrando la resistencia estructural con la eficiencia y las dimensiones adecuadas para su aplicación específica en la figura 4 se representa de mejor manera el block [10].



Figura 4 Block

1.3. Fundamentación de la investigación

La utilización del diagrama de espina de pescado en el desarrollo del rediseño de una máquina de pruebas hidrostáticas se centra en el efecto principal del resultado de dichas pruebas, así como en las causas subyacentes que contribuyen a su ocurrencia. Este enfoque se complementa con la inclusión de un cuadro comparativo que destaca los efectos y causas fundamentales, como se ilustra en la Figura 5.

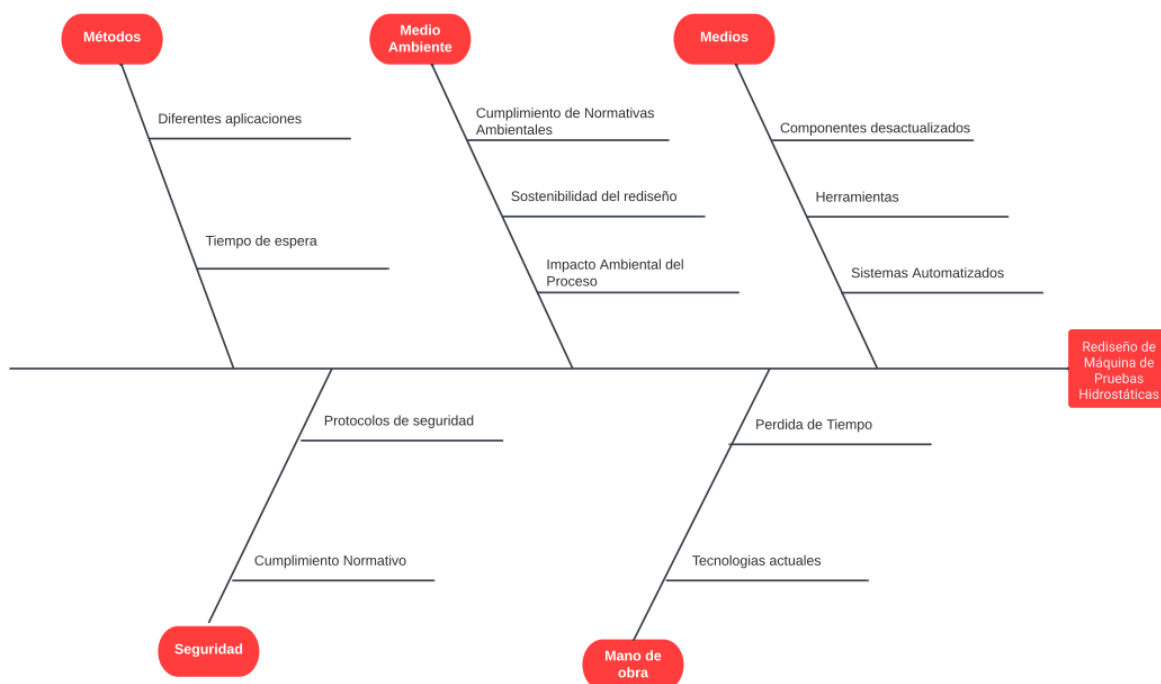


Figura 5. Diagrama Causa-Efecto Rediseño de la máquina de pruebas hidrostáticas.

La recopilación de información se fundamenta en la identificación de diversas causas que pueden influir en los resultados obtenidos, abarcando aspectos relacionados con las habilidades de los operarios, las técnicas de ensayo utilizadas y el contexto en el que se llevan a cabo. Esta

recopilación tiene como consecuencia directa la necesidad de llevar a cabo el rediseño de la máquina de pruebas hidrostáticas.

Al analizar detenidamente las habilidades del personal involucrado, los procedimientos utilizados y el contexto ambiental en el que se realiza la prueba, se emergen factores críticos que, al ser abordados mediante el rediseño, pueden mejorar la eficiencia, la precisión y la confiabilidad del proceso de prueba en sí.

De esta manera, se establece una conexión directa entre las causas identificadas y el efecto deseado de optimizar la máquina para adaptarse a un entorno más eficaz y preciso, lo cual constituye el propósito central del proyecto. A continuación, se describe en la tabla 3

Tabla 3 tipos de pruebas hidrostáticas

Causa	Efecto
La utilización de métodos inadecuados, debido principalmente a la falta de información y al uso de componentes obsoletos, constituye la causa principal que afecta negativamente los resultados.	Rediseño de la máquina de pruebas hidrostáticas.

1.3.1. Análisis de alternativas

Esta clase de emprendimientos se caracteriza por tener una variedad extensa de máquinas que ayudan a la realización del trabajo de rectificación de motores. Estos negocios no siempre cuentan con todos los equipos actualizados o modernizados, lo que implica un retroceso frente a otros negocios con las capacidades económicas para adquirir estos equipos modernos.

Existen varios tipos de inspección para determinar una pérdida en el sistema de enfriamiento del motor que se evalúa mediante esta prueba no invasiva. Estos tipos de inspección son las tintas penetrantes, ultrasonidos, radiografías, inspecciones visuales y por último la prueba hidrostática.

Cada método cuenta con diferencias y características únicas. Sin embargo, tienen el mismo objetivo en esta prueba en específico: determinar si el sistema de refrigeración tiene alguna fuga y poder realizar una reparación si es lo que necesita el motor.

a) Ensayo por tintas penetrantes

Las pruebas de penetración de líquidos se aplican a bloques de motores y sistemas de refrigeración de automóviles para detectar y evaluar posibles defectos, como grietas o fisuras, en superficies internas y juntas. Incluye limpiar y secar a fondo las áreas de interés, aplicar fluido penetrante a través de discontinuidades, realizar una limpieza intermedia, aplicar agentes de campo para resaltar defectos y verificar y evaluar cualquier signo de defecto [11].

Su desventaja es que no proporciona información sobre la profundidad y extensión del daño. Puede detectar la presencia de una discontinuidad, pero no permite una evaluación cuantitativa de la gravedad del defecto. Por lo tanto, cuando se requiere una comprensión detallada del alcance del problema, es posible que se requieran métodos de investigación adicionales [11].

b) Ensayo por ultrasonido

Este método de prueba, que mide la transmisión del sonido a través de materiales, se utiliza en la industria del motor para detectar y evaluar posibles defectos y grietas en componentes críticos. Aunque los resultados se interpretan en un osciloscopio y son subjetivos, su aplicación al motor es importante para asegurar la solidez y eficacia de los componentes como bielas, chasis y bloque motor [12].

El operador necesita un alto nivel de experiencia y conocimientos para obtener información precisa sobre el estado del motor. Su aplicación al motor es importante con el fin de asegurar la solidez y la eficiencia de los elementos como bielas, chasis y bloque motor [12].

c) Ensayo por radiografías

La radiografía industrial se utiliza en bloques de motores de vehículos y sistemas de refrigeración para detectar y evaluar defectos internos sin dañar los componentes. Utiliza radiación penetrante, como rayos X y rayos gamma, para identificar faltas de homogeneidad que podrían influir en la calidad y el desempeño [13].

Sin embargo, la radiografía industrial puede resultar costosa debido a los requisitos de equipo y capacitación. Además, su uso está limitado debido a la exposición a la radiación, lo que puede requerir medidas de seguridad adicionales. A pesar de estas deficiencias, es

importante garantizar la integridad de los componentes críticos del motor [13].

d) Ensayo por inspección visual

La inspección visual se emplea tanto para el bloque del motor como para el sistema de enfriamiento del vehículo para comprobar la superficie y la apariencia de los componentes principales. Sin embargo, su limitación es que no puede detectar defectos internos. Esto no explica los problemas subyacentes, lo que resalta la importancia de combinar la inspección visual con otros métodos de inspección para obtener una evaluación integral. Además, las pruebas son subjetivas y dependen de la experiencia del evaluador, por lo que pueden dar lugar a errores en los resultados.

e) Ensayo por prueba hidrostática

Las pruebas hidrostáticas especiales se utilizan para evaluar la integridad de componentes críticos como el bloque del motor y el mecanismo de refrigeración de los motores de combustión interna. Durante este proceso, se somete una pieza a una presión controlada para probar su capacidad para retener fluido sin fugas. El objetivo principal de las pruebas hidrostáticas es verificar la integridad de la superficie, lo que las convierte en una herramienta importante para validar la calidad y seguridad de estas piezas.

Existen varios tipos de máquinas o métodos más simples para realizar la prueba hidrostática al elemento del motor que se desea.

Tales como:

- **Inmersión en un recipiente o tanque de agua**

En este método consta de sumergir el bloque de motor en una tina de plástico o en un tanque hecho de concreto, con una bomba manual se introduce la fuerza requerida para ejecutar el ensayo y se examinan los hallazgos si llegase a salir burbujas hacia la superficie del tanque o tina donde se encuentra sumergido el block.

- **Banco de pruebas hidrostáticas operado de forma manual**

En este tipo de equipo se tiene mayor precisión en la presión para realizar la prueba, el block permanece suspendido en el aire, realizando la activación de las válvulas de forma manual.

- **Máquina semiautomatizada de pruebas hidrostáticas**

En este equipo la ejecución de la prueba es rápida, ya que, se utiliza electroválvulas, mejorando la seguridad al operario, el block o cabezote no son sumergidos para realizar la prueba.

1.3.2. Tablas comparativas para la elección de opciones de alternativas

La Tabla 4 de este cuadro comparativo se centra en la evaluación de distintos enfoques para la realización de pruebas hidrostáticas. Estos enfoques abarcan desde la inmersión en un recipiente o tanque hasta el uso de un banco de pruebas hidrostáticas operado de forma manual y una máquina semiautomatizada de pruebas hidrostáticas.

La calificación se da en una escala que va de 1 (la calificación más baja) a 5 (la calificación más alta) para evaluar estos métodos en función de distintos criterios.

Tabla 4 Comparativa de Selección de alternativas en máquinas de pruebas hidrostáticas

Puntos de evaluación	Inmersión en un recipiente o tanque de agua	Banco de pruebas hidrostáticas operado de forma manual	Máquina semiautomatizada de pruebas hidrostáticas
Facilidad de ejecución	2	4	5
Seguridad del elemento a someter la prueba	3	5	5
Tiempo de preparación de la prueba	1	4	4
Confiabilidad de resultados	3	5	5
Seguridad de operario	2	4	5
Resistencia a la abrasión	1	4	4
Costos	4	3	3
Total	45,71%	83%	89%

De las tres opciones anteriores se evidencia que la máquina semiautomatizada tiene una calificación del 89%, siendo la más alta. Aunque en el mercado existe este tipo de maquinaria, tiene un alto costo de adquisición. El fin de este proyecto es realizar un rediseño que facilite el uso y reduzca los costos para emprendimientos medianos que deseen implementarlo.

1.3.3. Cuadro de alternativas para sistema de control

El mecanismo de control de este proyecto regula diversos elementos de la máquina, incluyendo las electroválvulas, el motor y la bomba, entre otros. Estas opciones se emplean en una variedad de aplicaciones, tanto industriales como en procesos manufactureros. La Tabla 5 muestra las distintas opciones junto con sus evaluaciones respectivas para el análisis de los equipos que se implementarán en el proyecto.

Aunque el controlador lógico programable se destaca por su alta calificación, se debe tener en cuenta el ambiente en el que se trabaja y opera la máquina. Si se trata de un lugar con demasiado ruido o un ambiente corrosivo para los elementos de control del equipo, la mejor opción son los contactores por su bajo costo y fácil reemplazo, ya que estos últimos no necesitan una programación para su funcionamiento.

Tabla 5 Tabla de alternativas para sistema de control

Parámetros	Contactores	PLC	Arduino Mega
Costo	5	3	3
Programación	5	2	2
Implementación	5	2	2
Confiabilidad	5	5	2
Sumatoria	20	12	9
Total, Porcentual	100%	60%	45%

El contactor es la opción con la calificación más alta porque no necesita ser programado. El ambiente donde se encuentra la máquina tiene demasiado ruido externo, un ambiente corrosivo y poco cuidado en el uso de la máquina. En estas condiciones, los contactores son la mejor opción ya que no sufren afectaciones por el ruido del resto de la maquinaria del lugar.

1.4. Aspectos teóricos fundamentales

En el vasto campo de la ingeniería eléctrica y automatización industrial, la comprensión de los componentes esenciales es fundamental para el diseño y funcionamiento eficiente de sistemas eléctricos. Entre estos componentes, los contactores, relés de estado sólido y temporizadores juegan un papel crucial en el control y protección de circuitos eléctricos.

Además, se abordarán aspectos teóricos fundamentales relacionados con el funcionamiento y aplicaciones de los contactores normalmente abiertos (NO), así como los conceptos básicos

sobre motores eléctricos, motores reductores y bombas de agua, elementos esenciales en numerosas aplicaciones industriales y comerciales.

1.4.2. Contactores

En la figura 6 se presenta un contactor es un dispositivo que se activa por interacción electromagnética. Funciona haciendo pasar corriente a través de una bobina, generando un campo magnético que provoca la atracción de la armadura del interruptor, cerrando sus contactos. Este proceso de cortocircuito facilita el flujo de corriente a través de un aparato llamado contactor electromagnético. Este proceso se utiliza habitualmente en sistemas eléctricos para controlar el flujo de electricidad en muchas aplicaciones industriales y comerciales [14].



Figura 6. Contactor [15]

1.4.3. Relé de estado sólido

Un relé de estado sólido (SSR, por sus siglas en inglés "Solid State Relay") es un conmutador eléctrico que gestiona el paso de corriente entre dos condiciones distintas, abierto y cerrado, aplicando una tensión externa en una unión. Como se puede evidenciar en la figura 7 tiene la diferencia de los dispositivos electromecánicos, los SSR se caracterizan por la ausencia de piezas móviles y contactos mecánicos, dependiendo exclusivamente de componentes electrónicos semiconductores para su funcionamiento. Estos relés responden a una señal de control para activar o desactivar una línea eléctrica que suministra energía a una carga mecánica, y pueden adaptarse para trabajar con distintos tipos de corriente eléctrica y capacidades de carga variadas [16].



Figura 7. Relé de estado sólido [17]

1.4.4. Relé temporizador

Un temporizador o relé con función de tiempo es un dispositivo, que puede activar o desactivar sus contactos de salida después de un período específico. Como se puede apreciar en la figura 8, hay una variedad de relés temporizadores disponibles en el mercado, cada uno con diferentes aplicaciones en la industria. Algunos de los tipos más comunes incluyen relés neumáticos, motorizados, térmicos y electrónicos o de estado sólido. Estos temporizadores funcionan en modos básicos que se describen a continuación [18].

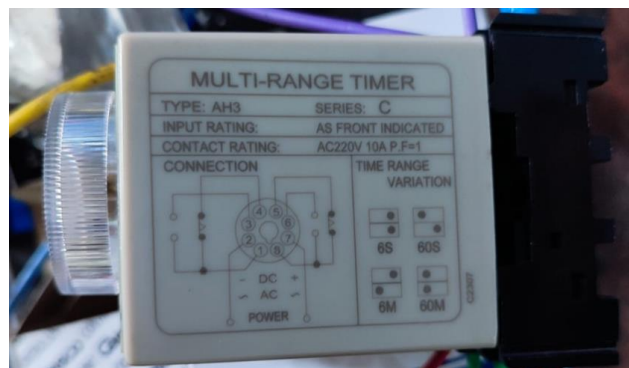


Figura 8. Relé temporizador AH3

- Retardo de post-activación; un retardo que se produce después de que el relé se energice.
- Retardo post-desactivación: un retardo que se produce después de que el relé se desenergiza.
- Pulso que varía según el tiempo de energización del relé.
- Ciclo de repetición [18].

1.4.5. Contactor normalmente abierto

Un contactor normalmente abierto (NO, por sus siglas en inglés "Normally Open") es un dispositivo eléctrico que, en su estado natural y cuando no está activo como se ilustra en la

figura 9, facilita el flujo de corriente a través de sus contactos. Este componente se distingue por su funcionamiento al aplicarle voltaje o al activar el sistema de control relacionado, momento en el cual el contactor se activa, posibilitando la transmisión de corriente. Este tipo de contactor se emplea habitualmente en aplicaciones donde se requiere establecer un circuito en respuesta a una señal eléctrica determinada.



Figura 9. Relé normalmente abierto [15]

1.4.6. Motor eléctrico

Un motor eléctrico es un aparato que transforma la energía eléctrica en energía mecánica a través de la interacción entre campos magnéticos, permitiendo el movimiento. Su importancia abarca varios sectores, desde los electrodomésticos hasta los vehículos eléctricos, y desempeña un papel vital en la conversión de energía para distintos procesos y sistemas [19].

1.4.7. Motor reductor

En la siguiente imagen se muestra un motorreductor es un dispositivo integrado que combina en una sola unidad un motor y un reductor de velocidad, presentando un diseño compacto, creada para reducir automáticamente la velocidad de un dispositivo en la figura 10 se observa este dispositivo. Su importancia radica en ser una alternativa eficaz a los motores de corriente continua, ofreciendo un rendimiento óptimo con un consumo de energía reducido.



Figura 10. Motor reductor

1.4.8. Bomba de agua

Una bomba de agua es un aparato que convierte energía hidráulica de un líquido, trasladándolo de un área de mayor presión a otra de menor presión como se puede observar en la figura 11 que se encuentra conectada para subministrar agua al tanque de la máquina.



Figura 11. Bomba PAOLO 1/2 HP

1.5. Instrumentos de Control

La implementación de la automatización en la industria de manufactura ha transformado significativamente el sector, optimizando la eficiencia y la calidad de los productos fabricados. En este contexto, los sistemas de medición y control desempeñan un papel vital en la

supervisión de las variables físicas y la transmisión de información a un controlador para activar los actuadores. En lugar de emplear PLC (Controlador Lógico Programable), en este planteamiento concreto se ha optado por incorporar contactores y un pirómetro. Los contactores permiten controlar motores eléctricos y electroválvulas, mientras que el pirómetro supervisa la temperatura y activa dispositivos en función de umbrales preestablecidos, contribuyendo así a un sistema de control versátil y eficaz.

1.5.1. Sensores de temperatura (pirómetro)

Un pirómetro es un dispositivo diseñado para medir la temperatura de diferentes objetos sin necesidad de contacto directo. Existen dos tipos: los pirómetros de contacto, que requieren que el sensor toque el objeto, y los pirómetros sin contacto, que miden la radiación a distancia. Los pirómetros sin contacto, al no requerir contacto directo, son más seguros y fáciles de usar en la figura 12 se presenta este instrumento en la máquina del proyecto.



Figura 12. Pirómetro ESM3710-N

1.5.2. Actuadores

Los actuadores, esenciales en el control de procesos industriales, son mecanismos que convierten energía en movimiento mecánico para gestionar distintas variables de control. Se distinguen principalmente por su fuente de energía. Los actuadores eléctricos, incluyendo motores y servomotores, son ampliamente usados, siendo los motores eléctricos particularmente comunes en una variedad de contextos. Alternativamente, los actuadores neumáticos, operados por aire comprimido, se destacan por su alto torque y capacidad de presión, haciéndolos favoritos en ciertos tipos de herramientas eléctricas. Los pistones y válvulas neumáticas son componentes frecuentes en entornos industriales. En conjunto, los

actuadores desempeñan un papel vital en la automatización industrial, con las versiones eléctricas y neumáticas como las más extendidas [20].

1.5.3. Sistema de control

a) Control mediante circuito abierto

El control en bucle abierto, representado en la figura 13, se distingue porque la información o las variables que guían el proceso se mueven en una única dirección, desde el sistema de control hacia el proceso. En este sistema no hay realimentación que confirme al sistema de control si las acciones a realizar en el proceso a través de los actuadores se han ejecutado correctamente [21].



Figura 13. Control lazo abierto [21]

b) Control mediante circuito cerrado

El control en bucle cerrado, como se muestra en la Figura 14, se caracteriza por incluir la realimentación de los sensores del proceso al sistema de control. Esta realimentación permite al sistema de control verificar si las acciones asignadas a los actuadores se han ejecutado correctamente en el proceso. En la mayoría de las operaciones industriales, se prefiere el control en bucle cerrado porque el producto deseado o la variable que se controla requiere una supervisión continua basada en parámetros de entrada específicos [21].



Figura 14. Control en lazo cerrado [21]

1.6. Conclusiones del capítulo

Al examinar las operaciones y atributos de la máquina de ensayos hidrostáticos para motores de combustión interna, se observa la importancia de evaluar la integridad de los componentes de los motores como el cabezote y el bloque. La incorporación de componentes eléctricos es relevante para obtener un sistema o proceso semiautomático.

Se analiza la importancia de incluir estos componentes eléctricos como contactores, pirómetro, electroválvulas y motor reductor para mantener un control de la temperatura y garantizar un control preciso y seguro durante las pruebas.

En resumen, este análisis se centra en la importancia de incluir los componentes eléctricos para un sistema semiautomático en el contexto de las pruebas hidrostáticas para motores de combustión, con el objetivo de lograr resultados que reflejen un proceso eficiente y seguro.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Introducción

Esta tesis se centra en la aplicación de dos metodologías distintas para llevar a cabo el rediseño de la máquina sugerida.

Una forma de recopilar información sobre los elementos de medición necesarios para el control de valores en los ensayos no destructivos es mediante la metodología cuantitativa. Este enfoque permite recopilar y analizar datos, posibilitando la calibración de estos elementos a los valores requeridos [22].

Por otro lado, se dispone de la metodología experimental para validar y explorar el impacto de las variables y observar sus efectos. Este enfoque pretende aumentar la validez de los resultados deseados y lograr la precisión necesaria para el desarrollo de las pruebas.

Gracias al trabajo en conjunto de estas metodologías permitirá obtener resultados precisos y confiables en el desarrollo de este proyecto, al utilizar la observación y la manipulación de variables en entornos controlados, la metodología experimental proporciona una comprensión profunda de los fenómenos estudiados. Por otra parte, la metodología cuantitativa aporta una perspectiva cuantificable y los resultados se abordan de manera objetiva a través del análisis numérico y estadístico de la información recabada. Este enfoque combinado optimiza la calidad y validez de los resultados, aumentando así la solidez y relevancia de las conclusiones alcanzadas en el desarrollo de este proyecto [22].

2.2. Diseño de la investigación

La orientación del proyecto de graduación se centra en la acumulación de información y procedimientos para el rediseño de la máquina respondiendo preguntas específicas para el rediseño, trabajando con los datos obtenidos, para garantizar resultados confiables y precisos. Se presenta una recopilación que resume los distintos aspectos del diseño de la investigación.

a) Pregunta para la investigación

¿Cómo se puede realizar el rediseño a una máquina de pruebas hidrostáticas para que esta sea semiautomática y sea más segura para el operario?

b) Población

El proyecto se encuentra dirigido para micronegocios y negocios medianos que tengan la visión

de mejorar el servicio que ofrecen a la rectificación de motores.

c) Variables

- Variables dependientes
- Seguridad el operario, eficiencia y confiabilidad en el desarrollo de la prueba hidrostática
- Variables independientes
- Ingeniería Mecatrónica, semi automatización, tipos de motores, tipo de máquina sometida al rediseño.

d) Técnicas para la recolección de información

Revisiones del funcionamiento de la máquina previo al rediseño, análisis de documentación, estudios de proyectos de titulación vinculados con la remodelación de maquinaria, así como manuales y catálogos de distintos proveedores.

e) Métodos para el estudio de datos

La aplicación de metodologías como los enfoques experimentales y cuantitativos arrojará resultados que ayudarán a identificar las variables que influyen en la fiabilidad de la prueba y la eficacia de la máquina.

2.3. Modalidad de la investigación

Para implementar la metodología experimental y cuantitativa, se utilizarán elementos que resalten las áreas que necesitan fortalecimiento en el proyecto de grado.

a) Análisis de datos

Se analizará todos los aspectos que tiene la maquina antes de su rediseño como lo es, el tiempo de preparación de la prueba, control de temperatura, presión y tiempo de ejecución del ensayo no destructivo.

b) Rediseño experimental

Con las variables a controlar obtenidas, se podrá implementar el control de temperatura y presión, para que las electroválvulas realicen su trabajo de cierre o apretura de sí mismas.

c) Selección de equipos

Tomando en cuenta las variables a controlar se escogerán el pirómetro y relés correspondientes para el control de esta.

d) Realización de pruebas

Con la ayuda de un registro se anotarán todas las observaciones en la a apertura y cierre de las electroválvulas, comprobar que el pirómetro controle la temperatura y esta sea la misma que la que se le programo al equipo.

e) Aplicación de mejoras

Con los datos finales se podrá corregir errores de control, errores de fugas en la realización de la prueba hidrostática.

2.4. Diagrama Causa – Efecto

El esquema de relación entre causa y efecto para la máquina de pruebas hidrostáticas de motores de combustión interna se enfoca en mejorar la eficiencia productiva mediante la introducción estratégica de componentes eléctricos para la semiautomatización. Este enfoque visual identifica causas en categorías como la demanda del mercado, componentes clave y factores operativos, permitiendo implementar mejoras específicas. El resultado busca no solo optimizar el rendimiento de la máquina, sino también elevar la eficiencia global para adaptarse eficaz y eficientemente a las demandas operativas se describe en la figura 15.

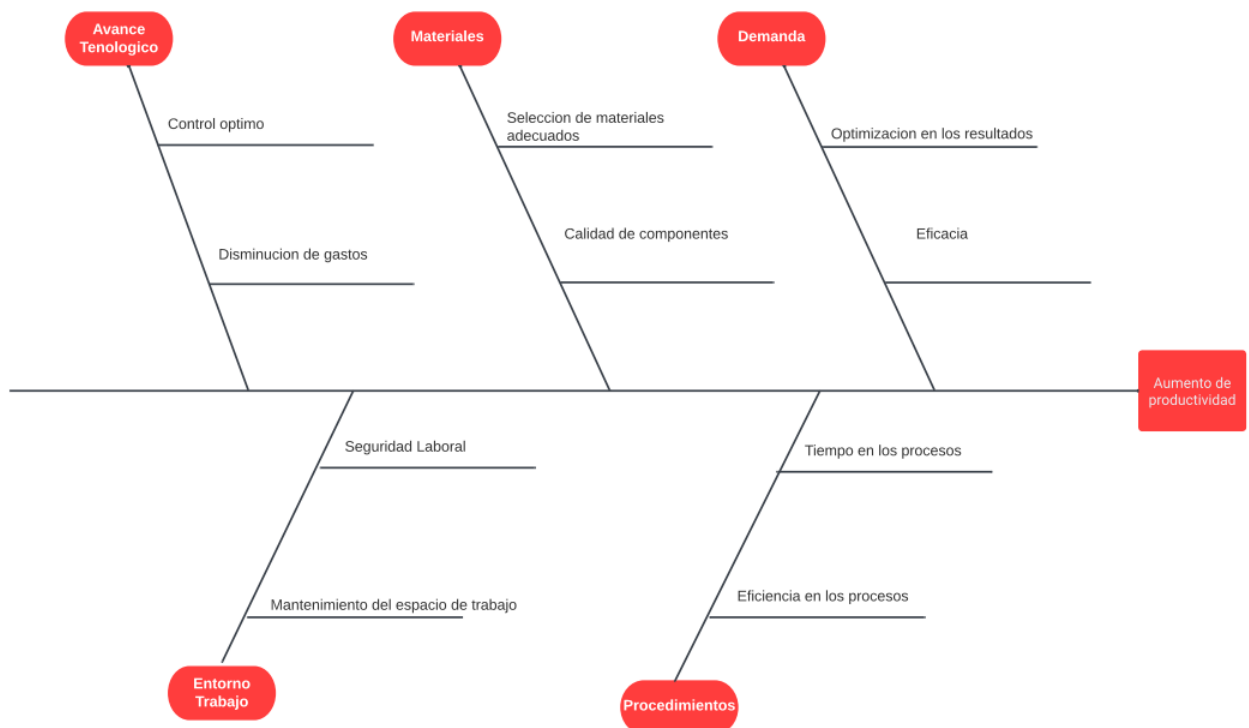


Figura 15. Diagrama Causa – Efecto mejora de eficiencia

2.5. Puesta en práctica de las variables

Un trabajo de titulación analiza las variables que afectan a la máquina de pruebas hidrostáticas. La figura 16 muestra estas variables.

Las variables incluyen fugas de aire y agua, así como condiciones ambientales específicas. Las fugas y las condiciones ambientales pueden afectar a la máquina y al operario que la utiliza.

Dentro de la máquina, también existe una variable conocida como el control de la temperatura, que juega un rol en la definición de la confiabilidad del ensayo. Este factor concreto puede influir en la toma de decisiones sobre si el motor requiere una rectificación o si está listo para su montaje y funcionamiento.

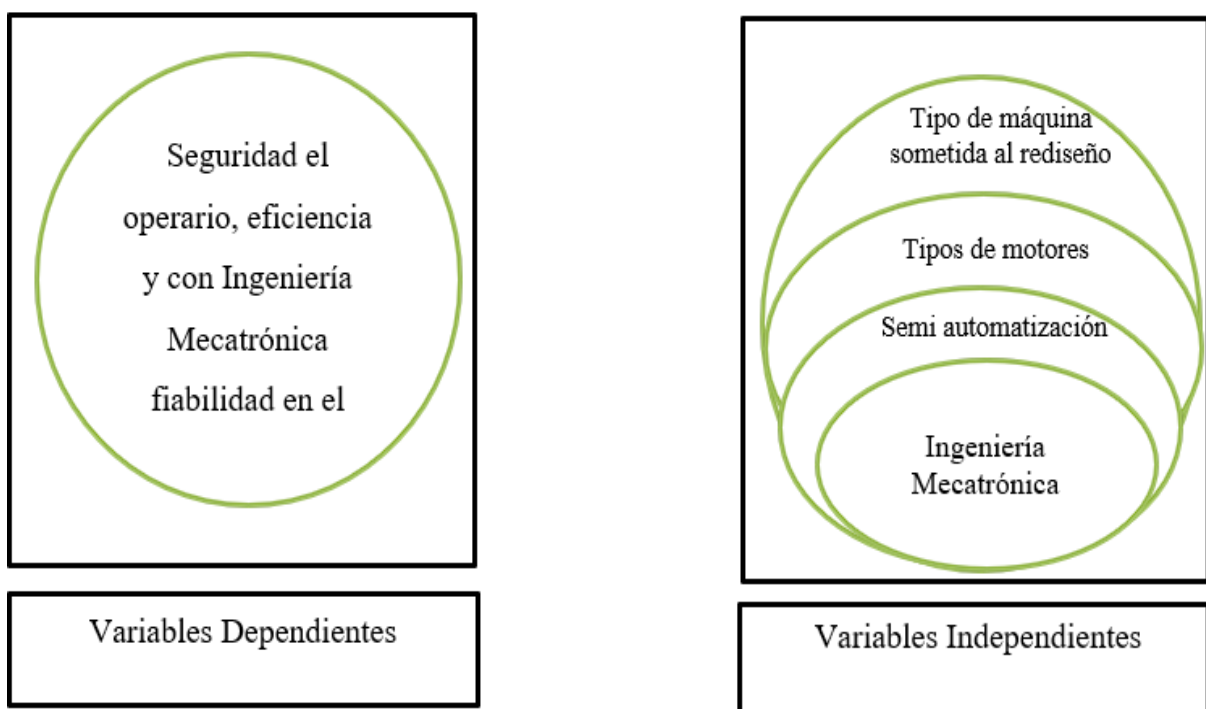


Figura 16. Variables dependientes e independientes

Para garantizar una alta fiabilidad en las pruebas hidrostáticas, es crucial controlar variables como la temperatura, las fugas de aire y las fugas de agua. De esta manera, se evitan diagnósticos erróneos al enviar el elemento a rectificar o al aprobar su superación de la prueba hidrostática.

2.6. Técnicas e instrumentos

Formulaciones y teoría específica para emplear en la solución del problema

2.6.1. Formulas fundamentales

- **Cálculo de la potencia eléctrica**

Facilita la estimación de la cantidad de energía eléctrica consumida por los componentes

eléctricos de la máquina de pruebas hidrostáticas. Esta potencia se calcula multiplicando la tensión por la corriente.

$$P_e = V * I \quad (1)$$

Donde:

P_e : Energía eléctrica generada

V : Tensión en el circuito

I : Intensidad de corriente en el circuito

- **Cálculo de la potencia mecánica necesaria para el motor**

Permite determinar la cantidad de potencia que necesitará el motor para funcionar en la máquina que será rediseñada

$$P_m = V * I \quad (2)$$

Donde:

P_m : Potencia en vatios

M : Es el par motor en newton-metro ($N.m$)

w : Se trata de la velocidad angular medida en radianes por segundo (rad/s)

- **Caída de voltaje**

Tomando en cuenta la ley de Ohm, que vincula la corriente eléctrica con la tensión y la resistencia, es posible calcular la caída de voltaje en un circuito, la cual puede ser ocasionada por la resistencia inherente a la longitud del cable o por la resistencia de algún elemento integrado en el circuito.

$$V_{cable} = R_{cable} * I_{total} \quad (3)$$

Cálculos mecánicos

El factor de seguridad es utilizado para evaluar la habilidad de un elemento o estructura para resistir cargas y condiciones operativas manteniéndose intacto y sin sufrir deformaciones o fallas inapropiadas

$$FS = \frac{\text{Resistencia a la tracción}}{\text{Esfuerzo aplicado}} \quad (4)$$

- **Cálculos y selección de pernos para las chumaceras**

Las chumaceras al ser un elemento crítico; que sufrirá en el movimiento de los cabezotes o blocks que se someterán a prueba, se deberá realizar el proceso de

selección para asegurarlas y que no presenten problemas o fallas catastróficas a medida que la máquina es usada.

- **Cálculos y selección de la correa para las poleas**

Para realizar el movimiento de los cabezotes o blocks que serán sometidos a prueba se necesita un movimiento controlado y lento, para esto se pensó en la relación en “V” para que el motor logree este movimiento, se realizó el cálculo y selección de la correa que va en las poleas del motor y en la chumacera.

Se determina comparando la carga máxima que puede soportar un material o estructura con la carga real o prevista a la que estará sometido.

- **Presión de prueba**

El principio de Pascal indica que la presión aplicada a un contenedor cerrado se transmite uniformemente en todas direcciones, sin escape del fluido hidráulico, gracias a esto se puede determinar la presión de la prueba que viene determinada por la siguiente expresión [23]:

$$P_p = P_{max} * \quad (5)$$

Donde:

P: se refiere a la presión utilizada para la prueba.

P_{max} : corresponde a la presión máxima del sistema de refrigeración.

- **Ecuación para calcular el tiempo de prueba:**

Como rango probable se tiene que la prueba debe realizarse dentro de los 15 o 10 minutos, este valor podría variar dependiendo de las especificaciones del motor

$$T = \frac{P_p}{P_{max}} * 15 \quad (6)$$

Donde:

T: es el tiempo de prueba

P: se refiere a la presión utilizada para la prueba.

P_{max} : corresponde a la presión máxima del sistema de refrigeración.

La tabla 6 detalla los materiales que se emplearán en el proyecto, con una descripción y cantidad

de cada artículo.

Tabla 6 Materiales utilizados para el Proyecto

Nombre del artículo	Descripción	Cantidad
Pirómetro	Pirómetro ON/OFF con una termo cupla tipo J	1
Bomba de agua PAOLO 1/2 HP	Bomba de desplazamiento positivo	1
Electroválvula de agua	Electroválvula de ½ de cobre	2
Electroválvula de aire	Electroválvula de ½ de cobre	1
Contactores o Relés	Relés normalmente abiertos	6
Relé timer	Relé timer para apagar la electroválvula de aire	1
Motor reductor	Motor eléctrico, que hará girar al cabezote o block	1
Botones	Botones de encendido y apagado para la bomba de agua	2
Selectores	Selectores para las electroválvulas y pirómetro	3
Terminales eléctricos	Accesorios para conexiones eléctricas	Varios
Tubería	Accesorios para tubería	Varios
Cable	Cable eléctrico de 20 metros	1

- **Material estructural empleado**

- a) Aislamiento de lana de vidrio 3 cm de grosor**

Este elemento permitirá conservar el calor en el tanque mientras el agua circula por el elemento sometido a la prueba hidrostática, este espesor permitirá un nivel aceptable de aislamiento térmico.

b) Resistencias eléctricas de inmersión

Un elemento de inmersión que gracias al suministro de energía térmica al agua para aumentar la temperatura de esta.

2.7. Conclusiones del capítulo

Al examinar las alternativas anteriores para las operaciones y especificaciones de la máquina de ensayos hidrostáticos, una herramienta crucial para diagnosticar con precisión la presencia de grietas en culatas y bloques de motor, se considera también la importancia de este rediseño y la aplicación de métodos de control para la máquina.

Uno de estos métodos es el uso de contactores, que, como ya se ha mencionado, es la opción más adecuada teniendo en cuenta las condiciones de trabajo en los talleres de reacondicionamiento de motores.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Introducción

En la sección de análisis e interpretación de los resultados, se utilizan técnicas de análisis numérico y simulaciones para comprender la evolución del proceso de prueba hidrostática. Se realizan pruebas y mediciones en condiciones controladas para recopilar datos, y se utilizan ecuaciones para optimizar el diseño de la máquina. Se realizan simulaciones para evaluar el rendimiento del proceso. Los resultados obtenidos proporcionan conclusiones significativas y se proponen recomendaciones para mejorar tanto el proceso como la eficacia de la máquina.

3.2. Descripción de la situación inicial

En la figura 17 se presenta un diagrama de bloques que describe el proceso de la prueba hidrostática antes del rediseño. Este proceso es netamente manual, ya que las válvulas que permiten el paso del aire y agua se abren y cierran manualmente.

Al analizar el proceso, se observa la falta de seguridad del operario al abrir y cerrar las válvulas. También se observa la pérdida de tiempo que esto significa, así como la dificultad para inspeccionar todo el elemento sometido a la prueba, ya que este permanece inmóvil.

Cabe mencionar que, por descuido o apuro del operario, las válvulas pueden quedar abiertas al realizar otra prueba.

Esto puede provocar accidentes o fugas de agua y aire que pueden afectar al elemento que se somete al ensayo.

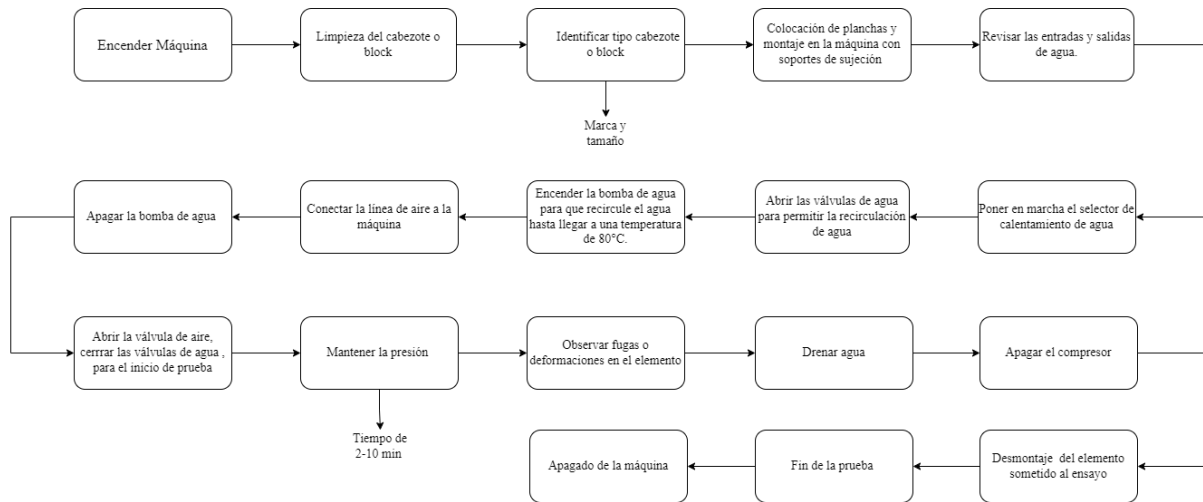


Figura 17. Diagrama del proceso antes del rediseño

El emprendimiento donde se realiza el rediseño ha optado por renovar el equipo con este proyecto para mejorar tanto la confiabilidad y eficiencia del ensayo, como la seguridad del operario que realiza la prueba hidrostática como se lo ve en la tabla 7. Es necesario seguir con la investigación e innovación para esta y otras clases de equipos que utilizan las rectificadoras de motores.

Tabla 7 Elementos a aumentar en el proceso

Necesidad	Solución
Limitación en la inspección	Añadir un motor reductor que permita el movimiento del elemento sometido al ensayo
Apertura de válvulas de agua y aire	Agregar electroválvulas para apertura y cierre con contactores
Control de temperatura en el tanque de agua	Implementar un pirómetro que permita el control de la temperatura

3.3. Simulaciones de los elementos críticos

Simulación de deformaciones

En la figura 18 y 19 se muestra la deformación obtenida de los elementos de la parrilla y la parrilla montada simulado del software SolidWorks.

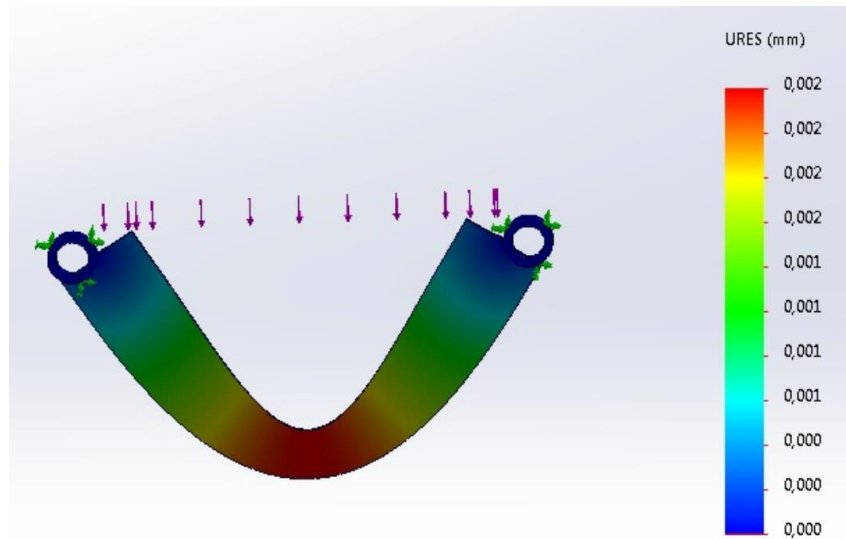


Figura 18. Deformación de un elemento de la parrilla

Se observa una deformación notable en la imagen. Sin embargo, el programa arroja un valor de deformación de 0.002 mm para un solo elemento de la rejilla. Este valor es muy bajo y no indica una deformación que afecte al elemento.

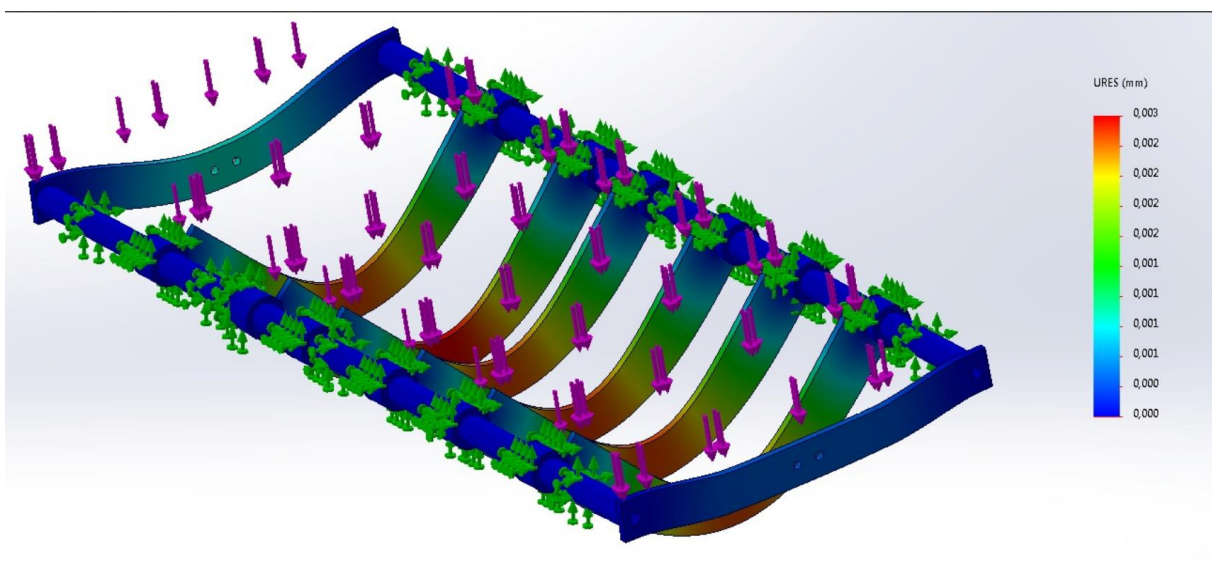


Figura 19. Deformación de la parrilla

La parrilla completa muestra todos los elementos simulados antes mencionados. Revela una medida de 0.003 mm. Este valor es despreciable y no supone una deformación significativa que comprometa la estructura del elemento

Simulación del factor de seguridad

Gracias a las herramientas tecnológicas se realiza el cálculo de factor de seguridad de los elementos más críticos, según se muestra en la figura 20 y 21 el uso de esta herramienta.

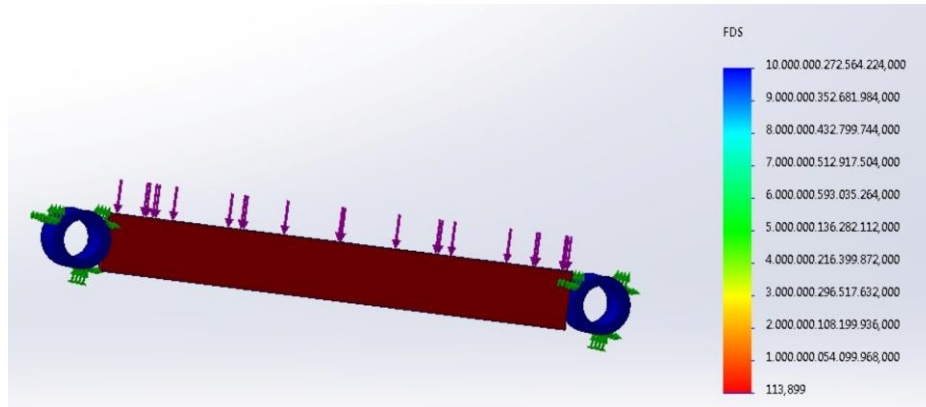


Figura 20. Factor de seguridad un elemento de la parrilla

Al realizar una comparativa con los cálculos obtenidos antes de la simulación y después de realizarse la misma, se demuestra que el factor de seguridad tiene un valor de 113, 889 que aproximado es de 114. Este valor es más que suficiente para dicho elemento.

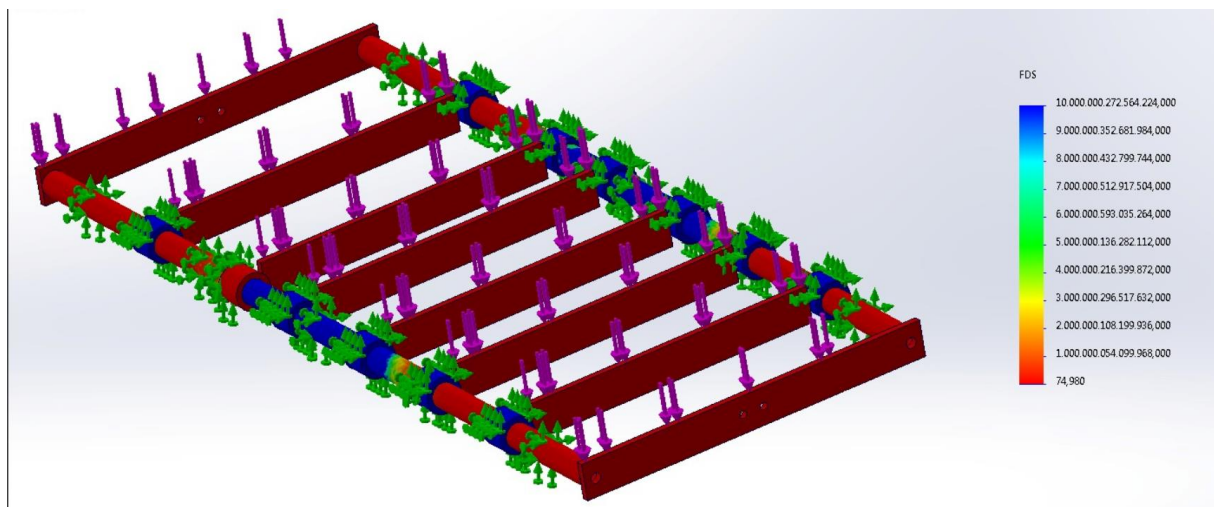


Figura 21. Factor de seguridad de la parrilla

En la parrilla ensamblada se obtiene como resultado un factor de seguridad de 74, 980 que aproximado es de 75. Este valor, como en el caso anterior, puede ser agregado sin problemas en la máquina final.

Después de un exhaustivo análisis de los elementos mecánicos, se concluye que muchos de estos componentes podrían seguir siendo utilizados en el funcionamiento de la máquina. Se ha determinado que estos elementos aún poseen un valor significativo y pueden contribuir de manera positiva al desempeño general de la máquina. Por lo tanto, se considera que reutilizar

estos componentes no solo sería factible, sino que también sería beneficioso en términos de eficiencia y economía. Este enfoque de reutilización se alinea con la estrategia de maximizar los recursos disponibles y minimizar el desperdicio, al tiempo que garantiza que la máquina continúe operando de manera efectiva mientras se implementan las mejoras necesarias para su seguridad y rendimiento.

3.4. Cálculos y Selección

3.3.1. Estimación de la potencia que requiere un motor para cumplir con sus requisitos de funcionamiento

La figura 22 muestra los datos de fuerza, momento y diámetro de los elementos del motor reductor.

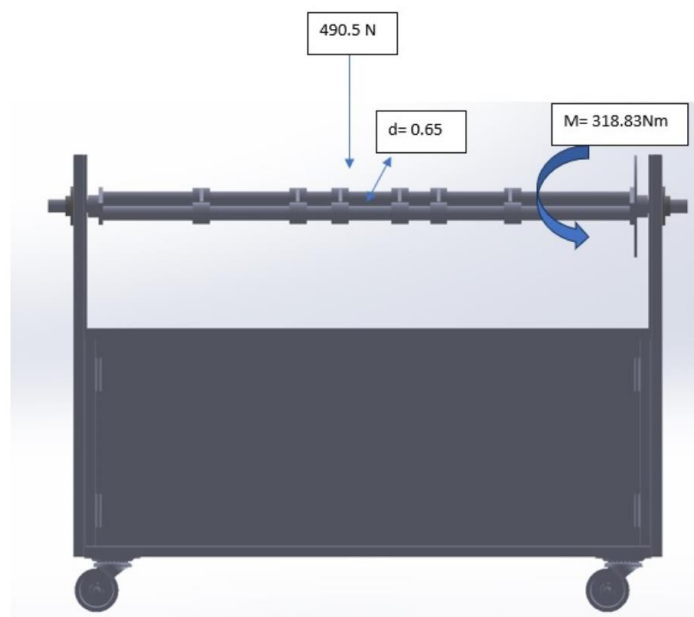


Figura 22. Diagrama de fuerza, momento (Autor)

Para la velocidad angular se realizó el cálculo con la siguiente ecuación, necesitando 5 RPM

$$w = \frac{2\pi * (RPM)}{s}$$

Reemplazando los valores tendremos como resultado

$$w = \frac{2\pi * (5)}{60}$$

$$w = 0.52 \text{ rad/s}$$

Para el torque se realizó el cálculo con la fuerza que ejerce el cabezote sobre la parrilla que es de $F = 490.5N$ y este tendrá un torque de $M = 446.36 N.m$ donde se reemplazará en la ecuación (2), en la figura 23 se presenta el brazo de distancia que se tomó para el cálculo del torque.

$$M = F * R$$

$$M = 490.5 N * 0.26 m$$

$$M = 446.36 N.m$$

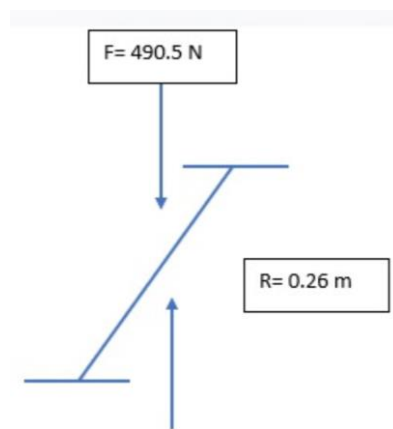


Figura 23. Diagrama del brazo de distancia (Autor)

$$P = M * w$$

$$P = 446.36 (N.m) * 0.52 (rad/s)$$

$$P = 232.1072 W$$

$$P(Hp) = \frac{232.1072}{746} = 0.31Hp$$

3.3.2. Cálculos mecánicos

El área transversal de la viga (A) es un dato necesario para calcular el factor de seguridad de un elemento de la parrilla.

Donde:

$$A = b * h$$

$$A = 50 mm * 410 mm$$

$$A = 20,500 \text{ mm}^2$$

Se procede a calcular el esfuerzo aplicado

$$\text{Esfuerzo aplicado} = \frac{62 \text{ N}}{20,500 \text{ mm}^2}$$

$$\text{Esfuerzo aplicado} = 0.003 \text{ N/mm}^2$$

Para obtener el factor de seguridad se necesita la resistencia a la tracción, que es el esfuerzo a la fluencia con un valor de $1,500 \text{ N/cm}^2$ (AISI 1020)

$$FS = \frac{1,500 \text{ N/cm}^2}{0.003 \text{ N/cm}^2}$$

$$FS = 500$$

3.3.3. Presión de prueba

Para determinar este valor dependerá del tipo del cabezote o block que se someta a la prueba hidrostática, ya que el material y el peso son diferentes en cada uno de estos casos.

$$P_p = P_{max} * 2$$

3.3.4. Cálculo para el tiempo de prueba

Para el tiempo de prueba se sigue las mismas consideraciones para la presión de prueba ya que depende mucho de estas.

$$T = \frac{P_p}{P_{max}} * 15$$

3.3.5. Selección de los pernos

Se escogen pernos M12.

El peso de la chumacera será de $v = 440.5 \text{ N}$ y este será la fuerza cortante

La carga por perno será:

$$F' = \frac{V}{\# \text{ pernos}}$$

$$F' = \frac{440.5 \text{ N}}{4 \text{ pernos}}$$

$$F' = 122.63 \text{ N/perno}$$

El momento que resiste el conjunto de pernos es:

$$M = V * d$$

$$M = 440.5 \text{ N} * 0.26 \text{ m}$$

$$M = 127.53 \text{ N.m}$$

Cálculo de la distancia radial del centroide:

$$r = \sqrt{82\text{mm}^2 + 82\text{mm}^2}$$
$$r = 115.97 \text{ mm} \approx 0.11597\text{m}$$

Fuerza sobre cada tornillo para que resistan el momento de flexión

$$F'' = \frac{M * r}{4 * r^2}$$
$$F'' = \frac{(127.53 \text{ N.m}) * (0.11597)}{4 * (0.11597)^2}$$
$$F'' = 274.92 \text{ N}$$

Resultante de las fuerzas que actúan en los pernos (eje X y Y)

$$F_{1x} = F'' * \sin(45)$$
$$F_{1x} = 194.39 \text{ N}$$
$$F_{1y} = F'' * \cos(45)$$
$$F_{1y} = 194.39 \text{ N}$$

Fuerza resultante (eje Y)

$$F_y = F_{1y} + F'$$
$$F_y = 194.36 \text{ N} + 122.63 \text{ N}$$
$$F_y = 317.02 \text{ N}$$

Fuerza resultante sobre un perno:

$$R_1 = \sqrt{(F_{1x})^2 + (F_y)^2}$$
$$R_1 = \sqrt{(194.39 \text{ N})^2 + (317.02 \text{ N})^2}$$
$$R_1 = 371.87 \text{ N}$$

Sección transversal para perno M12

$$D = \sqrt{\frac{4 * A_s}{\pi}}$$

Donde se despeja A_s obteniendo

$$A_s = \frac{D^2 * \pi}{4}$$

Reemplazando datos

$$A_s = \frac{(12)^2 * \pi}{4}$$
$$A_s = 113.04 \text{ mm}^2$$

La longitud del perno será la suma total de:

- Espesor de la tuerca: 10 *mm*
- Espesor de la barra: 6 *mm*
- Espesor de la chumacera: 16 *mm*
- Total: 32 *mm* por catálogo (Anexo 1) se selecciona una longitud de 40 *mm*

Longitud de la rosca: $L_t \leq 125$

$$L_t = (2 * d) + 6$$
$$L_t = (2 * 12 \text{ mm}) + 6$$
$$L_t = 30 \text{ mm}$$

Longitud parte sin rosca:

$$L - L_t = 40 \text{ mm} - 30 \text{ mm}$$
$$L - L_t = 10 \text{ mm}$$

Selección del material del perno (Anexo 2)

$$\tau = \frac{R_1}{A_s}$$
$$\tau = \frac{371.87 \text{ N}}{0.00011309 \text{ m}^2}$$

El material seleccionado es el DIN 931 ISO 4014

3.3.6. Selección de la correa para las poleas

Al conocer la potencia que tiene el motor de los cálculos anteriores, se adquirió un motor de segunda mano de 25 RPM, para el cálculo de la relación se requiere 5 RPM, en la figura 24 se presenta los diámetros para los cálculos.

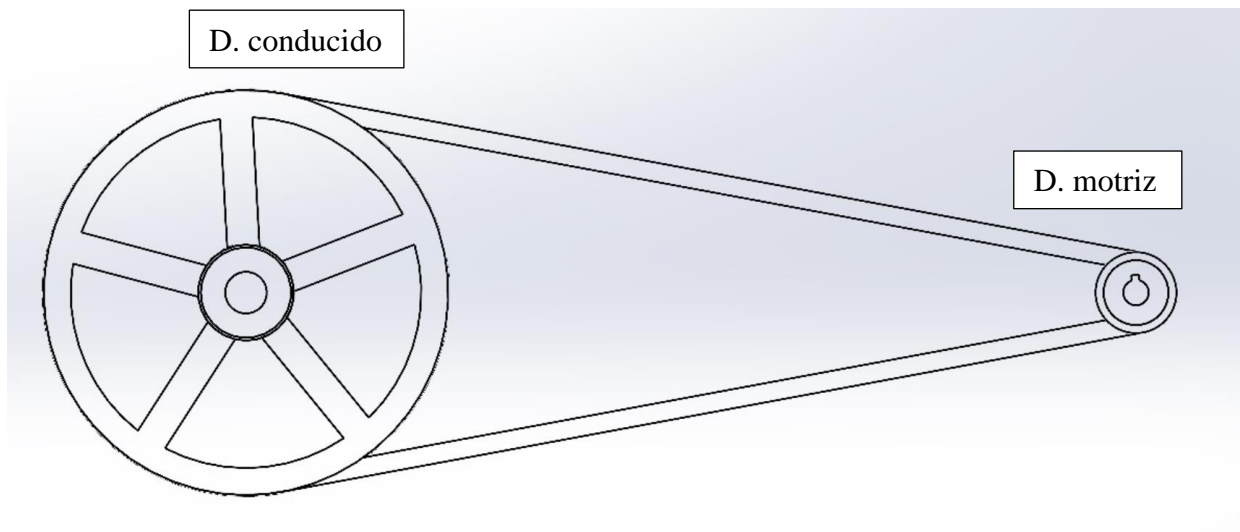


Figura 24. Representación de los diámetros

Cálculo de la relación

$$\frac{D. motriz}{D. conducido} = \frac{60 \text{ mm}}{300 \text{ mm}}$$

$$\frac{D. motriz}{D. conducido} = \frac{1}{5}$$

Cálculo de las RPM conducidas

$$N_c = \frac{N_m * D. motriz}{D_c}$$

$$N_c = \frac{25 \text{ RPM} * (60 \text{ mm})}{300 \text{ mm}}$$

$$N_c = 5 \text{ RPM}$$

Se adjunta como evidencia en la figura 25, con la ayuda de un tacómetro digital, con la relación 1:5, se puede comprobar las 5 RPM necesarias.



Figura 25. Tacómetro digital

Se conoce también que la máquina:

Al ser una máquina intermitente (uso menor de 12 horas por día) la polea será una polea conducida

Potencia de diseño:

Nota: El FS (Factor de servicio) se escoge del Anexo 3,

$$\text{Potencia de diseño} = \text{HP del motor} * FS$$

$$\text{Potencia de diseño} = 0.25 \text{ (HP)} * 1.1$$

$$\text{Potencia de diseño} = 0.275 \text{ HP}$$

Cálculo de la distancia entre centros:

En la figura 26 se muestra la representación gráfica de la ubicación de los centros y sus representaciones donde:

C: Distancia entre centros de las poleas

D: Diámetro de la polea más grande

d: Diámetro de la polea más pequeña

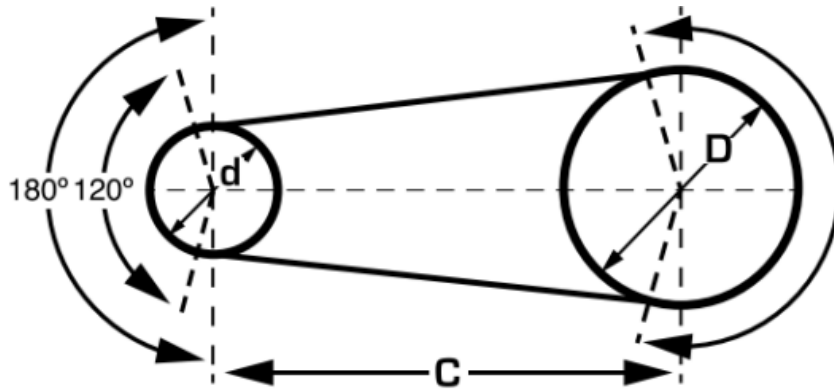


Figura 26. Representación de los centros [24]

Distancia “Recomendada”: $C = 1.5(D + d)$

$$C = 1.5(300\text{mm} + 60\text{mm})$$

$$C = 540 \text{ mm}$$

Distancia “Máxima”: $C = 2(D + d)$

$$C = 2(300\text{mm} + 60\text{mm})$$

$$C = 720 \text{ mm}$$

Distancia “Mínima”: $C = 0.7(D + d)$

$$C = 0.7(300\text{mm} + 60\text{mm})$$

$$C = 252 \text{ mm}$$

Longitud de las correas:

$$L_p = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D + d)^2}{4C}$$

$$L_p = 2C + 1.57(300\text{mm} + 60\text{mm}) + \frac{(300\text{mm} + 60\text{mm})^2}{4C}$$

Distancia “Recomendada”: $L_p = 1705.2 \text{ mm}$

Distancia “Mínima”: $L_p = 1197.78 \text{ mm}$

3.3.7. Cálculo de la potencia eléctrica

Conociendo que la máquina de pruebas hidrostáticas funciona a 220V, para determinar la potencia eléctrica total se debe consultar la tabla 8, que contiene la información de los elementos que componen el sistema, su corriente y la potencia que consumen obtenido gracias a la ecuación número 1:

Tabla 8 Cálculo de la potencia eléctrica

Componente	Corriente (A)	Potencia (W)
Motor reductor	0.78	171.6
Bomba de agua	1.36	299.2
Electroválvulas (cada una)	0.0030	2
Selectores (cada uno)	0.00015	0.033
Resistencias eléctricas (cada una)	9.6	6336
Pirómetro (PT-J)	0.005	1.1

$$P_e = 6.74 \text{ KW}$$

3.3.8. Caída de voltaje

Para calcular la caída de voltaje en un cable flexible #18 AWG, se utilizará la resistencia del cable, que es de 2.18 ohmios por cada 1000 metros. Esta información se encuentra en la ficha técnica del cable.

Tomando en cuenta que el uso aproximado en la maquina será de 20 metros.

$$V_{cable} = \text{corriente} * \text{resistencia} * \text{distancia}$$

$$V_{cable} = 4 \text{ A} * 2.18 \Omega / \text{Km} * 0.020 \text{ Km}$$

$$V_{cable} = 0.1744 \text{ mV}$$

Este valor de milivoltios se puede llegar a considerar insignificante y no afectara de manera crítica al correcto trabajo del circuito.

3.3.9. Control de temperatura por ON/OFF con accionamiento de bomba.

Con la ayuda de un pirómetro configurado de manera ON/OFF para el encendido de las resistencias eléctricas, se busca obtener la temperatura deseada del tanque. Este tanque contiene el agua que entrará al elemento a someterse a la prueba hidrostática. Se realizan pruebas con el fin de comprobar que se alcance la temperatura a la que se deben apagar las resistencias eléctricas. Al alcanzar la temperatura deseada, se activa la bomba. En la tabla 9 se evidencia el número de ensayos que se ha realizado.

Tabla 9 Resultados de los ensayos de las resistencias eléctricas

N ° ensayos	Tiempo de calentamiento (min)	Temperatura (°C)	Encendido/ Apagado de las resistencias
1	35	60	Encendido
2	30	57	Encendido
3	40	80	Apagado
4	41	80	Apagado
5	43	78	Encendido

Con estos resultados se verifica el correcto control de la temperatura en el pirómetro y en el encendido y apagado de las resistencias eléctricas.

3.3.10. Conexiones del sistema eléctrico

A. Circuito de las electroválvulas en FluidSim-P

En la figura 27 se utiliza el programa FluidSim-P, donde se desarrollan las conexiones para las electroválvulas. Este circuito funciona en conjunto con el circuito de la bomba de agua y tiene el agregado de las electroválvulas. Cuando se activa la bomba de agua, las electroválvulas de agua también se activan, permitiendo así el recirculamiento de agua hasta que la bomba se apaga.

En la segunda parte del circuito se utiliza un temporizador y un selector de tres posiciones. Al mover el selector a su primera posición, se activa el temporizador que estará configurado para el tipo de cabezote o block que se someterá a la prueba. Cuando el temporizador cumple su tiempo, apaga la electroválvula del aire (2.2 es la representación de la electroválvula de aire) para cortar el flujo de este, dando fin a la prueba.

En la segunda posición del selector, se activan las electroválvulas (1.1 es la representación de estas electroválvulas) de agua sin activar la bomba de agua. Esto permite vaciar el agua cuando finaliza la prueba.

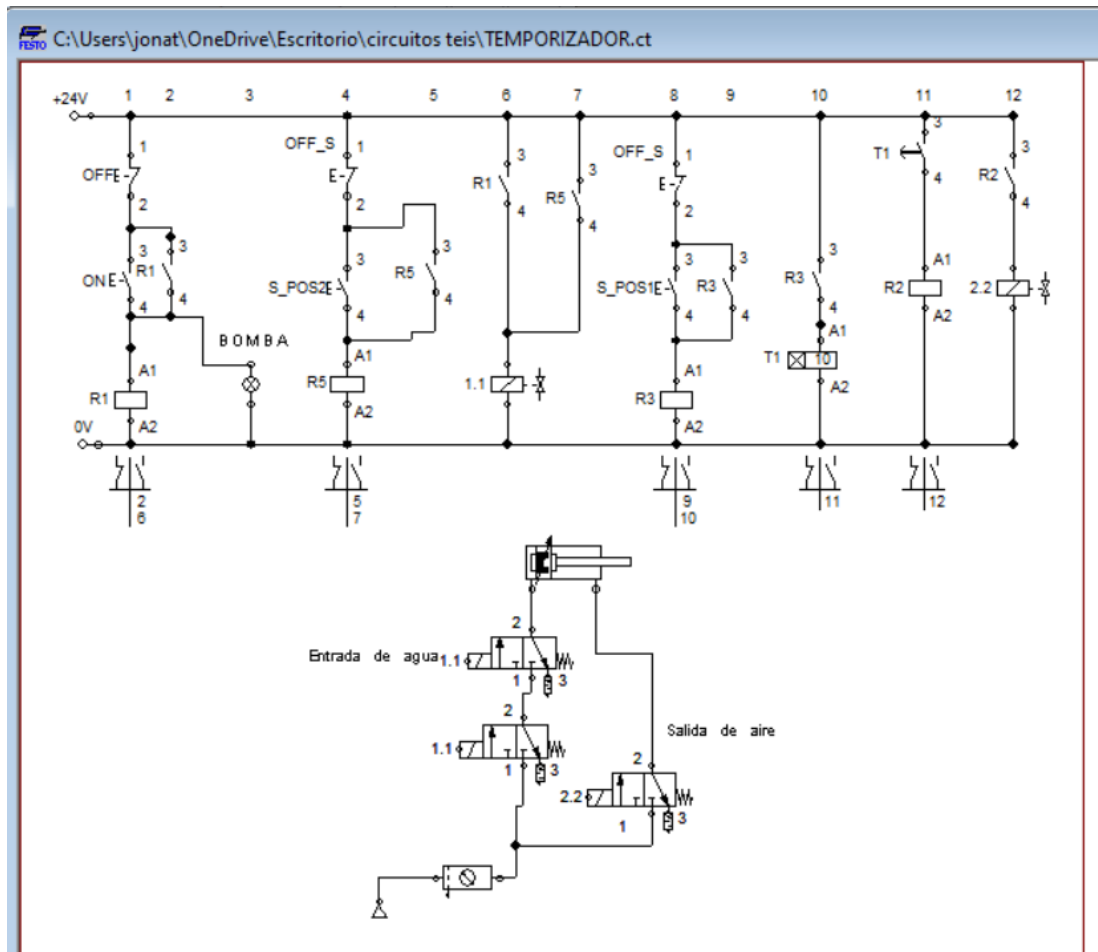


Figura 27. Simulación de conexiones en FluidSim-P

B. Circuito de la bomba de agua

Con el programa CADESimu se realiza la simulación y conexión de la bomba de agua con las válvulas solenoides de agua. Estas trabajan en conjunto cuando se activa la bomba con el botón “Start” y se apaga con el botón “Stop”.

Las electroválvulas tienen una luz piloto de color verde que indica su activación, lo que permite que el agua circule libremente hasta que se inicia la prueba. En la figura 28 se evidencia este trabajo.

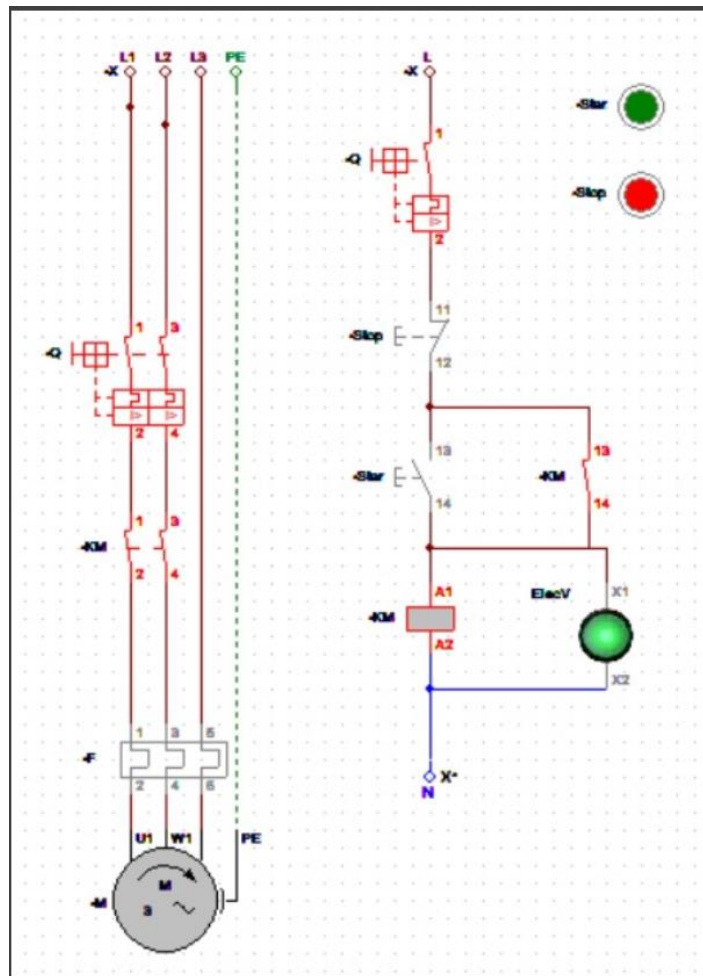


Figura 28. Simulación de conexiones en CADESImu

C. Circuito de las resistencias que calientan el agua

A través del software CADESImu, se llevó a cabo la simulación de un circuito destinado a calentar agua hasta alcanzar una temperatura específica como se ve en la figura 29. En este circuito, los pilotos conectados a la salida del contactor simbolizan las resistencias ubicadas dentro del tanque de agua. Por otro lado, el interruptor representa el pirómetro, el cual activa las bobinas cuando se pretende alcanzar una cierta temperatura y se desactiva una vez que se ha logrado la temperatura deseada. Este circuito desempeña un papel importante en el proceso de calentamiento del agua, controlando de manera eficiente el flujo de corriente a través de las resistencias para alcanzar y mantener la temperatura requerida.

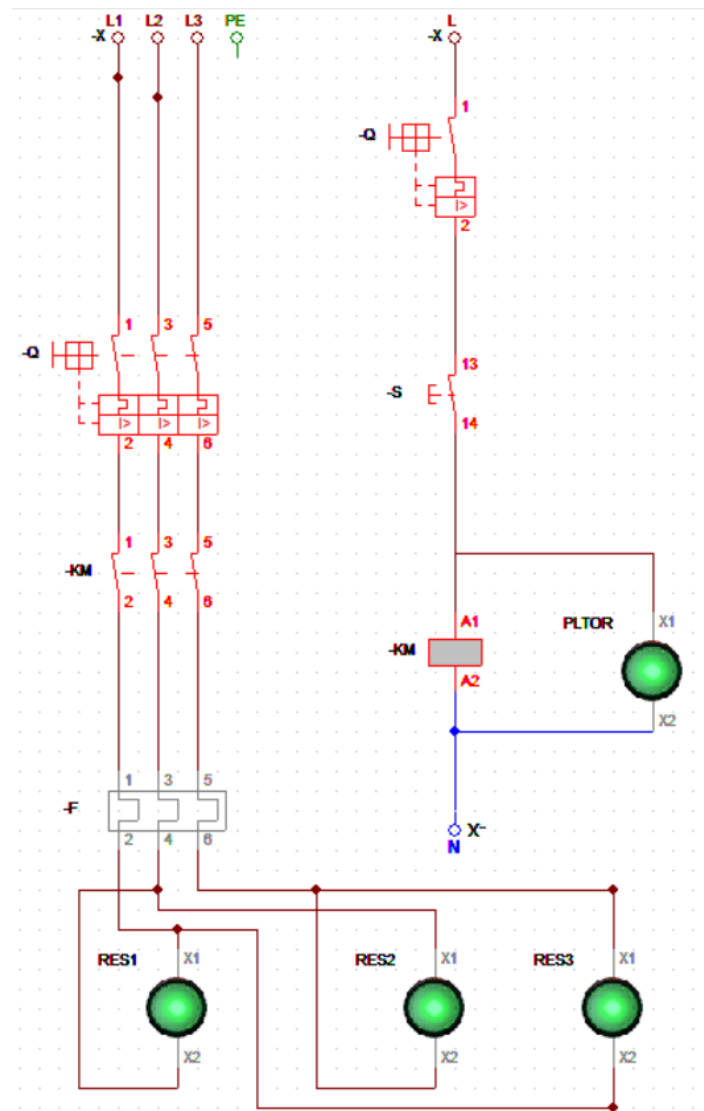


Figura 29. Simulación de conexión de las resistencias en CADESImu

D. Circuito del giro del motor

Utilizando el software CADESImu, se llevó a cabo la simulación de un circuito que representa el control del giro y cambio de giro de un motor trifásico. Este control se logra a través de un selector de tres posiciones y el uso de contactores. Este circuito se vuelve importante durante la realización de inspecciones visuales en el proceso en curso, ya que permite ajustar y cambiar la dirección de giro del motor según sea necesario para la observación y verificación del proceso como se lo ve en la figura 30.

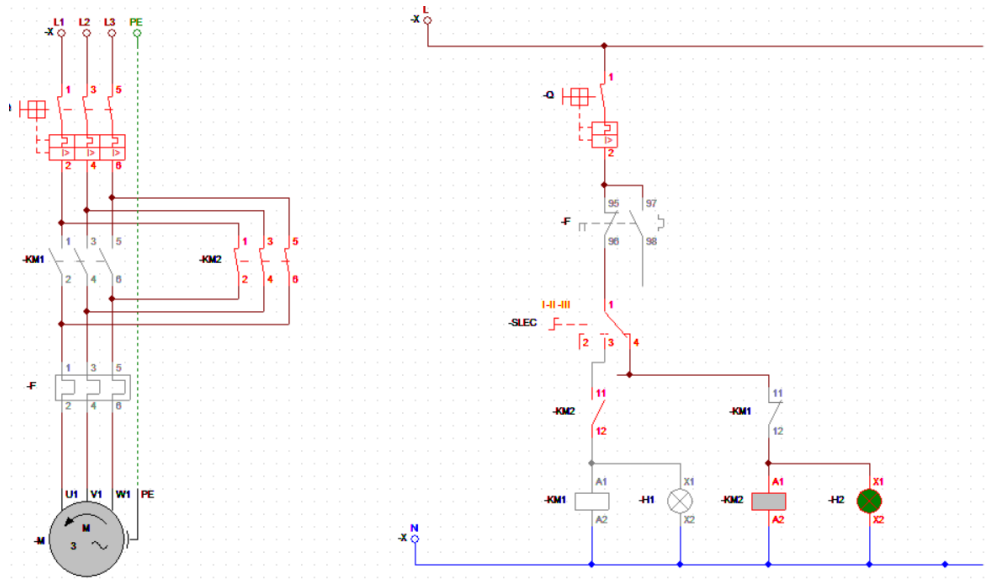


Figura 30. Simulación de giro del motor en CADESImu

3.5. Descripción de la situación actual

En la figura 31 se muestra un diagrama de bloques que describe el proceso de funcionamiento de la máquina después de un análisis detallado. Este análisis identificó las piezas o elementos que deben ser agregados, así como aquellos que pueden ser reutilizados de la máquina original antes de llevar a cabo el rediseño. El objetivo principal de este proceso es mejorar la seguridad del operador y aumentar la eficacia general de la máquina.

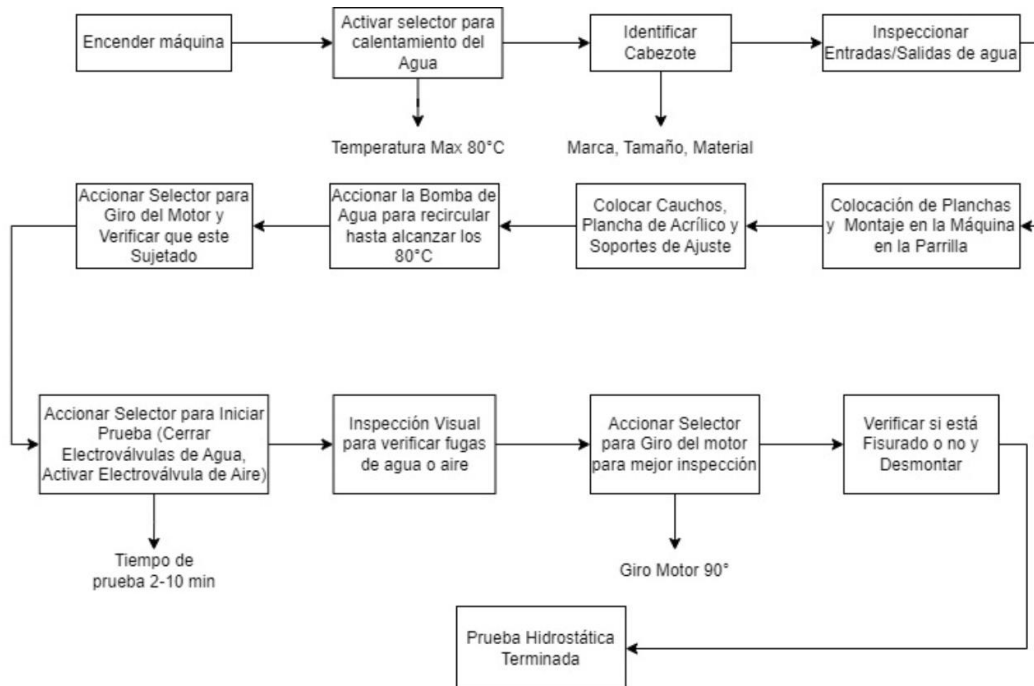


Figura 31. Diagrama del proceso después del rediseño

Tras llevar a cabo un minucioso análisis en la parte eléctrica, se ha evaluado la posibilidad de reutilizar ciertos elementos eléctricos en función de su viabilidad y adecuado funcionamiento. Este proceso de evaluación se ha centrado en determinar si dichos componentes conservan su funcionalidad óptima y si cumplen con los estándares de seguridad requeridos para el correcto desempeño de la máquina.

Se decide agregar un motor reductor con una polea en relación “V” para girar estos elementos y tener una mejor visión de otras zonas mientras se realiza el ensayo, en la figura 32 se muestra esta relación para el movimiento.



Figura 32. Relación “V” del motor y polea

En la parte eléctrica, se agrega nuevos contactores, protección térmica, selector, luces piloto que indican el sentido de giro para el funcionamiento del motor que hace girar al cabezote o block, en la figura 33, se evidencia este añadido, también se muestra un LCD que nos indica el tiempo de prueba.



Figura 33. Nuevo gabinete

En esta etapa del proceso, se llevó a cabo la instalación de una nueva tubería que incorpora electroválvulas específicamente diseñadas para prevenir cualquier posible fuga de agua o aire, tal y como se ve en la figura 34. Esta medida se implementó con el objetivo primordial de mejorar la integridad y la eficiencia del sistema, así como para salvaguardar la seguridad operativa en el entorno de trabajo.



Figura 34. Tubería de agua y aire

3.6. Manual de operación

Montaje del equipo y del cabezote o block

Para iniciar la prueba hidrostática se debe montar el block o cabezote con los seguros sobre la parrilla, a su vez, colocar las planchas de acrílico, para hermetizar el elemento, una vez que todo este montaje y asegurado, se debe tomar las consideraciones de la presión y el tiempo del tipo de cabezote o block que se va a someter al ensayo; una vez seleccionado estos parámetros, se conectan las mangueras al sistema de refrigeración del elemento que se somete al ensayo.

a) Encendido del pirómetro

Se debe mover el selector del pirómetro para encenderlo, luego que las resistencias empiecen a calentar el agua, las resistencias funcionaran hasta alcanzar la temperatura deseada.

b) Encendido de la bomba

Mientras el agua se calienta, se enciende la bomba para que el agua circule de manera libre por el elemento que está sometido a la prueba hidrostática y así comprobar que no existen fugas en las conexiones de las mangueras y el sellado del acrílico.

c) Inicio de prueba

Para iniciar el proceso de la prueba se debe apagar la bomba de agua, se debe mover el selector a la posición inicio prueba donde se activará el timer que mantendrá encendido la electroválvula del aire como se ve en la figura 35.



Figura 35. Selector de inicio de prueba

d) Inspección del cabezote o block

A medida que el timer trabaje, el operario debe hacer girar el elemento que está sometido a la prueba hidrostática, esto se realizara con el selector del motor que está acompañado por pilotos que indica el sentido de giro como se ve en la figura 36.



Figura 36. Selector de giro del motor a ambos sentidos

e) Finalización de prueba

Al tener el resultado si el elemento pasa o no la prueba hidrostática, el operario debe poner el selector en la posición de “Fin de prueba”, con esto activará las válvulas solenoides de agua y esta será purgada con el aire que está dentro del elemento en el que se trabajó.

f) Desmontaje del elemento sometido al ensayo

Una vez obtenido los resultados, se debe bajar el cabezote o block de la parrilla, quitando sus seguros y manqueras, para pasar al proceso de rectificación.

3.7. Conclusiones del capítulo

Al examinar y simular el proceso de prueba hidrostática, resulta crucial comprender cómo funciona, elegir los componentes y materiales adecuados y evaluar su control de temperatura. Las herramientas proporcionan apoyo y datos específicos para determinar qué mejoras pueden añadirse al rediseño de la máquina. Además, el análisis estático realizado en SolidWorks es vital para evaluar la resistencia de los componentes de carga, como la rejilla que soporta el peso del cabezal o el bloque y que hará girar estos elementos. Todos estos factores combinados ayudan a prevenir los errores y deformaciones que pueda tener este elemento crítico.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. Introducción

En el presente capítulo, se analizan los resultados obtenidos al final del proceso de adición de todos los elementos incorporados al proyecto, basándose en la hipótesis propuesta. Se realiza un análisis económico para determinar la viabilidad del rediseño desde una perspectiva financiera. Además, se elabora un manual en el que se describen los detalles operativos de la máquina y se dan instrucciones para el mantenimiento del equipo.

4.2. Comprobación de la hipótesis

El rediseño de la máquina ha introducido mejoras en el tiempo de ejecución de la prueba hidrostática, aumentando la seguridad del operario al suprimir la obligación de operar de forma manual las válvulas que gestionan el flujo de agua y aire. Este proceso se ha sustituido por el uso de electroválvulas. Además, se ha añadido un motor para hacer girar el elemento sometido a prueba, lo que facilita la detección de fugas durante la prueba hidrostática.

Se realizan pruebas, como se evidencia en los anexos 15 y 17, para saber en qué tiempo el agua del tanque se calienta mientras recircula de forma libre por el cabezote o block y regresa al tanque. Estos ensayos son exitosos, ya que también se comprueba el correcto funcionamiento de las electroválvulas, conexiones de la tubería, entre otros elementos de la máquina.

Se realiza otro ensayo con el motor reductor para el giro del cabezote o block que se encuentra en la parrilla de sujeción para la inspección del elemento sometido a la prueba hidrostática. Este ensayo arroja como resultado un funcionamiento óptimo y que facilita la inspección por parte del operario. En el anexo 12, se evidencia este movimiento de los elementos anteriormente mencionados.

4.3. Comprobación de Resultados

4.3.1. Implementación de los elementos eléctricos en la caja de la máquina.

Se lleva a cabo la implementación de los elementos eléctricos propuestos para el rediseño de la máquina. Estos elementos son: contactores para el cambio de giro del motor reductor, contactores de las electroválvulas, una protección térmica para el motor, selectores y luces piloto que indican el funcionamiento del elemento al que pertenece cada uno en el equipo. Estos elementos eléctricos se pueden evidenciar en el anexo 14.

4.3.2. Ensayos de funcionamiento del equipo con cabezotes y block

Con el montaje completo de la máquina, se procede a realizar pruebas de su funcionamiento, las cuales se presentan en la figura 37.

Estas pruebas comprueban la eficacia del método de detección de fugas con un cabezote, que presenta fugas. Se obtienen resultados positivos, como la reducción del tiempo de preparación de la prueba, el aumento de la confiabilidad de la inspección y la seguridad del operario, ya que no tiene que accionar el paso de agua y aire manualmente.



Figura 37. Selector de giro del motor a ambos sentidos

4.5. Manual de mantenimiento

a) Verificación que el equipo este apagado

Es fundamental desconectar la máquina de la fuente de energía antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento. Esto se debe a que la electricidad puede ser un riesgo de seguridad si no se maneja adecuadamente, esto garantiza que al momento de accionar cualquier selector estos no trabajen y el operario se encuentre asegurado de no tener accidentes con los elementos eléctricos o de fuerza.

b) Inspección de la caja de conexión eléctrica

Durante el mantenimiento, se debe realizar una inspección minuciosa y detallada con las conexiones de los contactores o línea de energías que están dentro de esta caja, asegurando que

ningún cable se desconecte y este tope con su punta la caja, si va a cambiar el cableado identificar todas sus entradas y salidas con el fin de evitar errores al momento de reconectarlos.

c) Inspección y limpieza del gabinete.

Con todo desconectado y apagado, se puede realizar una inspección del gabinete del equipo donde, se encuentra el tanque de agua, la bomba de agua, el motor reductor y las válvulas solenoides, para el tanque se recomienda el uso de paños suaves y húmedos para recoger posible suciedad o partículas que estén dentro del elemento, la limpieza se puede realizar cada 5 pruebas.

d) Inspecciones de la bomba y motor reductor

Para facilitar la inspección, se debe realizar pruebas de funcionamiento de estos elementos de fuerza, encendiéndolos y apagándolos. Esto ayudara a identificar cualquier fallo que puedan tener. Este proceso se debe llevar a cabo cada 3 meses.

e) Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se realiza de manera regular y planificada gracias a las inspecciones rutinarias y a la limpieza de los componentes de la máquina. Definiendo este mantenimiento se podrá realizar cada 5 meses

f) Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es un enfoque de mantenimiento proactivo que utiliza la evaluación y el monitoreo del estado del equipo para identificar posibles fallos antes de que se produzcan. o de fuerza gracias a la ayuda de instrumentos de medición como multímetros o amperímetros, y el uso de osciloscopios a los lugares de difícil acceso para determinar fugas en el tanque o posibles desconexiones de cables. Este tipo de mantenimiento se lo podrá implementar de manera semestral.

g) Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se realiza cuando existe una avería o falla en la máquina de pruebas hidrostáticas, llevando a la toma de decisiones al instante para reemplazar o reparación de los elementos que hayan sufrido algún desperfecto, recalibraciones, una vez realizado esto se podrá realizar pruebas de funcionamiento para determinar si el equipo está trabajando en óptimas condiciones. Este mantenimiento se realizará cuando exista algún desperfecto para corregirlo de manera inmediata.

4.6. Evaluación de la viabilidad económica de un proyecto

4.6.1. Costos directos

a) Elementos eléctricos

Abarca lo que son cables, selectores, luces pilotos, contactores, resistencias sumergibles, termostatos, pirómetro, terminales eléctricos, entre otros.

b) Materiales de fuerza

Incluye el motor reductor.

c) Material estructural

Incluye poleas, soporte de la caja, soporte para los cabezotes o blocks.

d) Costos de instalación

Trabajo en el montaje y conexiones tanto eléctricas como de tubería de la máquina de pruebas hidrostáticas.

4.6.2. Costos indirectos

Equipo de trabajo calificado en soldadura, montaje de estructuras metálicas y conexiones eléctricas.

a) Costos de consumo energético

Consumo del equipo de pruebas hidrostáticas.

b) Gastos asociados al desarrollo de un proyecto o iniciativa.

Asesoría profesional para el rediseño y la planificación de proyectos.

c) Gastos de mantenimiento:

Reparación o reemplazo de piezas o elementos eléctricos, ajustes o calibración del pirómetro, limpieza.

4.7. Justificación de costos

En la tabla 10 se presenta una tabla con los materiales tanto eléctricos como de fuerza, bandas, costos directos, costos indirectos previamente mencionados, mostrándolos con su precio unitario y la cantidad que se usó.

Tabla 10 Fundamentación de costos

Elemento	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo final (USD)
Motor reductor (de segunda mano)	1	100	100
Contactores	4	16	64
Guarda motor	1	18	18
Luz piloto	4	4,69	18,76
Selector 2 posiciones	1	3,95	3,95
Selector 3 posiciones	2	4,9	9,8
Base relé timer	1	1,55	1,55
Cable número 18 AWG (20 metros)	20	0,45	9
Relé timer	1	25	25
Válvulas solenoides de 220V -1/2	3	40	120
Botón NO y NC 220v	2	3,75	7,5
Terminales eléctricos	100	0,05	5
Tubería plástica (varios)	6	4	4
Mano de obra ingeniero (posgrado)	2	800	1600
Total, costos directos			1986,56
Total, costos indirectos			750
TOTAL (USD)			2736,56

4.8. Medición de la rentabilidad de un proyecto de inversión

4.8.1. VAN

El indicador financiero VAN se emplea para evaluar la viabilidad de la realización del proyecto. Para determinarlo, se asocian los gastos y los ingresos restando la inversión inicial, y se representa mediante la siguiente ecuación [25].

$$VAN = \left(\frac{f_1}{(1+i)^1} + \frac{f_2}{(1+i)^2} + \frac{f_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{f_n}{(1+i)^n} - I_0 \right) \quad (7)$$

Donde:

f_n : Flujo efectivo del proyecto

I_0 : Inversión inicial

i : Tasa de rentabilidad

En la tabla 11 se presentan los flujos de caja de un proyecto de inversión en 4 periodos. El VAN del proyecto se calcula descontando los flujos de caja a una tasa de rentabilidad del 15%.

Tabla 11 Inversión inicial y flujo de caja en periodos

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4
Capital inicial (USD)	2736,56			
Flujo de caja (USD)	-2736,56	2500	2750	2700

$$VAN = \left(\frac{2500}{(1 + 0.15)^1} + \frac{2750}{(1 + 0.15)^2} + \frac{2700}{(1 + 0.15)^3} - 2736,56 \right)$$

$$VAN = 3292,041$$

Para que un proyecto sea rentable, deben cumplirse ciertas condiciones [25] :

$VAN > 0$: Proyecto rentable

$VAN < 0$: Proyecto que genera pérdidas

$VAN = 0$: Se producen pérdidas y ganancias equivalentes

4.8.2. La Tasa Interna de Retorno (TIR):

Es una medida financiera que cuantifica el rendimiento de un proyecto de inversión en forma de porcentaje. Se calcula igualando a cero la ecuación del Valor Actual Neto (VAN):

$$\left(\frac{f_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{f_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{f_3}{(1 + TIR)^3} + \dots + \frac{f_n}{(1 + TIR)^n} - I_0 \right) = 0 \quad (8)$$

$$\left(\frac{2500}{(1 + TIR)^1} + \frac{2750}{(1 + TIR)^2} + \frac{2700}{(1 + TIR)^3} - 2736,56 \right) = 0$$

$$TIR = 16.92\%$$

La Tasa Interna de Retorno es un indicador que mide la rentabilidad de un proyecto a lo largo de su vida útil [25]:

$TIR > i$: Proyecto rentable

$TIR < i$: Proyecto que genera pérdidas

$TIR = i$: Se producen pérdidas y ganancias equivalentes

4.8. Conclusiones del capítulo

El rediseño de la máquina demuestra ser una medida efectiva para reducir los tiempos de preparación de la prueba hidrostática. Además, se comprueba que esta mejora en el equipo aumenta la seguridad del operario, lo que se traduce en una reducción de riesgos laborales y, por tanto, en un ambiente de trabajo más seguro y saludable.

La hipótesis planteada inicialmente se confirma al evaluar los resultados obtenidos tras la puesta en marcha del nuevo diseño de la máquina. Los datos recogidos muestran que se ha logrado una reducción significativa en los tiempos de preparación de la prueba hidrostática, lo que supone un ahorro de tiempo y recursos para la empresa.

Además, se especifica la manera correcta en la que se debe operar el equipo para alargar su vida útil. Es importante destacar que un correcto mantenimiento de la maquinaria es fundamental para su buen funcionamiento y para evitar costosas reparaciones.

Otro aspecto relevante es que, gracias al análisis económico realizado, se evidencia que el rediseño es factible y rentable para este tipo de emprendimientos. Esto significa que la inversión realizada en la mejora del equipo se verá reflejada en beneficios a largo plazo para la empresa.

CONCLUSIONES

La máquina de pruebas hidrostáticas se rediseña teniendo en cuenta varias alternativas analizadas en el capítulo 2. La propuesta del rediseño tiene una calificación de 89%. Sin embargo, las máquinas existentes están desactualizadas y las disponibles en el mercado son extremadamente costosas, alcanzando valores de veinte mil dólares y solo se pueden adquirir en el extranjero. Además del precio de la máquina en sí, se deben considerar los gastos de aduanas, declaraciones, permisos y otros trámites para importarla.

Aunque se sabe que los aranceles se redujeron en un 30% en la importación de maquinaria en los gobiernos anteriores en Ecuador, para los emprendimientos aún representa una inversión muy alta. Por lo tanto, optan por realizar pruebas no destructivas de manera inapropiada y poco segura para sus empleados.

El rediseño del modelo de la máquina de pruebas hidrostáticas depende del tipo de máquina que tenga el emprendimiento, esta se optimiza para simplificar los cálculos necesarios para agregar el motor reductor, adicionar las electroválvulas necesarias, colocación de tuberías plásticas para evitar fugas no deseadas tanto de agua como aire, seleccionar el material de la parrilla y determinar el factor de seguridad, que tiene un valor de 74,98, que aproximado sería de 75. Estos cambios permiten reducir el tiempo necesario para completar el proyecto.

Con los resultados obtenidos de la tabla 8, se concluye que se tardan 37 minutos en calentar el agua de un depósito con una capacidad de 41,2 litros. Como conclusión, puede deducirse que el agua puede reutilizarse con dos o tres cabezotes o blocks diferentes.

Con la implementación de todos los elementos rediseñados se puede concluir que la máquina de pruebas hidrostáticas no ha cambiado su proceso, sin embargo, ha mejorado los tiempos de prueba, confiabilidad de la misma y aumento de la seguridad del operario.

Durante el análisis económico, se determina que los resultados de los análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR) son del 16,92% y el Valor Actual Neto (VAN) sería de \$4723,12. Estos valores indican claramente que la inversión tendrá un impacto positivo en el negocio y que se podrá recuperar gracias a la implementación del equipo.

RECOMENDACIONES

El rediseño de la máquina de pruebas hidrostáticas es una opción viable y rentable para las empresas. Esta propuesta permitiría actualizar y modernizar las máquinas manuales existentes, o incluso crear nuevas máquinas desde cero. Esto les permitiría realizar pruebas no destructivas de forma segura y eficaz, dándoles una ventaja competitiva.

El rediseño de la maquina cuenta con la capacidad de adaptarse a una variedad de motores y componentes diferentes y esto aumentará su utilidad y valor para la empresa. Esto se logra mediante la inclusión de ajustes para adaptarse a diferentes tamaños y tipos de motores, lo que permitiría a las empresas atender a una gama más amplia de clientes y aplicaciones.

Para el proceso de rediseño de la máquina de pruebas hidrostáticas con la implementación de electroválvulas, motor para el giro y el pirómetro es realizar pruebas exhaustivas y validaciones antes de la implementación completa. Esto implica llevar a cabo pruebas de funcionamiento y simulaciones para garantizar que todos los componentes trabajen de manera integrada y cumplan con los estándares de seguridad y calidad requeridos.

REFERENCIAS

- [1] A. G. Muñoz Vinueza y H. R. Revelo Rosero, “Diseño, construcción e implementación de un banco de ensayos verificador de fisuras de culatas de motores de combustión interna mediante prueba hidrostática y neumática”, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, 2009.
- [2] G. Lira, “El confort del operador mejora la eficiencia - Construcción LatinoAmericana”. Consultado: el 21 de diciembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/el-confort-del-operador-mejora-la-eficiencia/4141683.article>
- [3] R. OSPINA LOPEZ, C. HERNANDO TRUJILLO, y H. PARRA L, “APLICACIÓN Y SELECCIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PARA LA EVALUACION DE UNIONES SOLDADAS Application and selection of non-destructive test for the evaluation of welded joints”, *Scientia et Technica*, vol. XVI, núm. 48, pp. 196–201, 2011.
- [4] D. F. Arias Bedón, “Diseño y simulación de un banco de pruebas hidrostáticas hasta 30.000 psi para sistemas industriales”, Quito, may 2017. Consultado: el 16 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17323>
- [5] H. R. Atahualpa Cortez y J. I. Delgado Macías, “CONSTRUCCION DE MAQUINAS PRUEBAS HIDROSTATICAS SEGURIDAD INDUSTRIAL TUBERIAS METALICAS”, EPN, Quito, 2010.
- [6] C. H. R. Atahualpa y J. I. Delgado Macías, “Construcción de un módulo de pruebas hidrostáticas para tuberías metálicas”, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2010. Consultado: el 14 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1983>
- [7] C. A. J. Carballo, “MECÁNICA DE FLUIDOS: HIDROSTÁTICA 1”. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- [8] LAB INSTRUMENTOS INDUSTRIALES, “DIFERENCIA ENTRE MANOMETRO Y BAROMETRO - Flujometros-Instrumentos”. Consultado: el 9 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://flujometros-instrumentos.com/diferencia-entre-manometro-y-barometro/>
- [9] J. G. Bustamante Chuma y B. X. Paspuel Cerón, “Estudio de las características mecánicas en empaques sobredimensionados”, UIDE, Quito, 2018.
- [10] D. S. Escobar Tapia y A. D. Vaca Martínez, “Acondicionamiento de un motor de combustión interna a gasolina con sistema de inyección electrónica como maqueta didáctica para la implementación de los laboratorios de la especialidad en ingeniería electromecánica de la unidad académica de ciencias de la ingeniería y aplicadas de la universidad técnica de Cotopaxi.”, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2010. Consultado: el 11 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1155>
- [11] I. R. Echevarria, “LÍQUIDOS PENETRANTES”, 2003.
- [12] A. DE Clase, C. Rimoldi, y L. Mariano Mundo, “Ensayo no destructivo por método de ultrasonido.”, 2012. Consultado: el 6 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53478072/Apunte_Ultrasonido_2012-libre.pdf?1497297657=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCATEDRA_ENSAYOS_NO_DESTRUCTIVOS_ENSAYO_N.pdf&Expires=1699411889&Signature=EjH-GGu4tygRUSwbhgrBTQgbB5p~L8bnMRVyvVhvzra5WLxoQjir2Ou0NPgX0rBdkuX

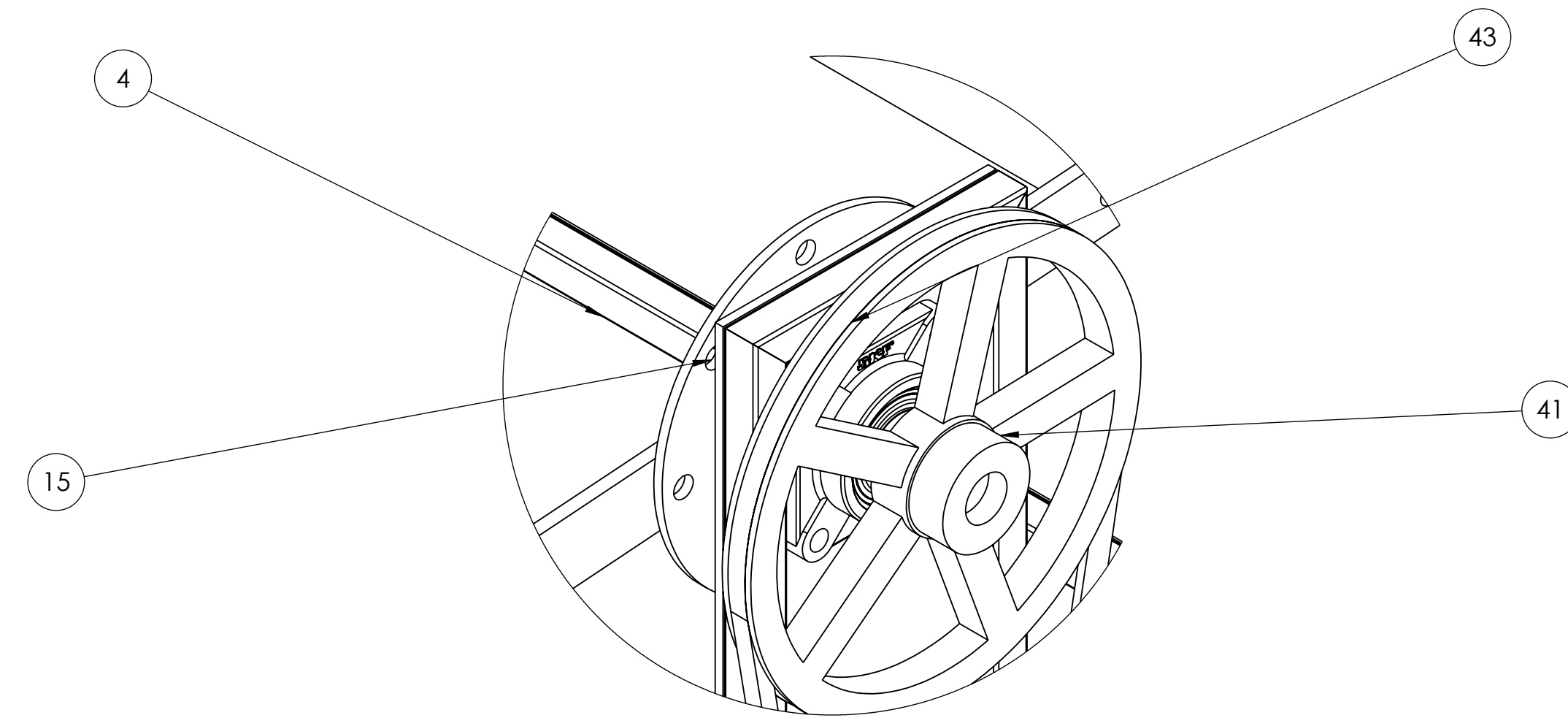
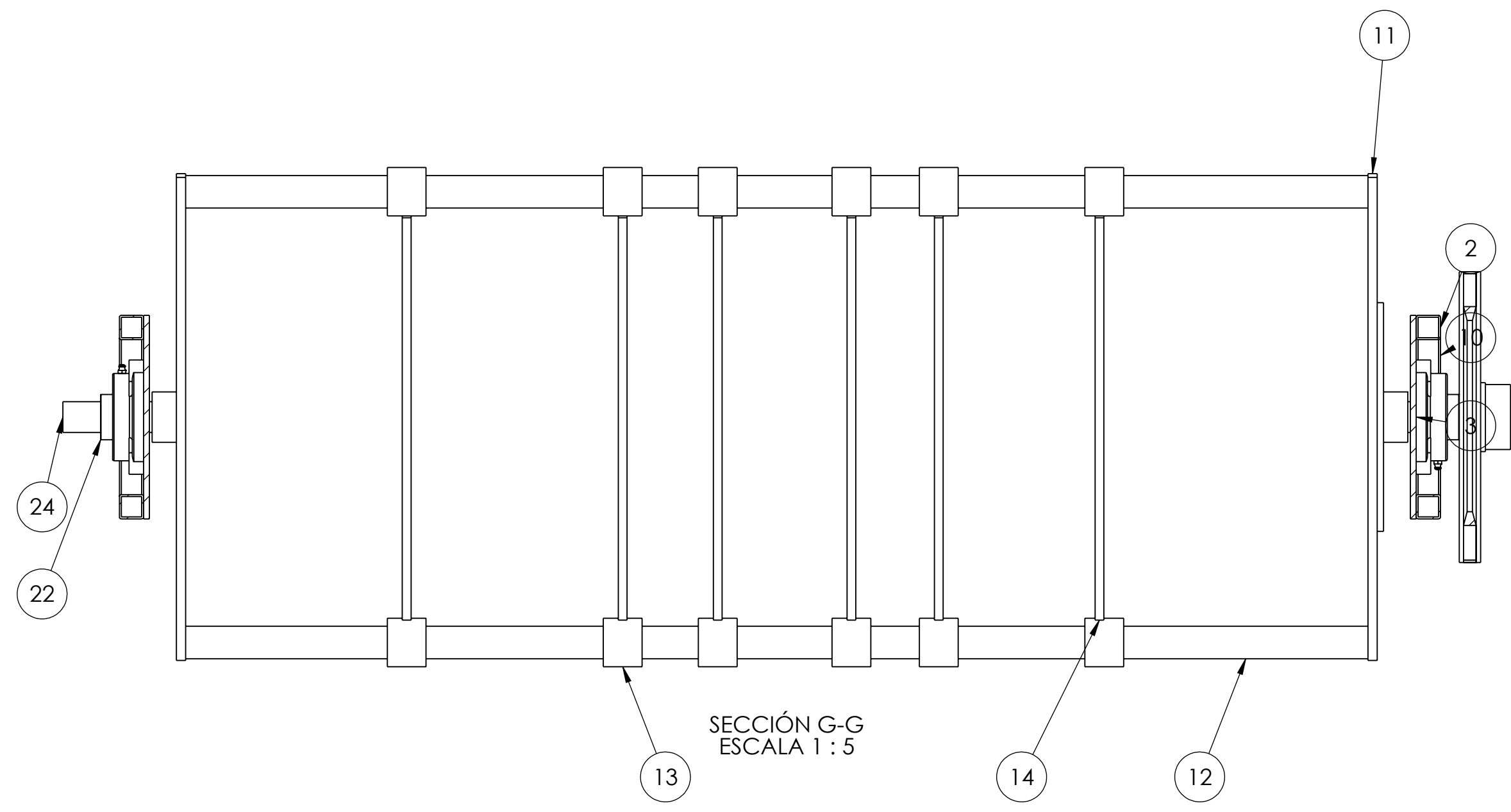
- 0kZ5wzlu12tYIUgYJ6TOGgqkRJAIBtBAUmiOfH7hpJbxVjtVOHcL6KDgJphjMxLD
XSg2017GGZwI046YlzG2YJPIISGno~0w6KyDBh4lk4YydUoY1jogCEq6-
r8lmI3ySARHW~KdX24qlELCwrWNH~DE2TK9vOA~ojdAYL5-
9kBoh4a~WxjHKd8MOKGz4w-
Auj62Ou4Yottw6ZAQLvaZ~EiVUT~we352Pyb5m5xaKkvw1FfeDS1NRFwJ8di4F1s
djT5T6RJS0Ivk7zfXKA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- [13] J. V. Alemán Freire y C. E. Narváez Arteaga, “Desarrollo e Implementación de un Sistema de Visión Artificial para Ensayos No Destructivos por Radiografía en Soldadura”, EPN, Quito, 2016. Consultado: el 6 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16869>
- [14] R. A. Sánchez Galindo, “Análisis comparativo de las corrientes de arranque de motor trifásico hasta una potencia de 5 hp con circuito de relés (contactor) y circuito electrónico (scr) en la Universidad Señor de Sipán.”, Universidad Señor de Sipán, Pimentel , 2017. Consultado: el 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/4331>
- [15] INDUSTRIA DE SISTEMAS ELÉCTRICOS Cía. Ltda, “CONTACTOR TRIFÁSICO 12A 220V (Ref: V-0103)”. Consultado: el 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://inselec.com.ec/store/inicio/1810-contactor-trifasico-12a-220v-ref-v-0103-.html>
- [16] C. A. C. Méndez, “INFORME DE PRACTICA PROFESIONAL REALIZADA EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO, CORINDPLAST”, *Corindplast*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA, 2023. Consultado: el 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/9833/21211360-julio2018-i05-pp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [17] “Relés de estado sólido - Montaje industrial Imágenes – Mouser Ecuador”, Mouser Electronics, Inc. Consultado: el 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.mouser.ec/c/i/electromechanical/relays-contactors-solenoids/solid-state-relays-ssr/solid-state-relays-industrial-mount/>
- [18] R. Y. Automatización De Un Horno De Almacenamiento Y Resecado De Electrodo y E. Jonathan Pablo Brito Orellana, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS RECUBIERTOS MONITOREADO A TRAVÉS DE UN SOFTWARE DE GERENCIAMIENTO A DISTANCIA PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN”.
- [19] C. A. C. Méndez, “INFORME DE PRACTICA PROFESIONAL REALIZADA EN EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO, CORINDPLAST”, *Corindplast*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA, 2023. Consultado: el 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/9833/21211360-julio2018-i05-pp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [20] A. J. Caza Velásquez, M. Xavier, P. Flores, R. Patricio, y Q. Sarsoza, “‘DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HORNO SEMIAUTOMÁTICO DE PINTURA ELECTROESTÁTICA’ Trabajo de titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN MECATRÓNICA”, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO, 2023.
- [21] L. F. De, “UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE

INGENIERIA LICENCIA DE USO”.

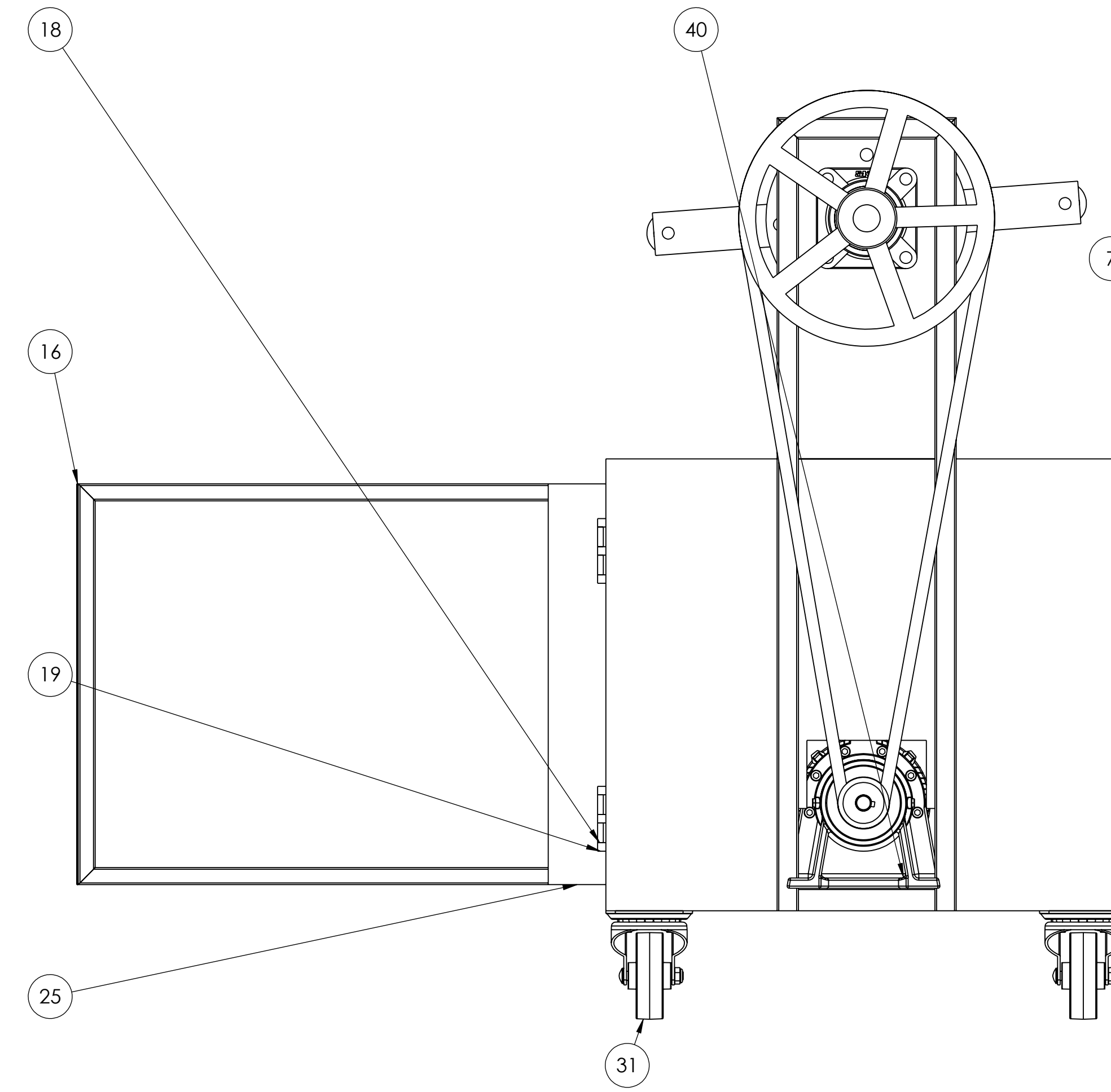
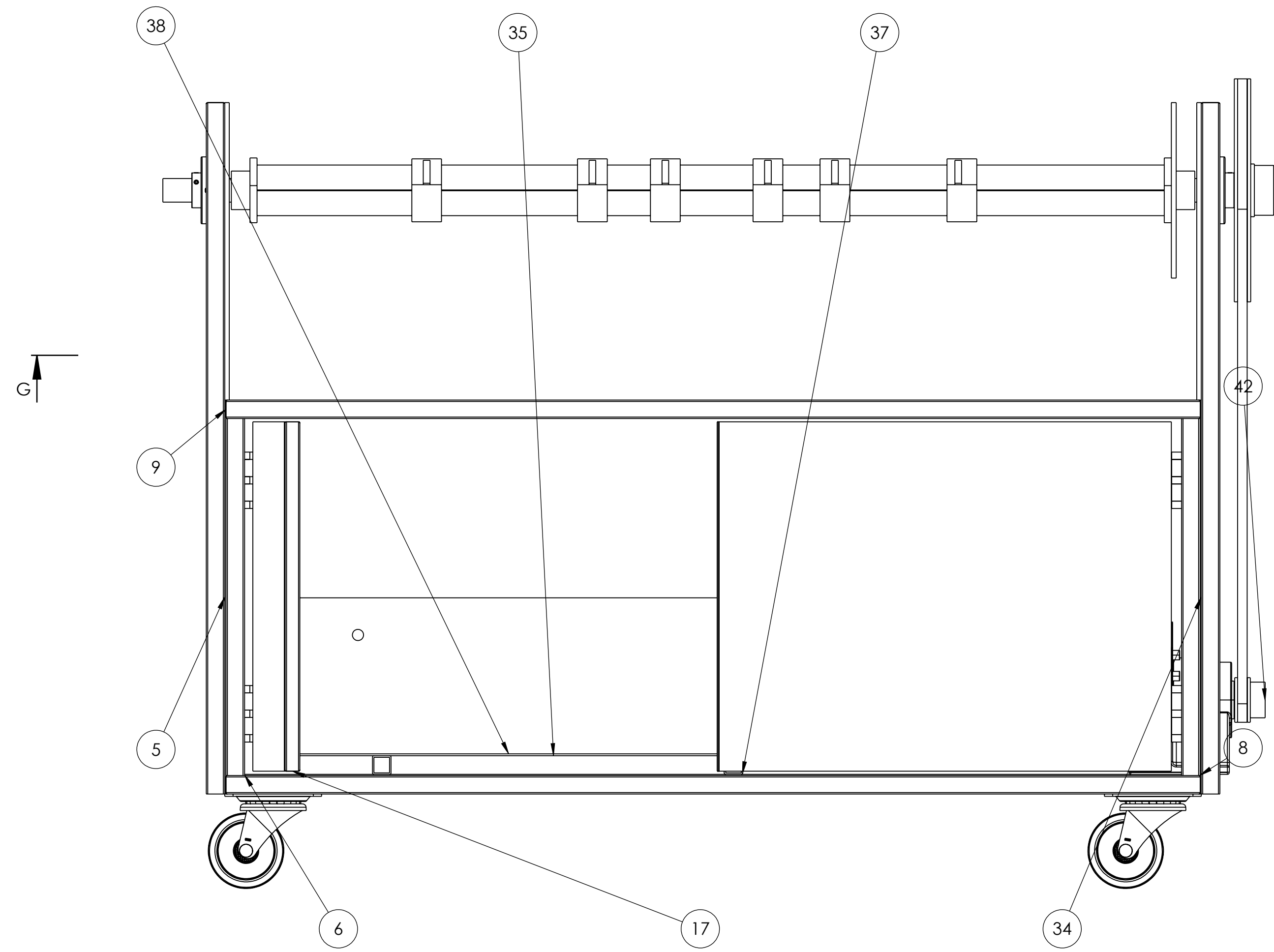
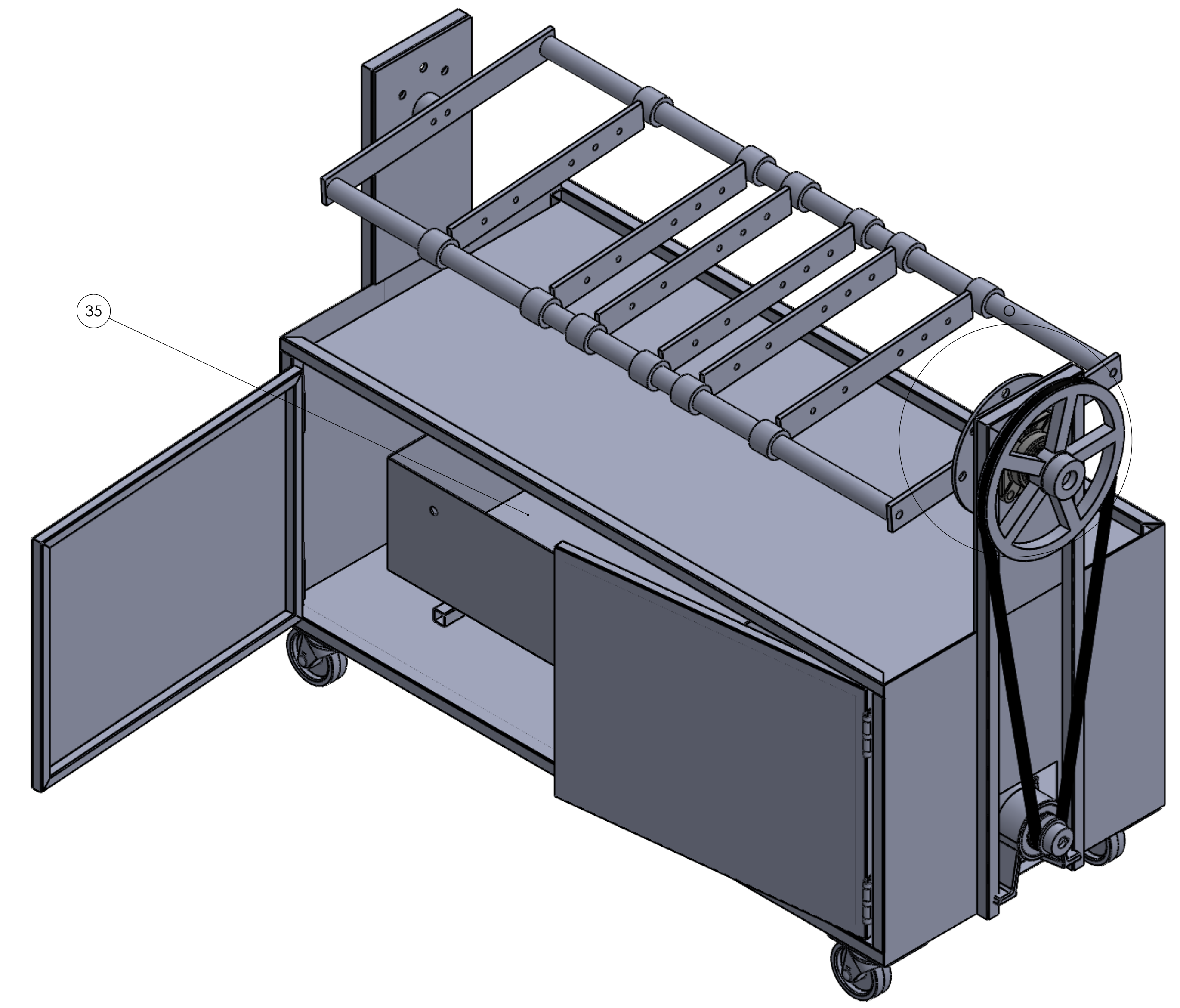
- [22] A. Alonso Serrano, L. Garcia Dsnz, I. Leon Rodrigo, E. Garcia Gordo, B. Gil Alvaro, y L. Rios Brea, “MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN DE ENFOQUE EXPERIMENTAL”. POSTGRADUONE, Madrid, 2008.
- [23] B. J. Restrepo Domínguez, “DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS DE RADIADORES DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE INCAUCA”, *UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE* . 2017.
- [24] Intermec, “Catálogo de Poleas en V”, *Intermec*. Bogotá, pp. 24–55, 2013.
- [25] P. M. Cárdenas Toapanta y I. A. Morales Atahualpa, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DE MÁQUINA EXTRACTORA DE FIBRAS DE POLIÉSTER A PARTIR DE BOTELLAS RECICLADAS PET, CON UNA CAPACIDAD DE 5 kg/h”, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2022. Consultado: el 3 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23450>
- [26] Intermec, “Catálogo de Poleas en V”, *Intermec*. Bogotá, pp. 24–55, 2013.
- [27] Richard G Budynas y J. Keith Nisbett, “‘Tornillos, sujetadores y diseño de uniones no permanentes’ de DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY”, en *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY*, Octava Ed., Inc. A. rights reserved The McGraw-Hill Companies, Ed., México, D.F: The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved, 2008, pp. 398–420.

ANEXOS

Anexo 1 Planos y Ensamblaje



DETALLE O
ESCALA 1:3



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
2	TUBO LATERAL	ACERO ESTRUCTURAL	4
3	PLATINA LATERAL	ACERO DE TRANSMISIÓN	2
4	PLATINA INTERIOR MESA	PLANCHA DE HIERRO LAMINADO	1
5	PLATINA LATERAL MESA	PLANCHA DE HIERRO LAMINADO	1
6	PLATINA BASE MESA	PLANCHA DE HIERRO LAMINADO	1
7	PLATINA LATERAL MESA 1	PLANCHA DE HIERRO LAMINADO	1
8	TUBO ESTRUCTURA VERTICAL	ACERO ESTRUCTURAL	4
9	TUBO ESTRUCTURA MESA	ACERO ESTRUCTURAL	4
10	TUBO LATERAL 2	ACERO ESTRUCTURAL	2
11	SOPORTE PARRILLA DEL TUBO	ACERO DE TRANSMISIÓN	2
12	TUBO DE SOPORTE PARRILLA	ACERO ESTRUCTURAL	2
13	SOPORTE PARRILLA	ACERO ESTRUCTURAL	12
14	PARRILLA	ACERO DE TRANSMISIÓN	6
15	RUEDA SOPORTE	ACERO DE TRANSMISIÓN	1
16	TUBO PUERTA 1	ACERO ESTRUCTURAL	4
17	TUBO PUERTA 2	ACERO ESTRUCTURAL	4
18	BISAGRA 2	HIERRO	4
19	BISAGRA	HIERRO	4
22	Chumacera	HIERRO FUNDIDO	2
24	SOPORTE DE REJILLA	ACERO DE TRANSMISIÓN	2
25	PLATINA PUERTA	PLANCHA DE HIERRO LAMINADO	2
31	Rueda	PLÁSTICO	4
34	PLATINA EXTERIOR MESA	PLANCHA DE HIERRO LAMINADO	1
35	PLATINA TANQUE ABAJO	PLANCHA DE HIERRO LAMINADO	1
36	PLATINA TANQUE LATERAL	PLANCHA DE HIERRO LAMINADO	2
37	TUBO SOPORTE TANQUE	ACERO ESTRUCTURAL	2
38	PLATINA TANQUE ATRAS	PLANCHA DE HIERRO LAMINADO	1
39	PLATINA TANQUE ATRAS	PLANCHA DE HIERRO LAMINADO	1
40	MOTOR		1
41	POLEA 30 CM	ALUMINIO	1
42	POLEA 6MM	ALUMINIO	1
43	CORREA POLEA	PLÁSTICO	1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

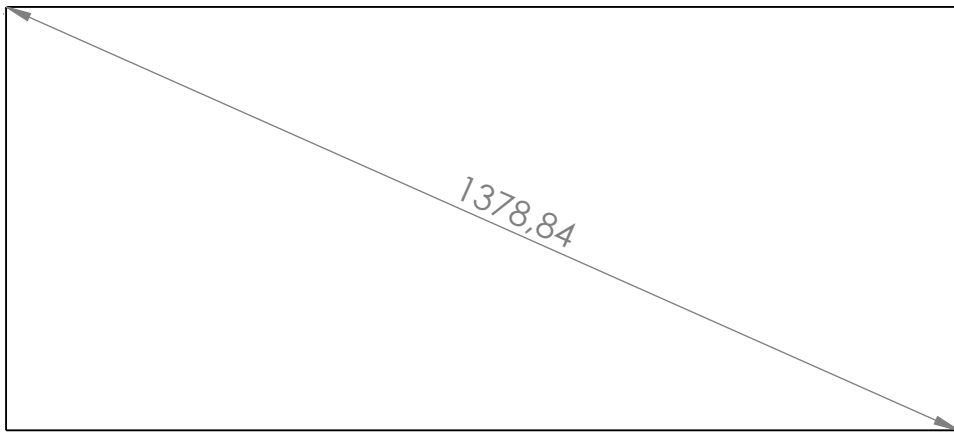
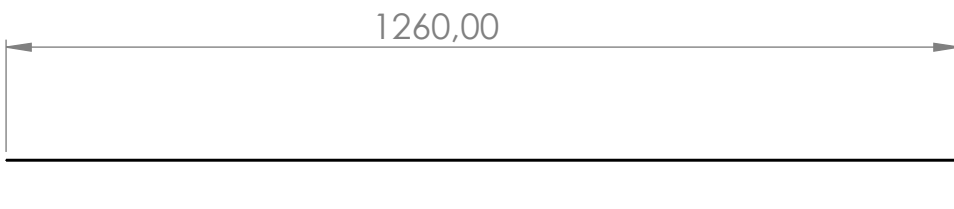
D


C

C

B

B



Tratamiento termico:	NA	Material:	Plancha de acero laminado		Dimensiones brutas:	1260 x 560 x 1.5 mm
Recubrimiento:	NA	Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024		
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA				Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
				Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
Platina interior mesa		Escala:	1:10	Codigo:	10.1643220.1643229.01.01	Tol: ±2

4

3

2

1

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

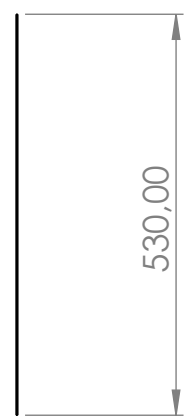
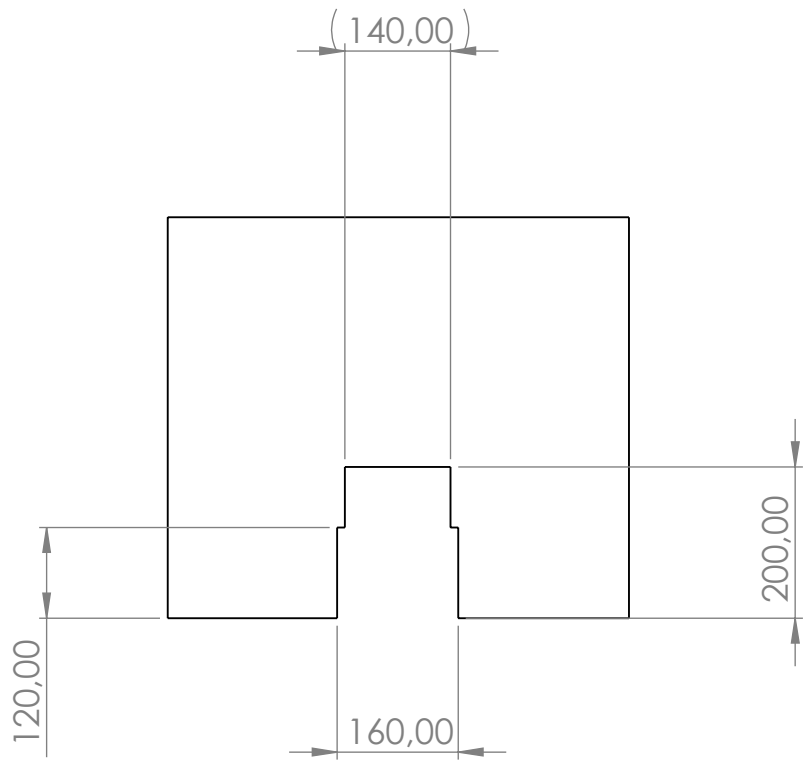
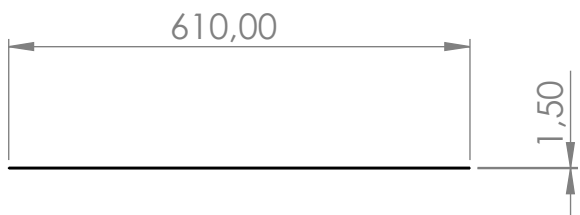
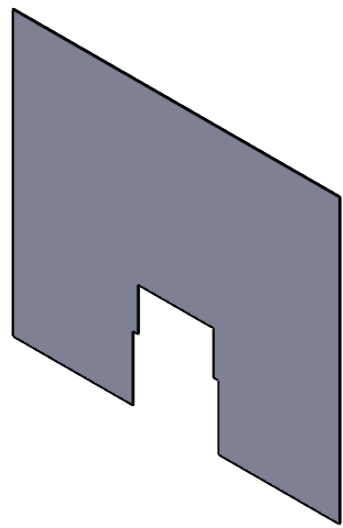
D

C

C

B

B



Tratamiento termico:	NA	Material:	Plancha de acero laminado	Dimensiones brutas:	530 x 610 x 1.5 mm
Recubrimiento:	NA				

A

A

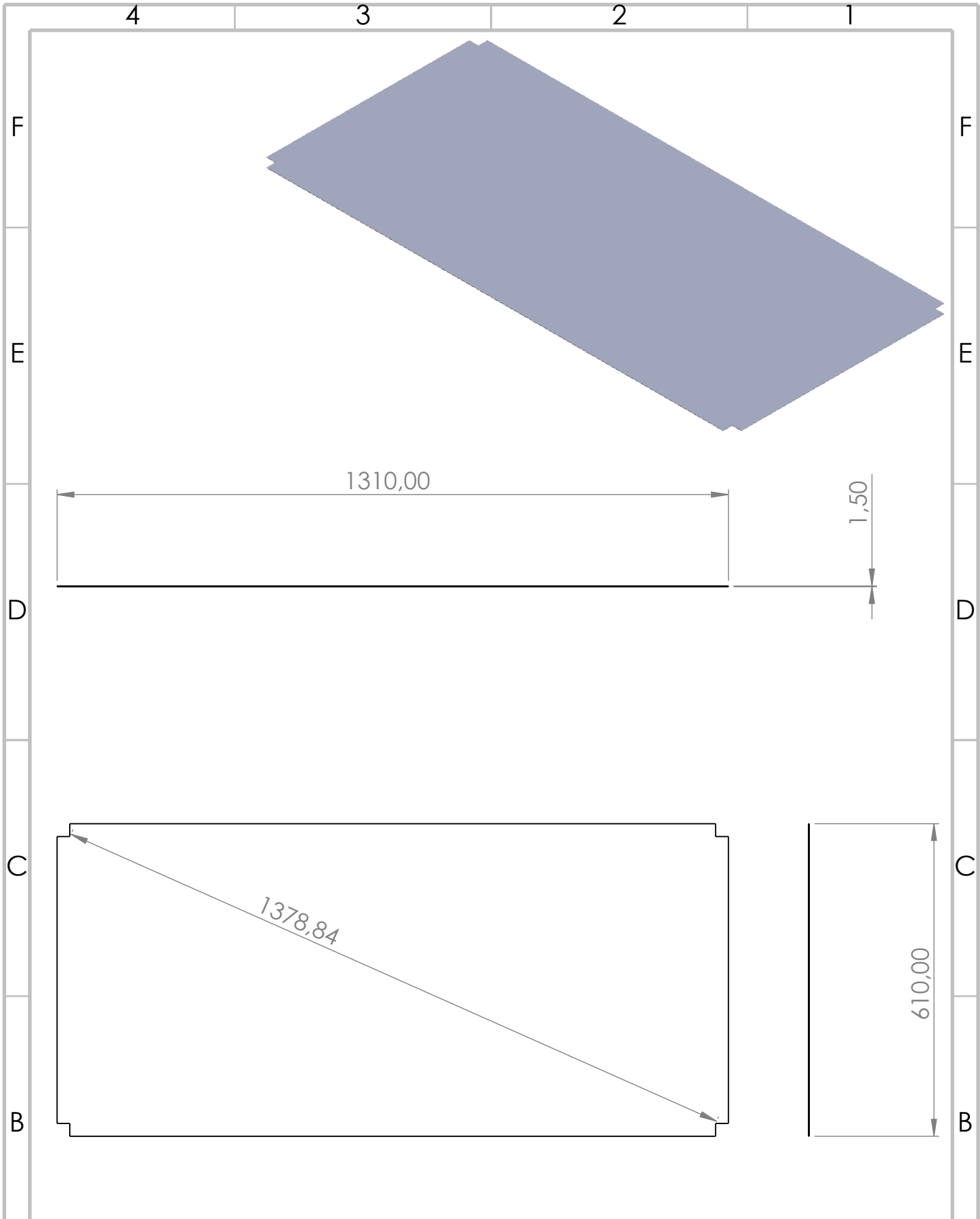
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA




Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024

Platina exterior mesa	Escala: 1:10	Codigo:	10.1643220.1643229.01.02	Tol: ±2
-----------------------	-----------------	---------	--------------------------	---------

4 3 2 1



Tratamiento termico:	NA	Material:	Plancha de acero laminado	Dimensiones brutas:	1310 x 610 x 1.5 mm
Recubrimiento:	NA				

A	CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	A
			Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	
			Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024	
	Platina base mesa	Escala: 1:10	Codigo:	10.1643220.1643229.01.03	Tol: ±2	

4 3 2 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

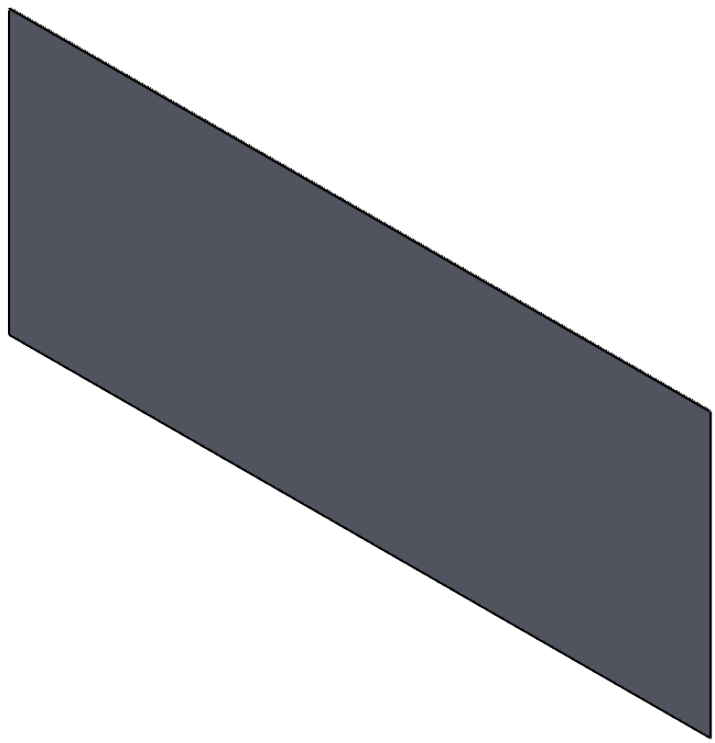
D

C

C

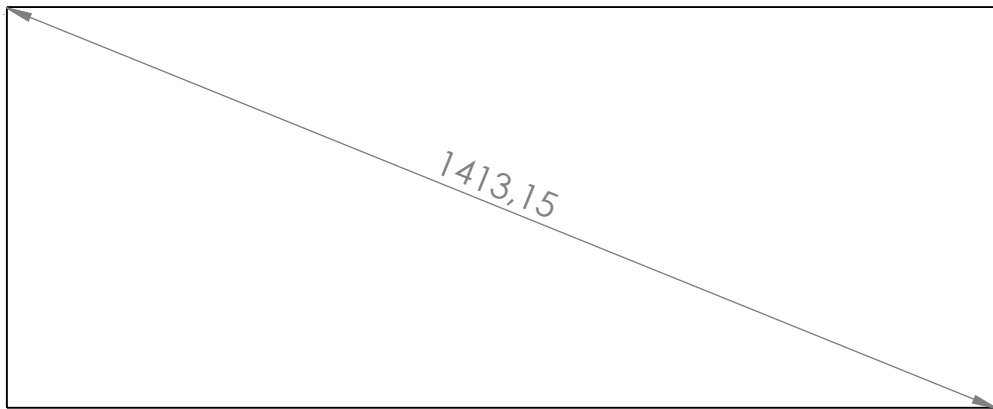
B

B




1310,00

1,50



1413,15

530,00

Tratamiento termico:	NA	Material:	Dimensiones brutas:	
Recubrimiento:	NA	Plancha de acero laminado	1310 x 530 x 1.5 mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuís Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Dibujo:	Analuís Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
Platina lateral mesa 1	Escala: 1:10	Código:	10.1643220.1643229.01.04	Tol: ±2

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

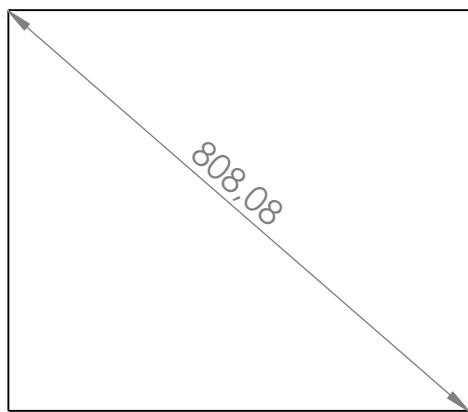
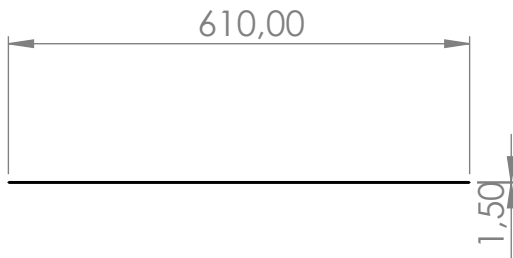
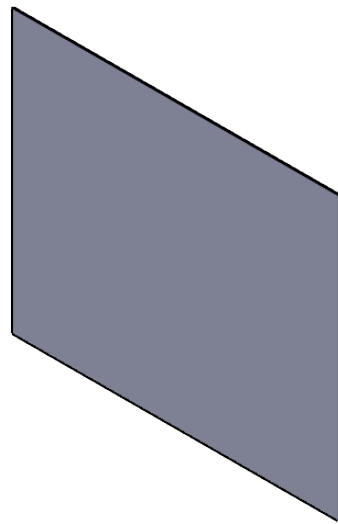
D

C


C

B

B



Tratamiento termico:	NA	Material:	Plancha de acero laminado	Dimensiones brutas:	530x 610 x 1.5 mm
Recubrimiento:	NA				

<p>CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA</p> 	Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
	Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
	Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024

Platina lateral mesa	Escala: 1:10	Codigo:	10.1643220.1643229.01.05	Tol: ±2
----------------------	-----------------	---------	--------------------------	---------

4

3

2

1

A

A

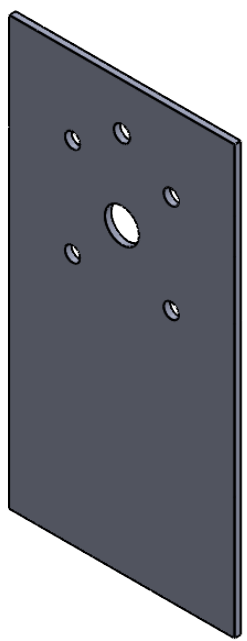
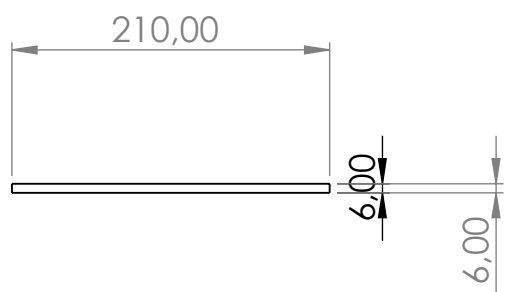
4 3 2 1

F

F

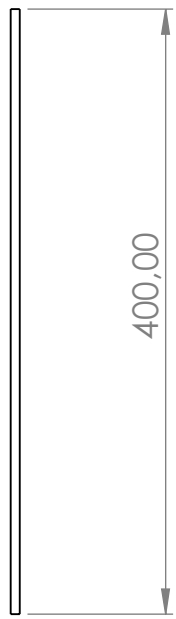
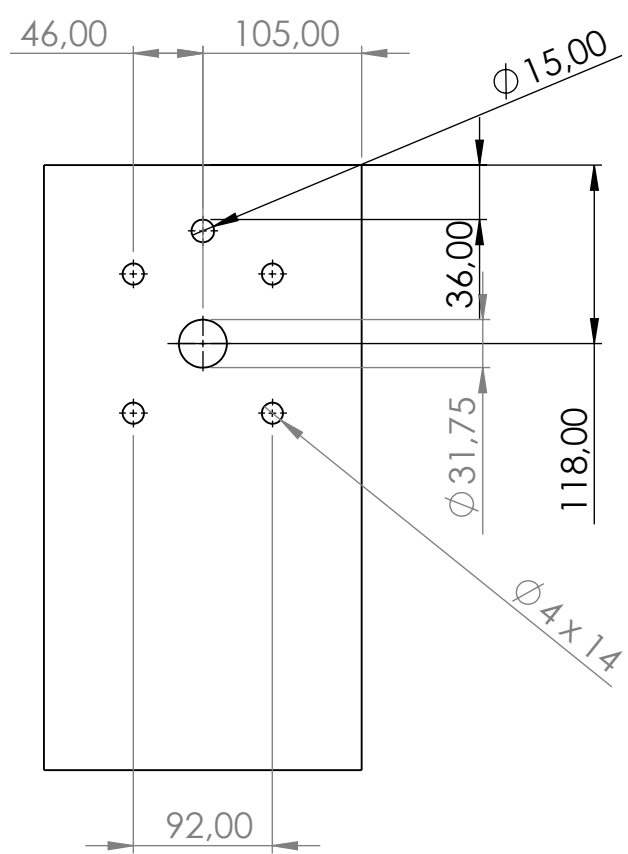
E

E



D

D



C

C

B

B

Tratamiento termico:	NA	Material:	Plancha de acero laminado	Dimensiones brutas:	210 x 400 x 1.5 mm
Recubrimiento:	NA				

A

A

CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA



Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024

Platina lateral mesa	Escala: 1:5	Codigo: 10.1643220.1643229.01.06	Tol: ± 2
----------------------	----------------	-------------------------------------	--------------

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

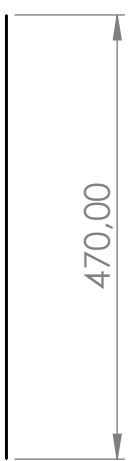
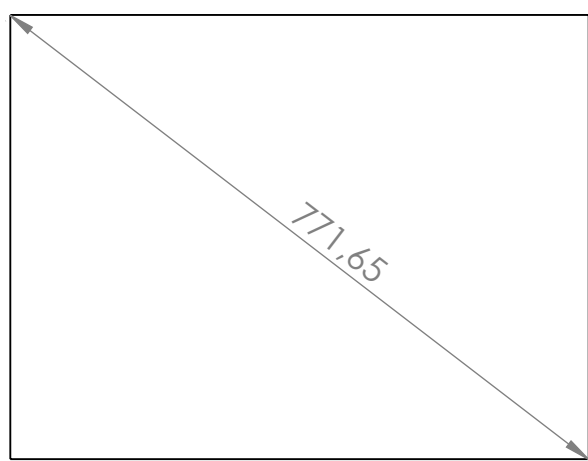
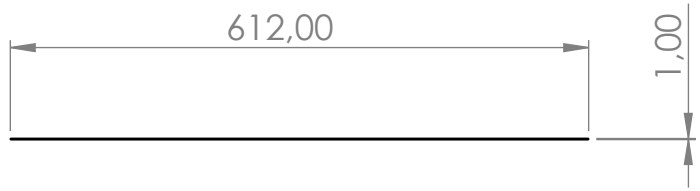
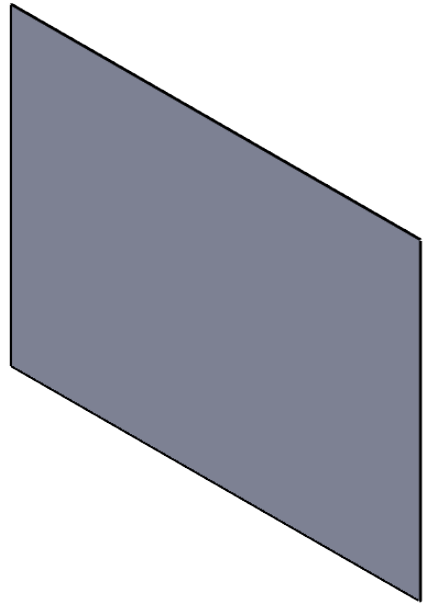
D

C


C

B

B



Tratamiento termico:	NA	Material:	Plancha de acero laminado	Dimensiones brutas:	612 x 470 x 1 mm
Recubrimiento:	NA				

A	CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuía Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	A
			Dibujo:	Analuía Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	
			Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024	
	Platina puerta	Escala:	1:8	Codigo:	10.1643220.1643229.01.07	Tol: ±2

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

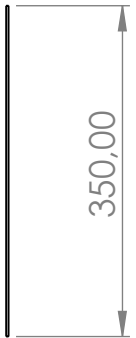
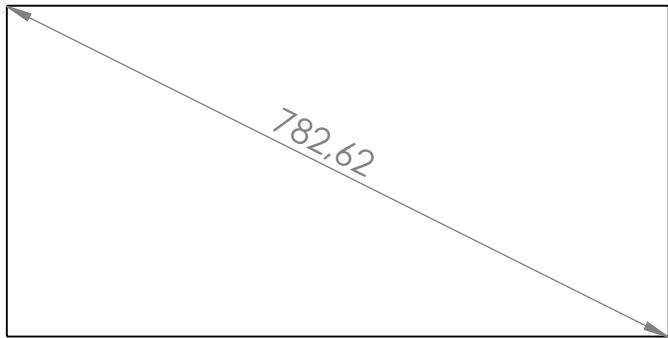
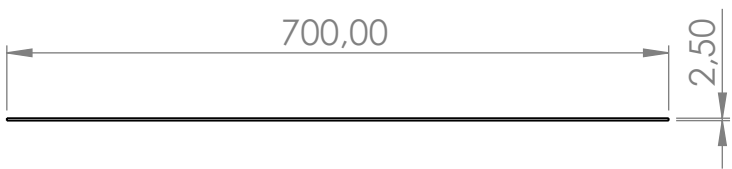
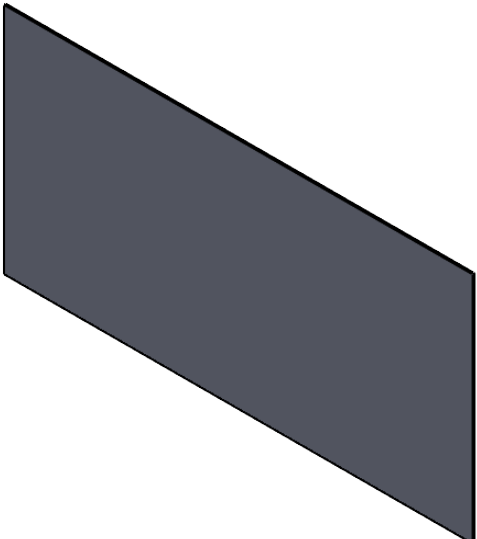
D

C


C

B

B



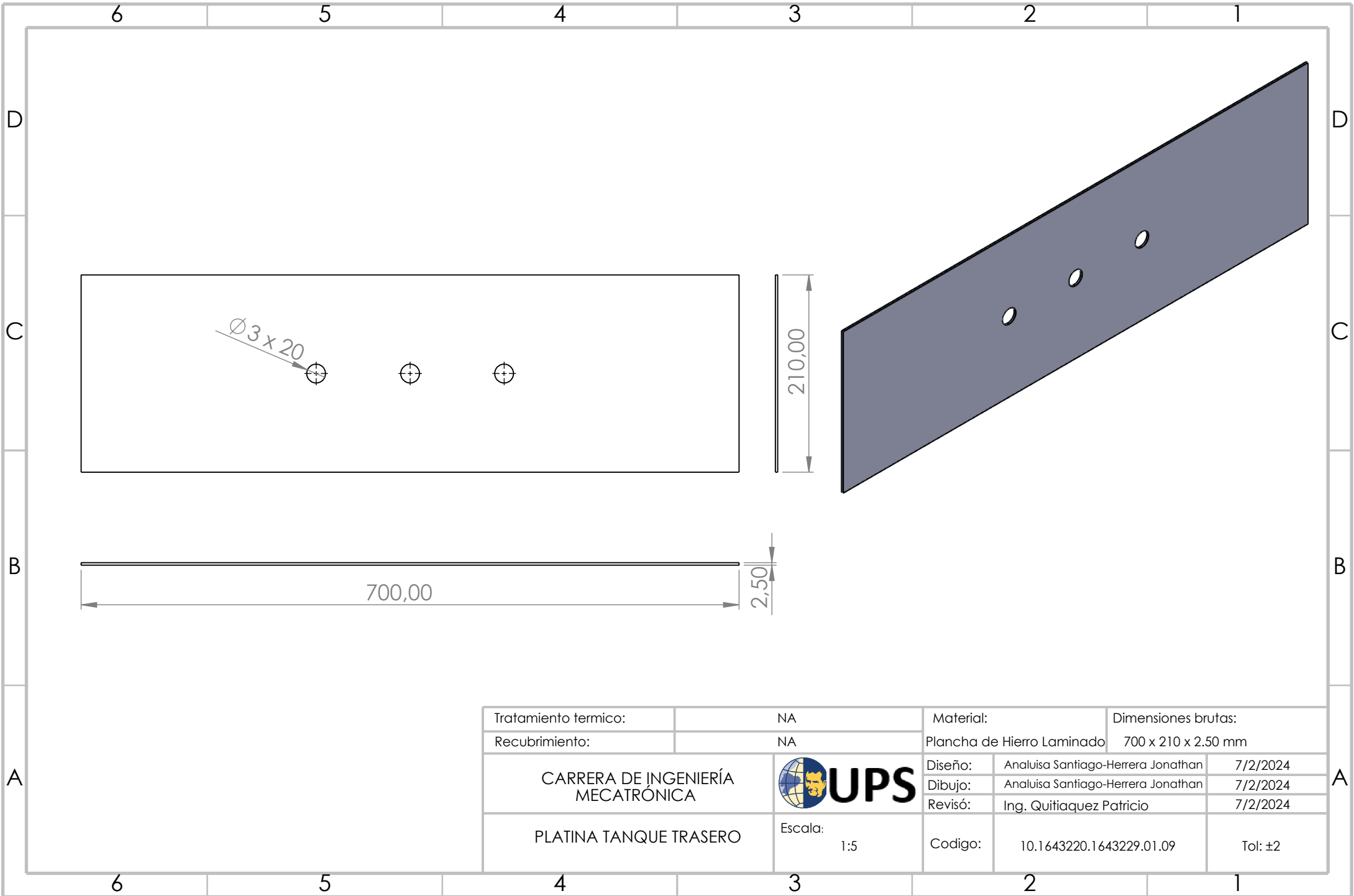
Tratamiento termico:	NA	Material:	Plancha de acero laminado	Dimensiones brutas:	700 x 350 x 2.5 mm
Recubrimiento:	NA				


A	CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuís Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
			Dibujo:	Analuís Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
			Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
	Platina tanque inferior	Escala: 1:8	Código:	10.1643220.1643229.01.08	Tol: ±2

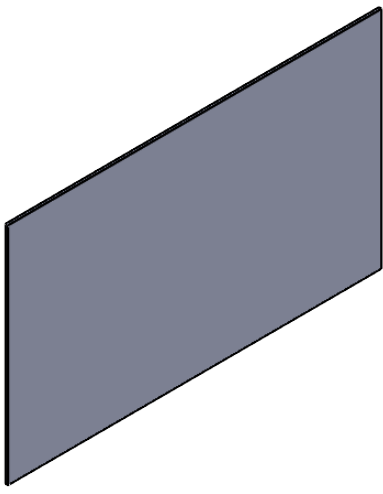
4 3 2 1


A

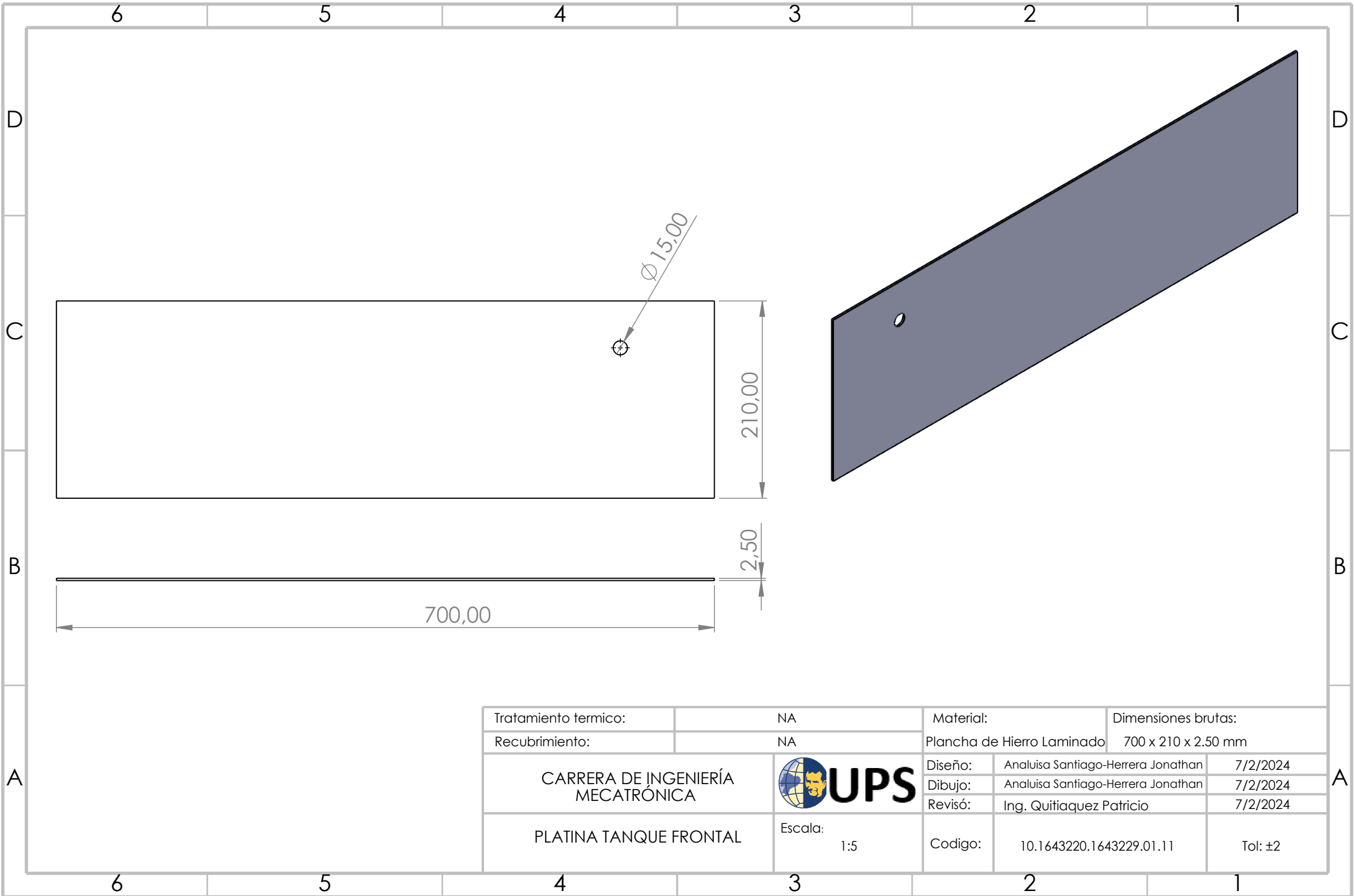
A




Tratamiento termico:	NA	Material:	Dimensiones brutas:	
Recubrimiento:	NA	Plancha de Hierro Laminado	700 x 210 x 2.50 mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Dibujo:	Analisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
PLATINA TANQUE TRASERO	Escala: 1:5	Codigo:	10.1643220.1643229.01.09	Tol: ±2



Tratamiento termico:	NA	Material:	Dimensiones brutas:	
Recubrimiento:	NA	Plancha de Hierro Laminado	350 x 210 x 2.50 mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Dibujo:	Analisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
PLATINA TANQUE LATERAL	Escala: 1:5	Codigo:	10.1643220.1643229.01.10	Tol: ±2



Tratamiento termico:	NA	Material:	Dimensiones brutas:	
Recubrimiento:	NA	Plancha de Hierro Laminado	700 x 210 x 2.50 mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Dibujo:	Analisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
PLATINA TANQUE FRONTAL	Escala: 1:5	Codigo:	10.1643220.1643229.01.11	Tol: ±2

4 3 2 1

F

F

E

E

D

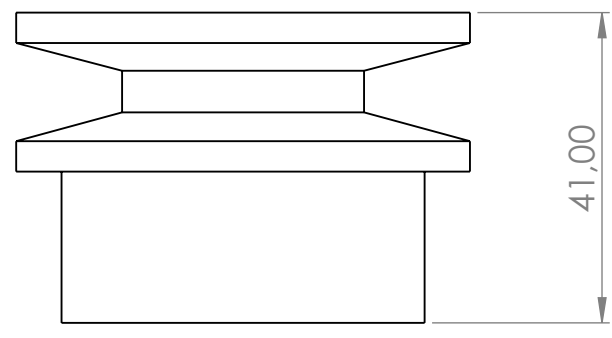
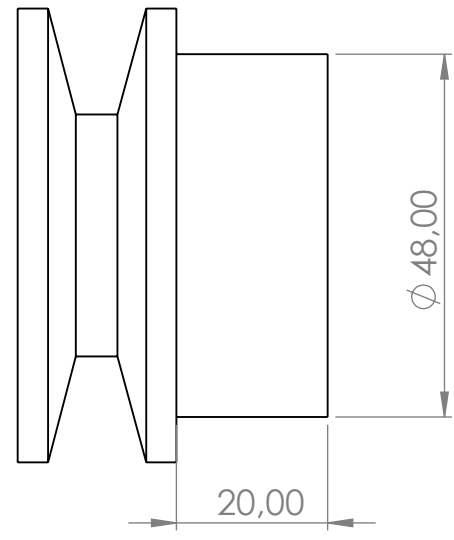
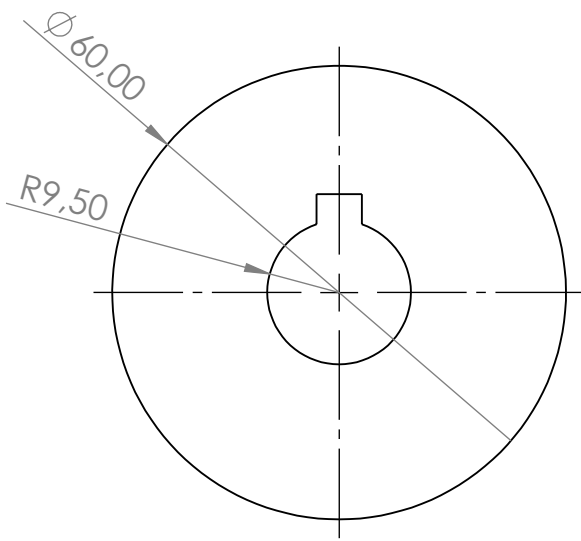
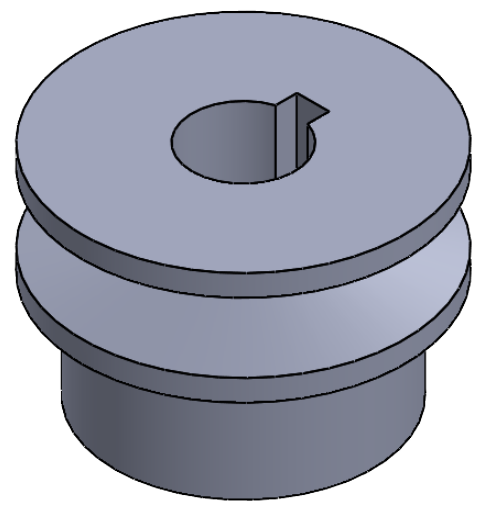
D

C


C

B

B



Tratamiento termico:	NA	Material:	ALUMINIO	Dimensiones brutas:	60 x 41 x 9.5 mm
Recubrimiento:	NA				

A	CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	A
			Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	
			Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024	
	POLEA	Escala:	1:1	Codigo:	10.1643220.1643229.01.12	Tol: ±2

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

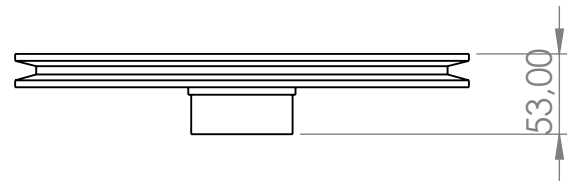
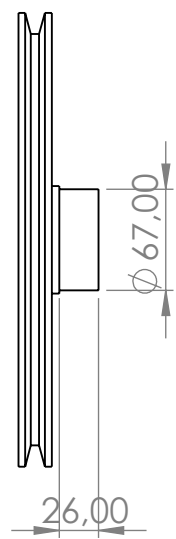
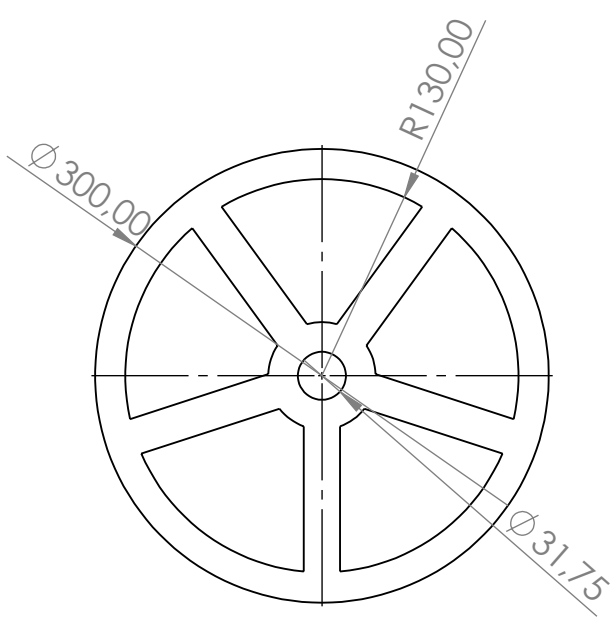
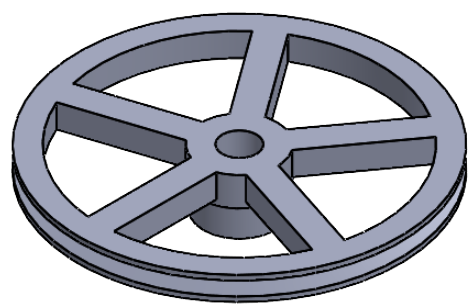
D

C


C

B

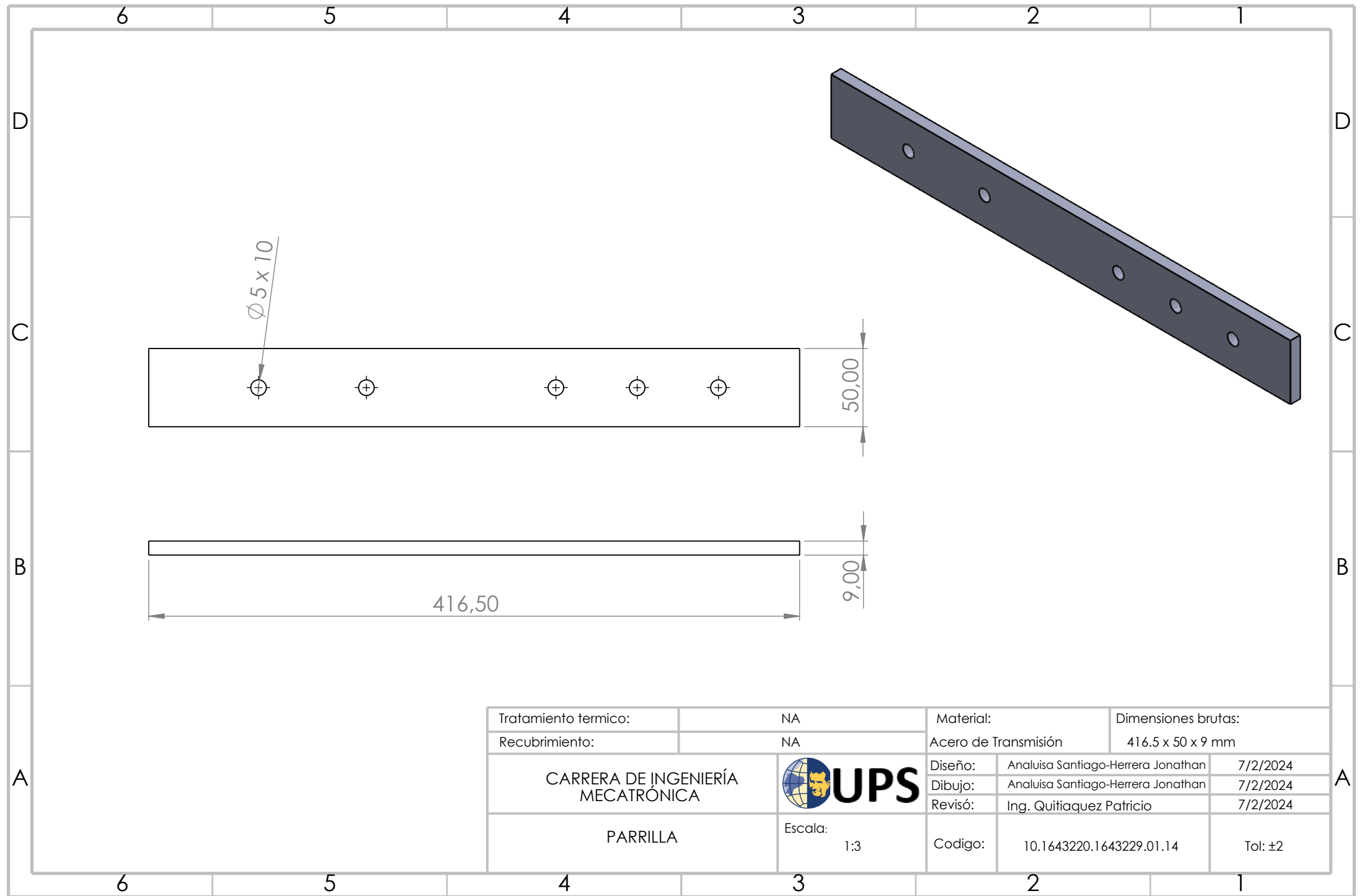
B




Tratamiento termico:	NA	Material:	ALUMINIO	Dimensiones brutas:	300 x 53 x 31.75 mm
Recubrimiento:	NA				

A	CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	A
			Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	
			Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024	
	POLEA GRANDE	Escala:	1:5	Codigo:	10.1643220.1643229.01.13	Tol: ±2

4 3 2 1



Tratamiento termico:	NA	Material:	Dimensiones brutas:	
Recubrimiento:	NA	Acero de Transmisión	416.5 x 50 x 9 mm	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Dibujo:	Analisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
PARRILLA	Escala: 1:3	Codigo:	10.1643220.1643229.01.14	Tol: ±2

4

3

2

1

F

F

E

E

D

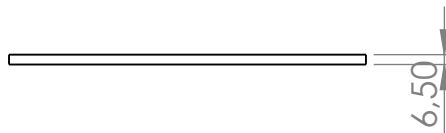
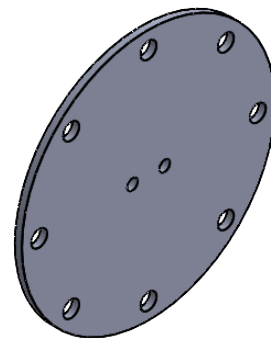
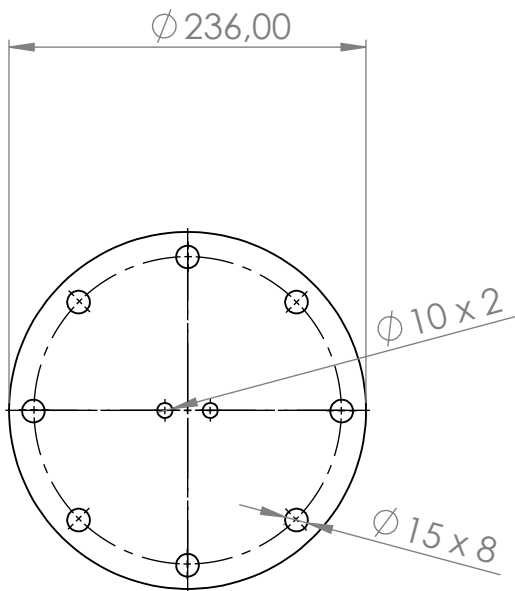
D


C

C

B

B



Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero de Transmisión		Dimensiones brutas:	236 x 6.50 mm	
Recubrimiento:	NA	Diseño:	Analuís Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024			
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA				Dibujo:	Analuís Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	
				Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024	
RUEDA SOPORTE		Escala:	1:5	Código:	10.1643220.1643229.01.16	Tol: ± 2	

4

3

2

1

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

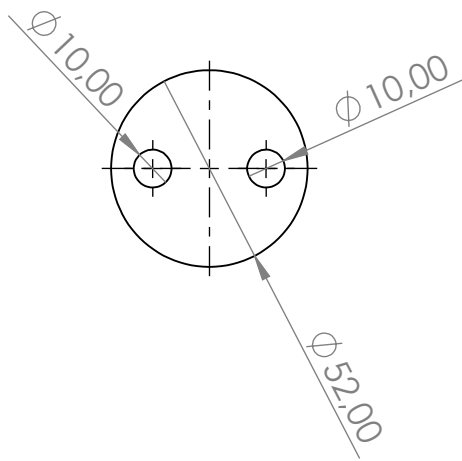
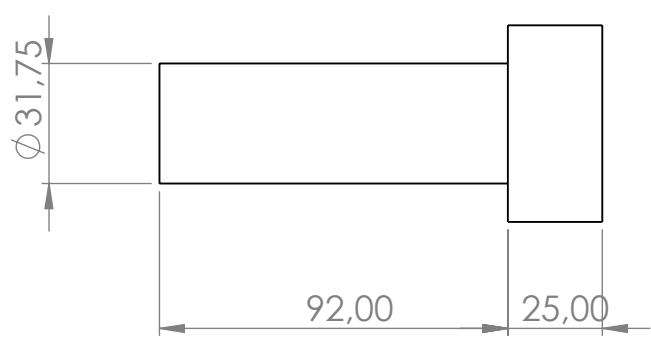
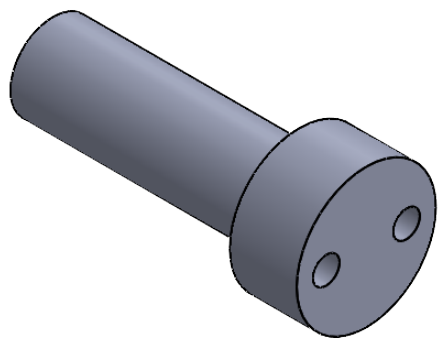
D

C

C

B

B

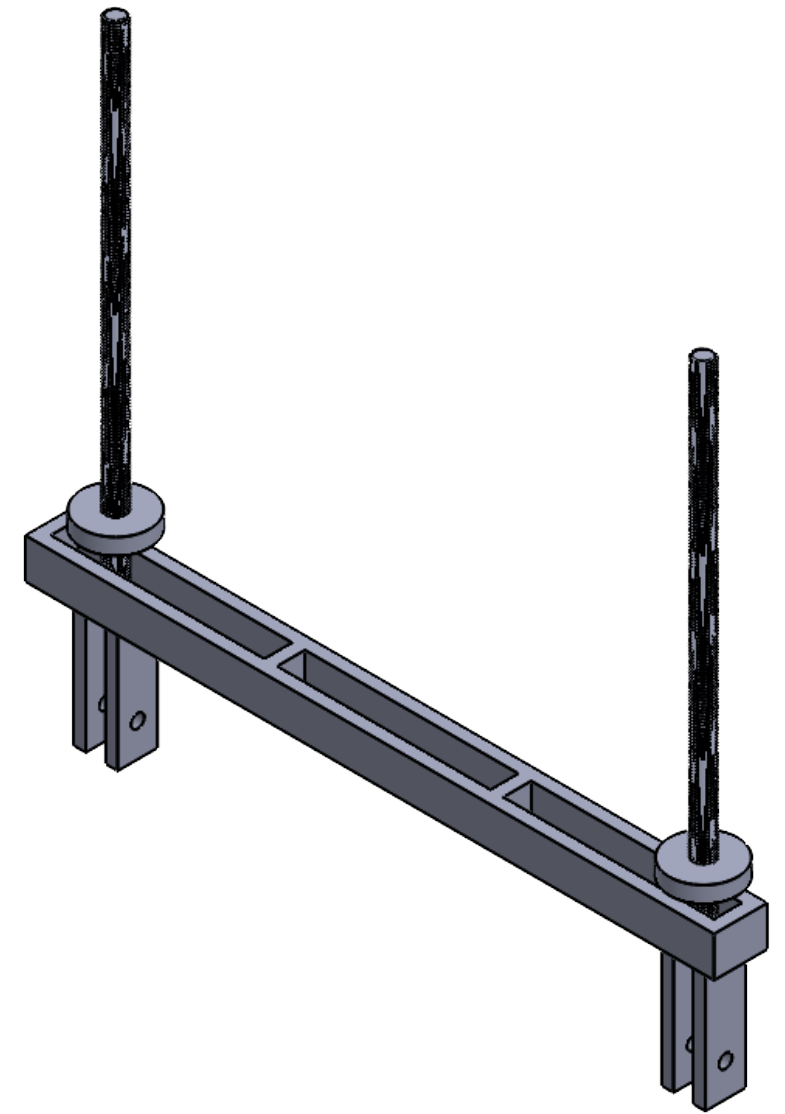
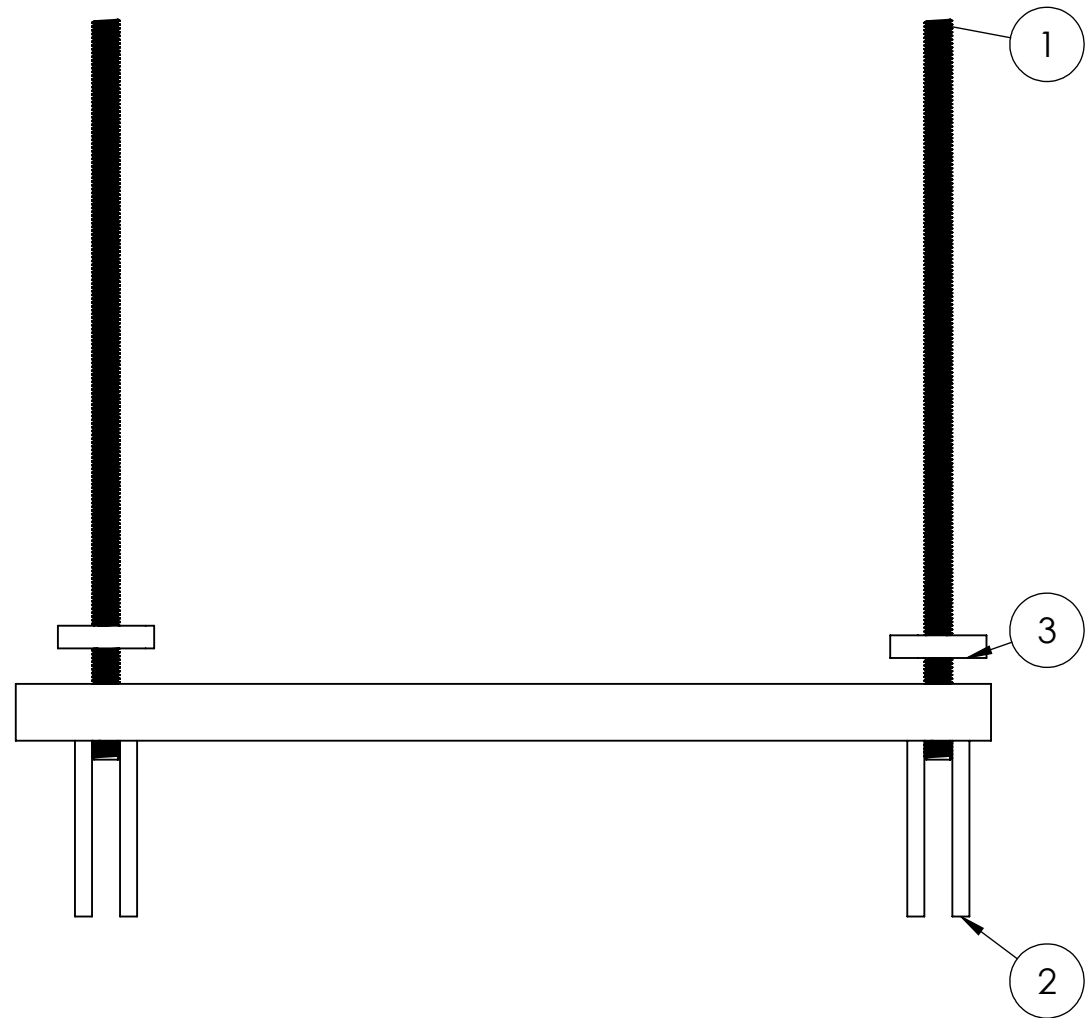
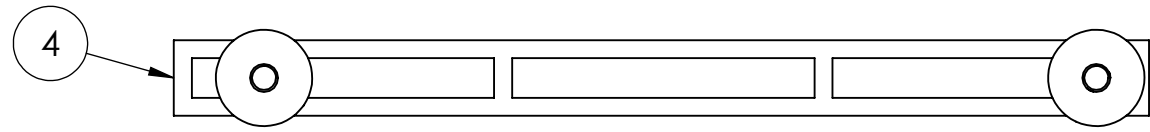


Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero de Transmisión	Dimensiones brutas:	117 x 52 x 31.75 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	
		Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	
		Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024	
SOPORTE EJE DE PARRILLA	Escala: 1:2	Codigo:	10.1643220.1643229.01.17	Tol: ±2	


A

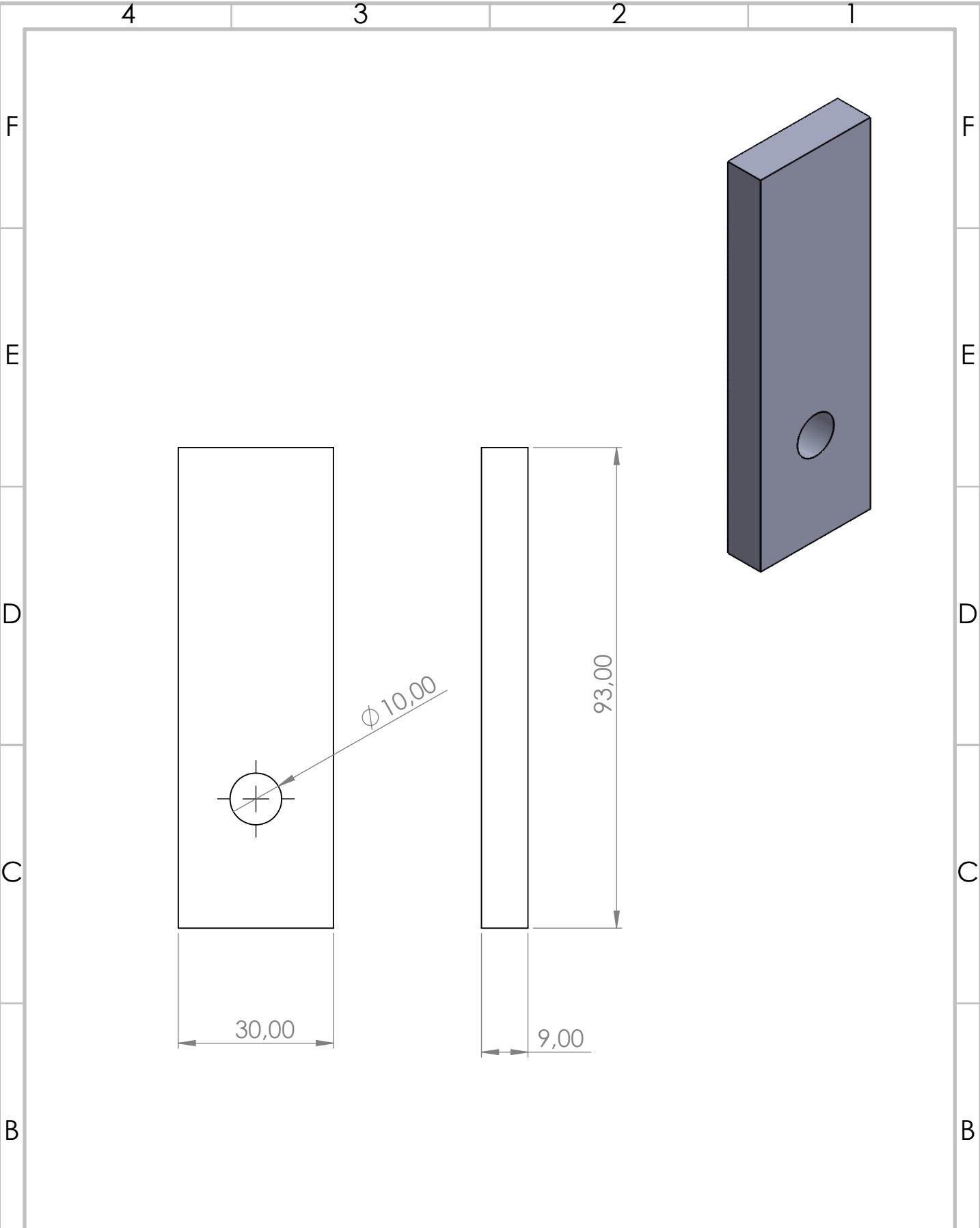
A

4 3 2 1




N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	TORNILLO	HIERRO	2
2	SOPORTE TORNILLO	ACERO ESTRUCTURAL	4
3	RUEDA SOPORTE	ACERO DE TRANSMISIÓN	2
4	SOPORTE AJUSTE	ACERO ESTRUCTURAL	1

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Dibujo:	Analisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Revisó:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
Ensamble soporte de sujección	Escala: 1:4	Codigo:	10.1643220.1643229.01.01	Tol: ±2



Tratamiento termico:	NA	Material:	ACERO ESTRUCTURAL	Dimensiones brutas:	93 x 30 x 9 mm
Recubrimiento:	NA				

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
SOPORTE TORNILLO	Escala: 1:1	Codigo:	10.1643220.1643229.01.00.01	Tol: ±2

4

3

2

1

F

F

E

E

D

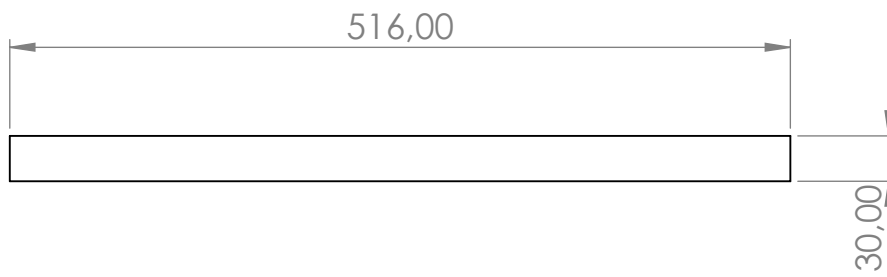
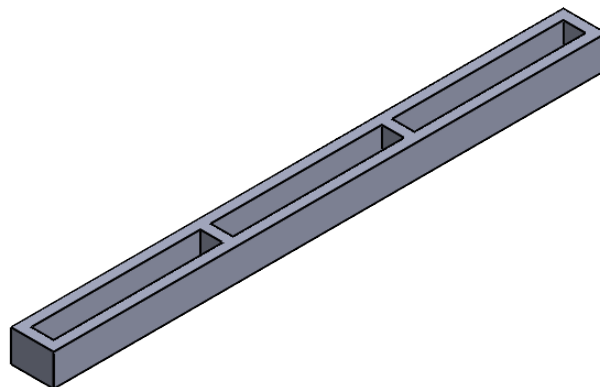
D

C


C

B

B



Tratamiento termico:	NA	Material:	ACERO ESTRUCTURAL	Dimensiones brutas:	516 x 40 x 30 mm
Recubrimiento:	NA				

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
SOPORTE AJUSTE	Escala: 1:5	Codigo:	10.1643220.1643229.01.00.02	Tol: ±2

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

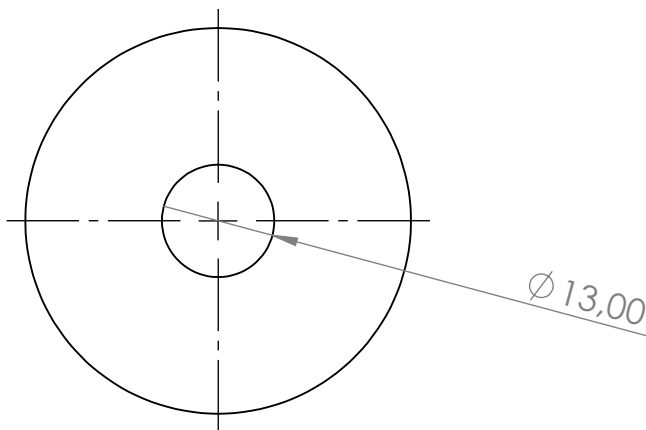
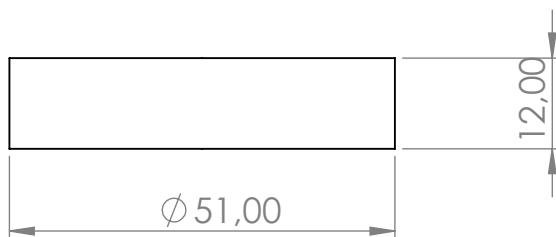
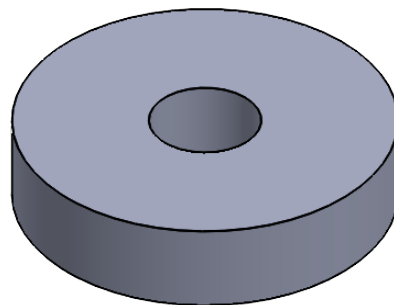
D

C


C

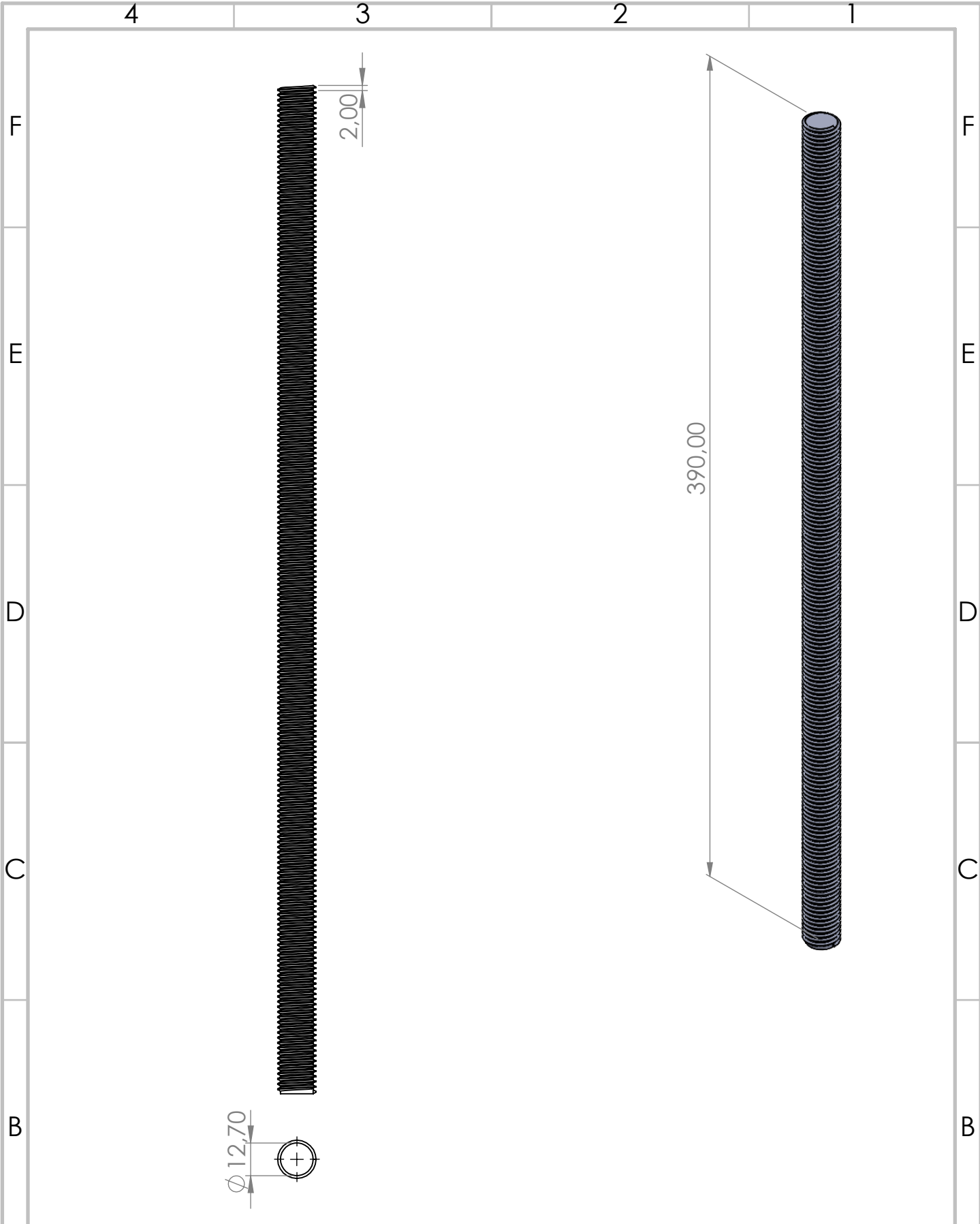
B

B



Tratamiento termico:	NA	Material:	ACERO TRANSMISIÓN	Dimensiones brutas:	51 x 12 x 13 mm
Recubrimiento:	NA				

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024
		Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024
RUEDA SOPORTE	Escala: 1:1	Codigo:	10.1643220.1643229.01.00.03	Tol: ±2

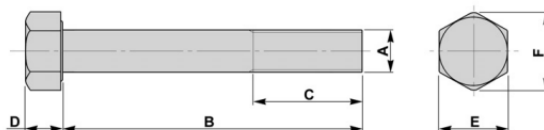


Tratamiento termico:	NA	Material:	HIERRO	Dimensiones brutas:	390 x 12.7 x 2 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	
		Dibujo:	Analuisa Santiago-Herrera Jonathan	7/2/2024	
		Revisión:	Ing. Quitiaquez Patricio	7/2/2024	
TORNILLO	Escala: 1:2	Codigo:	10.1643220.1643229.01.00.04	Tol: ±2	

Anexo 2 Medidas para perno de cabeza hexagonal

ISO 4014 / DIN 931 - HEXAGON BOLTS

- TO ISO 4014
- PART THREADED



ALL SIZES SHOWN ARE GRADE B ISO4014
GRADE A SIZES ALSO AVAILABLE ON REQUEST

STANDARD THREAD LENGTHS	
Normal length of bolt B	Length of thread C
Up to and including 125mm	2A + 6mm
Over 125mm up to and including 200mm	2A + 12mm
Over 200mm	2A + 25mm

THREAD DIA	PITCH OF THREAD	DIA OF SHANK UNTHREADED		E		F	D			RADIUS UNDER HEAD
				GRADE B		GRADE B	GRADE B			
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MIN	MAX	NOM	
mm	Coarse Pitch Series	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
M12	1.75	11.57	12.00	17.57	18.00	19.85	7.21	7.79	7.50	0.60
M16	2	15.57	16.00	23.16	24.00	26.17	9.71	10.29	10.00	0.60
M20	2.5	19.48	20.00	29.16	30.00	32.95	12.15	12.85	12.50	0.80
(M22)	2.5	21.48	22.00	33.00	34.00	37.29	13.65	14.35	14.00	0.80
M24	3	23.48	24.00	35.00	36.00	39.55	14.65	15.35	15.00	0.80
(M27)	3	26.48	27.00	40.00	41.00	45.20	13.65	17.35	17.00	1.00
M30	3.5	29.48	30.00	45.00	46.00	50.85	18.28	19.12	18.70	1.00
(M33)	3.5	32.38	33.00	49.00	50.00	55.37	20.58	21.42	21.00	1.00
M36	4	35.38	36.00	53.8	55.00	60.79	22.08	22.92	22.50	1.00
(M39)	4	38.38	39.00	58.80	60.00	66.44	24.58	25.42	25.00	1.00
M42	4.5	41.38	42.00	63.10	65.00	71.30	25.58	26.42	26.00	1.20
(M45)	4.5	44.38	45.00	68.10	70.00	76.95	27.58	28.42	28.00	1.20
M48	5	47.38	48.00	73.10	75.00	82.60	29.58	30.42	30.00	1.60
(M52)	5	51.26	52.00	78.10	80.00	88.25	32.50	33.50	33.00	1.60
M56	5.5	55.26	56.00	82.80	85.00	93.56	34.50	35.50	35.00	2.00








Anexo 3 Selección del factor de servicio (pág. 25) [26]

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserrios y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Malacates	1.5	1.6	1.8

Anexo 4 Tabla para la selección de pernos[27]

Tabla 8-11

Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero*

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, [†] MPa	Resistencia mínima a la tensión, [†] MPa	Resistencia mínima a la fluencia, [†] MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

Anexo 5 Pintado de piezas de la parrilla y tanque de agua





Anexo 6 Conexiones previas de los circuitos



Anexo 7 Cortes para el motor reductor





Anexo 8 Colocación del motor y bomba de agua





Anexo 9 Comprobación de fugas en el tanque de agua y conexión de las resistencias eléctricas





Anexo 10 montaje de la poleas y correa



Anexo 11 Montaje de la parrilla



Anexo 12 Pruebas del movimiento del motor con un cabezote





Anexo 13 Colocación de los circuitos en el gabinete



Anexo 14 Montado final del panel de control



Anexo 15 Prueba de aire

