



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BOMBA DIAFRAGMA DE DOBLE EFECTO, ACCIONADA POR RUEDA HIDRÁULICA DE OCHO PALAS.”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico

Autores:

Aguirre Buñay Stalin David

Rios Jiménez Jonathan Javier

Tutor Académico:

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso

LATACUNGA - ECUADOR

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, **Aguirre Buñay Stalin David**, con cédula de ciudadanía N° 0606252831 y **Ríos Jiménez Jonathan Javier**, con cédula de ciudadanía N° 0550152805, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas”**, siendo el **Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso Dr.C.**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Aguirre Buñay Stalin David

Número de C.I. 0606252831

Ríos Jiménez Jonathan Javier

Número de C.I. 055015280-5



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas”, de Aguirre Buñay Stalin David y Rios Jiménez Jonathan Javier, de la carrera de **Ingeniería Electromecánica**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de **Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2023.

El Tutor:

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso Dr.C.

C.C: 175836725-2



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: **Aguirre Buñay Stalin David** y **Rios Jiménez Jonathan Javier**, con el título de Proyecto de titulación: “**Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas**” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2023.

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)

Ing. MSc. Segundo Ángel Cevallos Betún

CC: 0501782437

Lector 2

Ing. MSc. Cristian Fabian Gallardo Molina

CC: 050284769

Lector 3

Ph.D Enrique Torres Tamayo

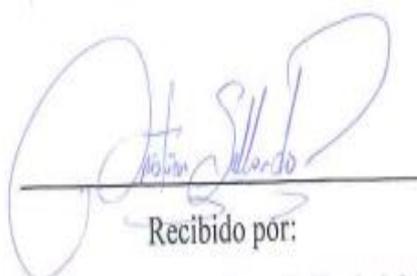
CC: 175712194-0



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, agosto 2023

En la ciudad de Latacunga, al 14 de agosto del año 2023, en la Universidad Técnica de Cotopaxi, se realiza la entrega de la propuesta tecnológica, “Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas”, Ubicada en la ciudad de Latacunga, por parte de los estudiantes, Aguirre Buñay Stalin David Y Rios Jiménez Jonathan Javier, al Sr. Segundo Marín Chacón, con cédula de ciudadanía, N° 0500543432, representante del sector de Santa Lucia de Pusuchisi, se procede a la entrega y recepción de los siguientes bienes, los cuales serán utilizados para el desarrollo de prácticas de campo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas y el suministro de agua de regadío



Recibido por:

Ing. MSc. Cristian Fabian Gallardo Molina

CC: 050284769-2

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mis padres por su inquebrantable apoyo y cariño, los cuales han sido fundamentales en la realización de mis sueños. También deseo extender mi gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus docentes, cuya generosidad al compartir conocimientos ha impulsado mi desarrollo profesional. Reconozco la invaluable contribución del Dr. Héctor Luis Laurencio, mi tutor de tesis, por sus orientaciones y paciencia, las cuales resultaron esenciales para el éxito de mi trabajo. A mi pareja Jarelis, quien me animó cuando pensaba que no podía continuar. Finalmente, no puedo dejar de expresar mi profundo agradecimiento a mis amigos, cuyo apoyo y alegría se convirtieron en los pilares de mi perseverancia.

Stalin

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un rotundo agradecimiento a mis padres Hernán Ríos y María Jiménez por su apoyo incondicional tanto emocional como económico confiando en mí cada momento, por los buenos ejemplos y sobre todo valores que me han inculcado día a día, demostrando que la constancia y el compromiso van de la mano para poder lograr todo lo que se aspira en un futuro.

A mis hermanos que han sido un ejemplo de constancia en lo que se han propuesto y por estar presentes en mi proceso de formación ayudándome en todas mis dificultades.

A mi novia Erika Toapanta y su familia que me han alentado a seguir adelante para culminar mi carrera.

También agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a toda la docencia de la carrera de Ingeniería Electromecánica que con una excelente vocación han compartido sus conocimientos y experiencias en especial al Ing. Héctor Laurencio quien fue el pilar fundamental para la elaboración del proyecto de tesis.

Jonathan

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a mi padre, quien desde el cielo es mi inspiración y me brinda la fortaleza para seguir adelante.

A mis hermanos, espero que este logro les sirva de ejemplo y les demuestre que todo es posible.

Y finalmente, a aquellos que no creyeron en mí, su actitud logró impulsarme aún más.

Stalin

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a todas las personas que han sido una parte fundamental de mi proceso académico y personal. A mis padres Hernán Rios y María Jiménez por apoyarme incondicionalmente, por su sacrificios y su apoyo constante durante mi formación profesional; A mis hermanos y más familiares que siempre han creído en mí; A mi padrino Diego Rocha quien me ha demostrado que con lucha y esfuerzo se puede llegar a la meta, a mi novia Erika Toapanta quien fue muy indispensable durante esta etapa, a mis profesores por su pasión y dedicación a la enseñanza; y por último y no menos importante a mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi y a todas las personas que la conforman un rotundo agradecimiento de todo corazón.

Jonathan

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	viii
INDICE GENERAL.....	x
DICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 EL PROBLEMA.....	3
1.1.1 Planteamiento del problema	3
1.1.2 Formulación del problema	3
1.2 BENEFICIARIOS	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
1.6 ANTECEDENTES	7
1.6.1 Planeamiento	9
1.7 MARCO REFERENCIAL.....	11
1.7.1 Uso del recurso hídrico en el sector agropecuario	11
1.7.2 Tipos de fuentes de energías renovables.....	12
1.7.3 Ventajas y desventajas de las energías renovables	12
1.7.4 BOMBAS HIDRÁULICAS.	13
1.7.5 PROCESO DE SUCCIÓN	13
1.7.6 Proceso de descarga.....	13
1.7.7 Bombas de caudal constante:	14
1.7.8 Bombas de caudal variable:	14
1.8 SELECCIÓN DE BOMBA.....	15

1.8.1	BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO O VOLUMÉTRICAS.....	15
1.8.2	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA VOLUMÉTRICA.....	16
1.8.3	CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS VOLUMÉTRICAS.	16
1.8.4	TIPOS DE BOMBAS VOLUMÉTRICAS.....	17
1.8.5	LAS BOMBAS VOLUMÉTRICAS OSCILANTES.....	18
1.8.6	VENTAJAS DE LAS BOMBAS OSCILANTES DE DIAFRAGMA.....	19
1.8.7	Partes de la bomba de diafragma	20
1.9	SISTEMAS DE TRANSMISIÓN	20
1.9.1	TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN.....	21
1.9.2	MECANISMO BIELA MANIVELA	21
1.9.3	ELEMENTOS DEL MECANISMO BIELA-MANIVELA	23
1.10	VÁLVULAS CHECK	23
1.10.1	FUNCIONAMIENTO DE UNA VÁLVULA CHECK	24
1.10.2	TIPOS DE VÁLVULAS CHECK O ANTIRRETORNO	24
1.11	SISTEMA HIDRONEUMÁTICO	25
1.11.1	Teoría sobre sistemas hidroneumáticos Los sistemas hidroneumáticos.....	25
1.11.2	Tipos de sistemas hidroneumáticos.....	25
1.12	MATERIAL UTILIZADO PARA LA FABRICACIÓN DE LA BOMBA DE DIAFRAGMA.....	27
1.12.1	Elementos de instalación hidráulica.....	28
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....		28
1.13	METODOLOGÍA PARA EL MECANIZADO DEL SISTEMA BIELA-MANIVELA.....	28
1.13.1	Selección de materiales.....	28
1.14	DISEÑO DEL SISTEMA Y SUS PIEZAS	30
1.14.1	Mecanizado de la biela.....	30
1.14.2	Mecanizado de la manivela.....	31
1.14.3	Pasadores	32
1.14.4	Anillos de retención.....	32
1.15	METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA FUERZA DE OPOSICIÓN DEL DIAFRAGMA EN RELACIÓN AL DESPLAZAMIENTO.....	33
1.16	METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE BOMBEO.....	34
1.16.1	Determinación del caudal teórico.....	34
1.16.2	Determinación del caudal en m ³ /s.....	34
1.16.3	Determinación de la velocidad.....	34

1.16.4	Determinación de Reynolds	35
1.16.5	Determinación del coeficiente de fricción (λ)	36
1.16.6	Determinación de la resistencia de la red.....	36
1.16.7	Determinación altura	37
1.16.8	Determinación de cavitación.....	38
1.16.9	Potencia de la bomba.....	38
1.17	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL SISTEMA BIELA MANIVELA.	38
1.17.1	Cálculo de la velocidad.....	39
1.17.2	Cálculo de la aceleración.....	39
1.17.3	Calculo área de barrido.	39
1.17.4	Cálculo caudal instantáneo.	40
1.18	METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE VOLUMEN DEL TANQUE HIDRONEUMÁTICO	40
1.19	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
1.19.1	DATOS DE UBICACIÓN DE ALGUNAS MEDICIONES CON USO DE GPS:	41
1.19.2	Informe de análisis de tensión de la bomba.	42
1.19.3	Análisis de tensiones.	42
1.19.4	Análisis de desplazamientos.....	44
1.19.5	Análisis del factor de seguridad.	45
1.19.6	Determinación del caudal teórico.....	47
1.19.7	Determinación del caudal en m ³ /s.....	47
1.19.8	Determinación de la velocidad.....	48
1.19.9	Determinación de Reynolds	48
1.19.10	Determinación del coeficiente de fricción (λ)	48
1.19.11	Resistencia de red de succión. Ecuación (10).....	49
1.19.12	Determinación de la resistencia de la red.....	49
1.19.13	Determinación de la altura.....	49
1.19.14	Determinación de Altura de Neta Positiva de Aspiración Disponible.	49
1.19.15	Determinación de potencia teórica de la bomba.....	49
1.19.16	Resultados Análisis cinemático del pistón	50
1.19.17	Resultado Caudal instantáneo.	52
1.19.18	Área de barrido	52
1.19.19	Caudal instantáneo.....	52
1.19.20	Cálculo del volumen del tanque hidroneumático.	52
1.20	Análisis Económico y Ambiental.....	53

1.20.1	ANÁLISIS ECONÓMICO	53
1.20.2	Impacto social	54
1.20.3	Impacto tecnológico.....	54
1.20.4	Impacto ambiental	55
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES	56
	BIBLIOGRAFIA.....	56
	ANEXOS	58

DICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Beneficiarios directos e indirectos.....	4
Tabla 2.1: Comparación de las propiedades generales de las bombas	15
Tabla 3.1: Información básica de anillos de retención [25].	32
Tabla 3.2: Datos de medición con GPS	41
Tabla3.3: determinación del caudal teórico.....	47
Tabla 3.4: determinación del caudal en m ³ /s.	47
Tabla 3.5: determinación de la velocidad de succión	48
Tabla 3.5: determinación de la velocidad de descarga	48
Tabla 3.6: Determinación de Reynolds	48
Tabla 3.7: Determinación del coeficiente de fricción.....	48
Tabla 3.8: resistencia de la red de succión	49
Tabla 3.9: resistencia de la red de descarga.....	49
Tabla 3.10: Determinación de la altura	49
Tabla 3.11: Determinación de la altura neta.....	49
Tabla 3.12: Potencia teórica de la bomba.....	49
Tabla 3.13: Potencia teórica de la bomba a 12 m de altura	50
Tabla 3.14: Potencia teórica de la bomba a distintos puntos de altura	50
Tabla 3.15: Análisis cinemático del pistón.....	51
Tabla 3.16: Área de barrido.....	52
Tabla 3.17: Volumen Tanque Hidroneumático	52
Tabla 3.18: Análisis económico de la construcción de la bomba.....	53
Tabla 3.19: Análisis económico de los materiales para la instalación hidráulica.	53
Tabla 3.20: Análisis económico del transporte	53
Tabla 3.21: Análisis económico para la ejecución de la tesis de grado.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de Ishikawa	3
Figura 2.1: bomba de diafragma [6].....	9
Figura 2.2: funcionamiento bomba de diafragma.	10
Figura 2.3: Clasificación de bombas hidráulicas.....	14
Figura 2.4: principio de funcionamiento	16
Figura 2.5: Bombas oscilantes de embolo (izquierda) y de membrana (derecha)	18
Figura 2.6: Mecanismo biela manivela.....	22
Figura 2.7: Válvula check.....	24
Figura 3.1: Pulmón de freno.....	29
Figura 3.2: diseño general mecanismo Biela-Manivela.....	30
Figura 3.3: Mecanizado de la manivela.....	31
Figura 3.4: Mecanizado de la biela.....	31
Figura 3.5: Pasadores [24].....	32
Figura 3.6: Anillo de retención tipo E.....	33
Figura 3.7: Determinación de la fuerza en relación al desplazamiento del diafragma.....	33
Figura 3.7: Ubicación de puntos de prueba	41
Figura 3.9: Gráfica del comportamiento del diafragma.....	42
Figura 3.10: análisis de Von Mises al Diafragma	42
Figura 3.11: análisis de Von Mises a la carcasa de la bomba	43
Figura 3.12: análisis de Von Mises a la manivela	43
Figura 3.13: análisis de Von Mises a la biela	43
Figura 3.14: análisis de Von Mises al eje.....	44
Figura 3.15: Análisis de desplazamiento en el diafragma	44
Figura 3.16: Análisis de desplazamiento en la carcasa de la bomba	44
Figura 3.17: Análisis de desplazamiento en la manivela.....	45
Figura 3.18: Análisis de desplazamiento en la biela.....	45
Figura 3.19: Análisis de desplazamiento en el eje	45
Figura 3.20: Análisis del factor de seguridad en el diafragma	46
Figura 3.21: Análisis del factor de seguridad en la carcasa.....	46
Figura 3.22: Análisis del factor de seguridad en la manivela	46
Figura 3.23: Análisis del factor de seguridad en la biela.....	47
Figura 3.24: Análisis del factor de seguridad en el eje.....	47
Con los resultados obtenidos en el software Inventor, se demuestra que la estructura del pulmón de freno soporta la carga a la que va a estar sometida la bomba.	47
Anexo 7.1: Diseño de la bomba de diafragma en Inventor.....	70
Anexo 7.2: Simulación en el software Inventor	70

Anexo 7.: Diseño del sistema de transmisión Biela manivela	70
Anexo 7.4: Simulación en el software	71
Anexo 7.8: Ensamble de la bomba de diafragma al sistema de transmisión.....	71
Anexo 7.5: Bomba de diafragma	72
Anexo 7.6: Fuerza de oposición del diafragma en relación al desplazamiento	72
Anexo 7.7: Sistema de transmisión Biela-Manivela	73
Anexo 7.9: Ensamble del sistema de bombeo a la rueda hidráulica	73
Anexo 7.10: Ensamble del sistema hidroneumático a la bomba	74
Anexo 7.11: Sistema de bombeo	74
Anexo 7.12: Instalación en el caudal del Rio.....	74
Anexo 7.13: Pruebas de salida de agua.....	75

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas.

Autores:

Aguirre Buñay Stalin David
Rios Jiménez Jonathan Javier

RESUMEN

La finalidad de la presente tesis fue diseñar y fabricar un prototipo de bomba de diafragma que se acopló a una rueda hidráulica de ocho palas para poner en funcionamiento un sistema de bombeo. Este sistema beneficia tanto a los estudiantes como a la comunidad cercana al sector de Santa Lucía. Para el diseño de la bomba de diafragma, se consideró una rueda hidráulica ubicada en el río Illuchi, que proporciona 10 revoluciones por minuto y un torque de 75,6 Nm, y que activa el mecanismo biela-manivela. La instalación hidráulica, compuesta por tubos de PVC, comienza en la parte de succión, donde está conectada una válvula de pie de 1", y continúa en la parte de descarga, donde se ha instalado una válvula check de ½". Además, se incorporó un tanque hidroneumático para estabilizar el caudal, ya que, al tratarse de una bomba volumétrica, el flujo presentaba fluctuaciones. Para el diseño y análisis de cada componente, se utilizó el software Autodesk Inventor (versión 2023), obteniendo un factor de seguridad no inferior a 1,4 y un desplazamiento máximo de 0,06 mm. Además, las pruebas realizadas demostraron un funcionamiento óptimo en el sistema de bombeo, obteniendo los siguientes resultados un caudal de 2,16 litros por minuto y una presión promedio de 117,37 kPa a una altura de doce metros. Dado que la riobomba utiliza energía hidráulica, el enfoque de la tesis presentada no genera impacto ambiental. El costo para la fabricación del sistema fue de 610 USD, y se espera que esta inversión se recupere a lo largo del tiempo debido a su prolongada durabilidad y bajo costo de mantenimiento.

Palabras clave: Diafragma, prototipo, mecanismo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

THEME: DESIGN AND MANUFACTURE OF A PROTOTYPE OF A DOUBLE-ACTING DIAPHRAGM PUMP, DRIVEN BY AN EIGHT-BLADE WATER WHEEL.

Authors: Aguirre Buñay Stalin David

Rios Jiménez Jonathan Javier

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to design and manufacture a prototype diaphragm pump that was coupled to an eight-blade water wheel to operate a pumping system. This system benefits both the students and the community near the Santa Lucia sector. For the design of the diaphragm pump, a water wheel located in the Illuchi River was considered, which provides 10 revolutions per minute and a torque of 75.6 Nm, and activates the connecting rod-crank mechanism. The hydraulic installation, composed of PVC pipes, starts at the suction side, where a 1"foot valve is connected, and continues at the discharge side, where a ½" check valve has been installed. In addition, a hydropneumatics tank was incorporated to stabilize the flow, since, being a volumetric pump, the flow presented fluctuations. For the design and analysis of each component, Autodesk Inventor software (version 2023) was used, obtaining a safety factor of no less than 1.4 and a maximum displacement of 0.06 mm. In addition, the tests carried out showed optimum operation of the pumping system, obtaining the following results: a flow rate of 2.16 liters per minute and an average pressure of 117.37 kPa at a height of twelve meters. Since the Rio-pump uses hydraulic energy, the approach of the presented thesis does not generate environmental impact. The cost for the manufacture of the system was 610 USD, and it is expected that this investment will be recovered over time due to its long durability and low maintenance cost.

KEYWORDS: Diaphragm, prototype, mechanism.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de investigación cuyo título versa: **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BOMBA DIAFRAGMA DE DOBLE EFECTO, ACCIONADA POR RUEDA HIDRÁULICA DE OCHO PALAS.”** presentado por: **Aguirre Buñay Stalin David y Rios Jiménez Jonathan Javier** egresados de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,


MSc. Alison Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0501801252



CENTRO
DE IDIOMAS

viv

INFORMACIÓN GENERAL

Título: Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas.

Fecha de inicio: Abril 2023

Fecha de finalización: Agosto 2023

Lugar de ejecución: Santa Lucia de Pusuchisi, cantón
Latacunga, provincia de Cotopaxi,
Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y
Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Equipo de Trabajo:

Tutor: **PhD.** Laurencio Alfonso Héctor Luis

Celular: 0998978168

Cédula de Ciudadanía: 175836725-2

Correo electrónico: hector.laurencio@utc.edu.ec

Ponente uno del proyecto:

Nombre: Stalin David Aguirre Buñay

Cédula de Ciudadanía: 0606252831

Correo electrónico: stalin.aguirre2831@utc.edu.ec

Ponente dos del proyecto:

Nombre: Jonathan Javier Rios Jiménez

Cédula de Ciudadanía: 055015280-5

Correo electrónico: Jonathan.rios2805@utc.edu.ec

Área de Conocimiento: 07-Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación: 071-Ingeniería y Profesiones Afines

Sub líneas de investigación de la Carrera: De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, línea 6: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental. El proyecto está inmerso en el diseño y fabricación de un prototipo de bomba de diafragma para el bombeo de agua en el sector de Santa Lucia de Pusuchisí.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de grado “Diseño e implementación de riobomba en el sector de Santa Lucía de Pusuchisí” enfrentó dificultades en su funcionamiento debido a la implementación de una bomba de barril, la cual no resultó adecuada para ser accionada por la rueda hidráulica con una velocidad de rotación de 10 revoluciones por minuto (rpm) y una potencia de 50 vatios (W). Para dar solución a la problemática el enfoque principal de este trabajo recae en el "Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto accionada por rueda Hidráulica de ocho palas". Este mecanismo, tanto ecológico como eficiente, aprovecha el flujo de agua proporcionado por el río Illuchi como su única fuente de energía para abastecer de agua al sector.

A lo largo de este documento, se profundiza en los fundamentos teóricos que subyacen al diseño de la bomba de diafragma, se analiza los desafíos particulares y se propone dar soluciones para adecuarla a la rueda hidráulica. Además, se describen minuciosamente los aspectos del proceso de fabricación del prototipo, y se exponen los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en campo para evaluar su eficiencia y desempeño.

No obstante, este estudio trasciende la mera innovación tecnológica, ya que abraza la rentabilidad al emplear materiales reciclados que se ajusten a las especificaciones de diseño. Esta elección contribuye significativamente a la disminución de costos, consolidando aún más la viabilidad del proyecto en términos económicos.

1.1 EL PROBLEMA

1.1.1 Planteamiento del problema

El proyecto de grado "Diseño e implementación de una riobomba en el sector de Santa Lucía de Pusuchisi" enfrentó dificultades en su operatividad. Se implementó una bomba de barril que resultó inapropiada para accionar la rueda hidráulica.

Mediante un diseño adecuado de una bomba hidráulica de diafragma que pueda acoplarse a esta rueda hidráulica y aprovechando los niveles de potencia generados por el río, se busca poner en marcha el sistema de bombeo.

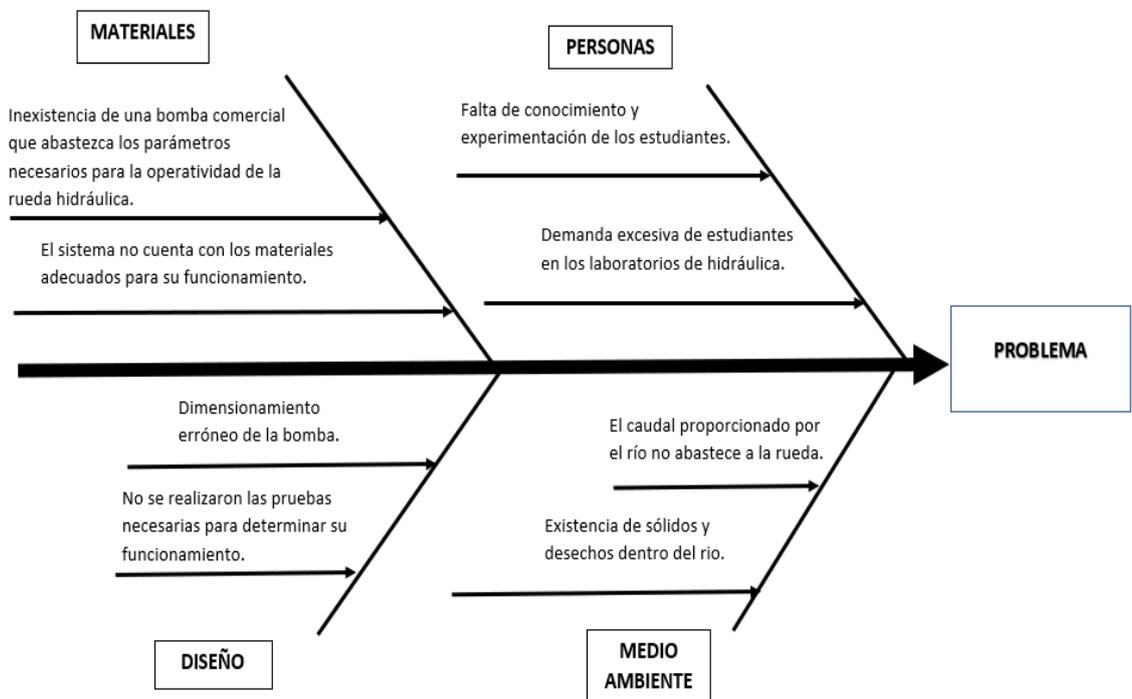


Figura 1.1 Diagrama de Ishikawa

1.1.2 Formulación del problema

Deficiente operación mecánica e hidráulica de la bomba de paletas acoplada al sistema de riobomba de 8 palas.

1.2 BENEFICIARIOS

El presente proyecto beneficiará tanto a la comunidad que formará parte de este sistema como a los estudiantes de las carreras de ingeniería electromecánica e hidráulica, quienes llevarán a cabo pruebas para evaluar el comportamiento de este recurso hídrico. Asimismo, se encargarán de analizar el funcionamiento del sistema de bombeo, el cual ha sido diseñado específicamente para aprovechar las fuentes naturales presentes en diversos sectores, como se detalla en la Tabla 1.1 que se presenta a continuación:

Tabla 1.1 Beneficiarios directos e indirectos

Beneficiarios Directos	Los beneficiarios de manera directa será la población del Sector Santa Lucia de Pusuchisi, quienes, podrán aprovechar el bombeo de agua generada por la rueda hidráulica y la bomba de diafragma.
Beneficiarios Indirectos	Los beneficiarios de manera indirecta son estudiantes y técnicos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en el campo de la ingeniería electromecánica e ingeniería hidráulica que pueden aprovechar los enfoques metodológicos y resultados de la investigación para su formación.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El problema que se abordará en esta investigación radica en la ausencia de una solución efectiva que integre la velocidad y el torque proporcionados por una rueda hidráulica con el funcionamiento de una bomba de diafragma.

El diseño de una bomba de diafragma con la capacidad de funcionar a bajas revoluciones, elevado torque y con la capacidad de succionar agua directamente del río ofrece una solución única y eficaz. Esto no solo garantiza el bombeo de agua con impurezas, sino que también brinda una herramienta valiosa para las comunidades ganaderas y agrícolas en la zona.

La integración de la rueda hidráulica y la bomba de diafragma de doble efecto no solo resuelve un problema práctico, sino que también abre nuevas posibilidades para futuras investigaciones

y desarrollos en el ámbito de las energías renovables y la ingeniería hidráulica.

Además, esta propuesta tecnológica tiene el potencial de beneficiar directamente a la educación y formación de los estudiantes de ingeniería electromecánica e ingeniería hidráulica. La oportunidad de trabajar con un prototipo funcional en un entorno realista les brindará una experiencia única y valiosa en la aplicación de teorías y conceptos aprendidos en el aula.

El diseño innovador de adaptar un pulmón de freno para funcionar como bomba de diafragma representa una solución creativa y eficiente para este problema específico. Esta adaptación demuestra la capacidad de encontrar soluciones ingeniosas utilizando recursos disponibles y abre el camino para nuevas aplicaciones de tecnologías existentes en diferentes contextos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Construir un prototipo de bomba diafragma accionada por rueda hidráulica de ocho palas mediante un sistema de transmisión biela-manivela en el Sector Santa Lucia de Pusuchisi.

1.4.2 Objetivos Específicos

- 1) Analizar información sobre diseño y construcción de bombas de diafragma aplicables para bombeo de agua.
- 2) Desarrollar el diseño de la bomba de diafragma que pueda ser accionada por valores de velocidad y torque otorgadas por la rueda hidráulica.
- 3) Simular la resistencia mecánica de la bomba utilizando software CAD, CAE.
- 4) Realizar el ensamble y prueba del funcionamiento de la bomba utilizando componentes previamente calculados.

1.5 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDAD TAREAS	RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACION
OBJETIVO 1	Estudio del principio de funcionamiento, ventajas, desventajas, rendimiento y diseño de bombas de diafragma mediante la recopilación de información.	-Demostración de factibilidad de la bomba de diafragma a comparación de otras. -Conocimiento de características y fórmulas para el diseño de la bomba de diafragma.	Fichas bibliográficas e investigación experimental.
OBJETIVO 2	-Utilización de bancos de pruebas necesarios para determinar valores de torque y velocidad. -Metodología de cálculo para posterior dimensionamiento y maquinado de cada pieza.	-Especificaciones de funcionamiento de la bomba. -Dimensionamiento de la bomba.	-Resultados y dimensiones de la riobomba.
OBJETIVO 3	-Simulación del ensamble de cada mecanismo y estudio de fuerzas en software CAD, CAE.	-Correcto funcionamiento del sistema. -Verificación de fuerzas tolerables para el sistema	- Planos de la bomba. -Gráficas de simulaciones. -Estadísticas de fueras y tensión.
OBJETIVO 4	-Construcción de la bomba en base al diseño realizado para verificación de un óptimo funcionamiento.	-Implementación y valoración de la bomba de diafragma de acuerdo a su diseño.	-Pruebas de campo en tiempo real.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.6 ANTECEDENTES

Analizando las investigaciones previas, las cuales permiten el desarrollo del presente proyecto se puede mencionar:

En este capítulo, se busca destacar la importancia vital del agua como recurso fundamental para mantener la vida tanto de seres humanos como de otros organismos. El agua no solo es esencial para el consumo directo, sino que también desempeña un papel crucial en la producción y generación de otros recursos, incluida la producción ganadera. Este sector productivo tiene una gran relevancia a nivel mundial y se destaca como una de las industrias más productivas y fructíferas en la actualidad. [1].

La cantidad total de agua en la Tierra es relativamente baja, lo que implica que no toda está disponible para el consumo humano. El agua potable, conocida como agua dulce, constituye solo una pequeña fracción del total, y su proporción en la Tierra es mucho menor que la presente en los océanos. Gran parte de esta agua dulce se encuentra en estado sólido en los polos y también se halla bajo tierra, lo que la convierte en un recurso no renovable. Dado que es esencial para la vida, el término "líquido vital" para referirse al agua dulce es literalmente acertado. [2].

En relación a la implementación de un sistema antiguo pero innovadora, Ivonne Plata Ortega plantea que la energía hidráulica se obtiene al aprovechar la energía cinética y potencial de un río, cascada o corriente de marea. Esta forma de energía puede ser transformada a diferentes escalas. A lo largo de los siglos, se han utilizado pequeñas estructuras en las que las corrientes de los ríos mueven rotores de palas, generando movimiento que se utiliza en fábricas rurales. Aunque la energía hidráulica no se considera una forma de energía verde debido a su impacto ambiental significativo, en comparación con otros métodos de generación, como el uso de equipos convencionales, la rueda hidráulica se destaca como la opción más productiva y amigable con el medio ambiente. Esto se debe a que el agua utilizada para mover las ruedas hidráulicas regresa al cauce natural, siendo un recurso 100% aprovechable [3].

En nuestro país, la implementación de proyectos de gran magnitud, como las centrales hidroeléctricas, ha demostrado ser altamente lucrativa gracias a las abundantes fuentes de energía hídrica disponibles. Estas fuentes poseen características que permiten un acceso y

aprovechamiento sencillo y efectivo. No obstante, la disponibilidad de agua local resulta insuficiente debido a los costos elevados y las dificultades asociadas al transporte de equipos de bombeo, incluyendo bombas eléctricas y de combustión interna. Por esta razón, se están explorando diversas alternativas para obtener este recurso, lo que ha llevado al resurgimiento de una tecnología antigua creada por Filón de Bizancio en el siglo III a.C. Esta tecnología ha demostrado ser exitosa en varias partes del mundo, gracias a su fácil fabricación, bajo costo y su naturaleza respetuosa con el medio ambiente, que es una característica de suma importancia.

La humanidad ha experimentado la necesidad de proveer agua a diferentes lugares, como viviendas y zonas de riego. Esto ha impulsado la búsqueda de un método de transporte hídrico que sea fácil, económico y altamente eficiente, especialmente en las áreas rurales. El desconocimiento de sistemas amigables y versátiles puede llevar a la contaminación y a incurrir en gastos innecesarios [3].

Luis Heredia, en su proyecto de titulación, concluye que las ruedas hidráulicas representan una alternativa altamente efectiva, sencilla, confiable y respetuosa con el medio ambiente para la generación de energía, tanto mecánica como eléctrica. Estas ruedas utilizan agua en movimiento como fuente de energía y se destacan por no generar desperdicios significativos en el proceso de transferencia energética. Además, no se requieren extensos trabajos de ingeniería civil para poner en funcionamiento las ruedas hidráulicas, ya que cada sistema o rueda se diseña de manera específica para adaptarse a las necesidades del sector. Es esencial tener en cuenta que no todas las corrientes de agua tienen pendientes pronunciadas. Por tanto, es necesario evaluar el uso de ruedas hidráulicas para generar energía en corrientes de agua donde tanto la entrada como la salida del caudal y la turbina se encuentren a una altura "igual". A estas turbinas se les denomina turbinas de corriente libre [4].

Por otra parte, Max Torres señala que el incremento gradual en la demanda de agua potable por parte de la población, así como de las tierras agrícolas y el sector ganadero con sistemas de riego, ha llevado a una escasez de recursos hídricos para satisfacer las necesidades de todos los usuarios. Con esto en mente, se ha desarrollado un sistema alternativo con el objetivo de abordar estas necesidades. En varios casos, los enfoques convencionales establecidos no se adaptan adecuadamente a las condiciones topográficas, hidrogeológicas, climáticas, económicas y sociales de las áreas rurales, lo que dificulta satisfacer sus necesidades. A pesar de los avances realizados, las comunidades rurales continúan enfrentando declive, especialmente en regiones

como el Altiplano Central, el Oriente y en nuestro país existen ciertos sectores, la escasez de agua es un problema significativo, pero estos enfoques y modelos proporcionan soluciones para cubrir las necesidades fundamentales de saneamiento y suministro de agua de manera segura, económica y altamente factible, tal como se explicó anteriormente [5].

Es importante considerar que en ciertas provincias hay áreas donde la falta de agua superficial es un problema, a pesar de que se encuentran sobre posibles acuíferos que no son utilizados adecuadamente. Esto se debe a la falta de acceso a energía eléctrica, equipos de succión o maquinaria adecuada, lo que impide el abastecimiento de agua y afecta negativamente la situación económica de dichas zonas. Debido al elevado costo de estos equipos, su adquisición se vuelve complicada. Para abordar esta situación, se ha considerado como la mejor opción la implementación de ruedas hidráulicas. Estas ruedas, mediante el uso de tecnologías sencillas, podrían ser aprovechadas para satisfacer algunas necesidades esenciales, como alimentación, riego y producción [1].

1.6.1 Planeamiento

Las bombas de diafragma son un tipo de bomba utilizada para mover fluidos, como líquidos o gases, mediante la acción de un diafragma flexible que se mueve hacia adelante y hacia atrás como se puede observar en la figura 2.1. Estas bombas son conocidas por su diseño simple y versatilidad en diversas aplicaciones industriales y comerciales [6].



Figura 2.1: bomba de diafragma [6].

El funcionamiento básico de una bomba de diafragma implica un diafragma flexible que se estira y se comprime dentro de una cámara. El movimiento del diafragma crea una diferencia de presión en la cámara, lo que permite la entrada y salida del fluido a través de válvulas de admisión y escape como se muestra en la figura 2.2. Estas válvulas aseguran que el fluido fluya en la dirección deseada y evita retrocesos no deseados.

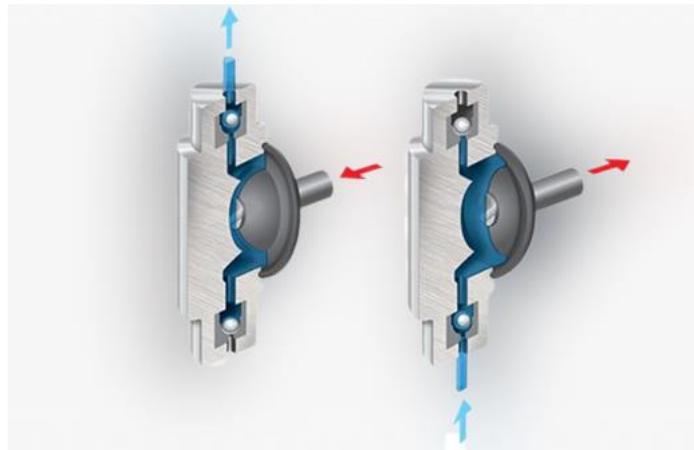


Figura 2.2: funcionamiento bomba de diafragma.

La idea de utilizar un diafragma flexible para bombear líquidos se remonta a la antigüedad, donde se usaban pieles de animales o bolsas de cuero para este propósito. Sin embargo, el diseño moderno de la bomba de diafragma se atribuye a Robert L. Blackmer, quien patentó una bomba de diafragma en 1906.

Los diafragmas pueden estar hechos de diferentes materiales según la aplicación y el tipo de fluido que se bombea. Los materiales comunes incluyen caucho, neopreno, teflón, Santoprene y Viton, entre otros.

Las bombas de diafragma son versátiles y se utilizan en una variedad de industrias, incluyendo química, petróleo y gas, agricultura, alimentos y bebidas, tratamiento de aguas, industria farmacéutica, y más. También se utilizan en aplicaciones comerciales y residenciales, como bombas de achique o bombas de jardín [7].

Algunas de las ventajas de las bombas de diafragma incluyen la capacidad de manejar líquidos viscosos, sólidos suspendidos y productos químicos agresivos. También pueden funcionar en seco durante cortos períodos y proporcionan un control preciso del flujo.

Aunque son robustas y adecuadas para una amplia gama de aplicaciones, las bombas de diafragma pueden tener un flujo más bajo en comparación con otros tipos de bombas y pueden ser susceptibles a desgaste y fatiga en el diafragma debido a la acción repetitiva de bombeo. A lo largo de los años, ha habido desarrollos significativos en el diseño y la tecnología de las bombas de diafragma, lo que ha llevado a mejoras en la eficiencia, durabilidad y confiabilidad [7].

1.7 MARCO REFERENCIAL

1.7.1 Uso del recurso hídrico en el sector agropecuario

El agua ha estado intrínsecamente vinculada a la agricultura y al desarrollo de la civilización desde tiempos remotos. Todas las culturas han evolucionado en torno al agua a lo largo de la historia. En la actualidad, y aún más en el futuro, el bienestar de nuestras sociedades depende de nuestra capacidad para resolver los desafíos asociados con la insuficiente y desigual disponibilidad de agua, así como la contaminación de los mantos freáticos y fuentes de agua superficial.

En todo el mundo, el volumen total de agua alcanza los 1386 millones de kilómetros cúbicos. Sin embargo, el uno por ciento de esta cantidad corresponde a agua dulce. La agricultura es el sector que consume la mayor proporción de agua dulce, representando más de las dos terceras partes de su uso. No obstante, debido al crecimiento de la población, la urbanización, la expansión agrícola, la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas y la contaminación de las fuentes de agua, el recurso de agua dulce en general, y el agua para uso agrícola en particular, se han vuelto cada vez más escasos y demandados. Esto ha convertido el acceso al agua en un asunto estratégico crucial para garantizar la seguridad alimentaria [8].

1.7.2 Tipos de fuentes de energías renovables

Las energías renovables son recursos limpios y prácticamente inagotables que provienen de diversas fuentes naturales. Estas energías pueden clasificarse de manera general en energía eléctrica, energía térmica y biocombustibles, según el tipo de energía final que se obtiene de ellas.

Hay una variedad de fuentes de energía renovable que se basan en diferentes recursos naturales para producir electricidad.

- Hidráulica
- Solar Fotovoltaica
- Solar Térmica
- Solar Termoeléctrica
- Biocarburantes
- Biomasa
- Eólica
- Geotérmica de Alta Entalpía
- Geotérmica de Baja Entalpía
- Marina [9].

1.7.3 Ventajas y desventajas de las energías renovables

Las energías renovables no producen CO₂ ni otros gases que puedan contaminar la atmósfera, lo que permite reducir el efecto invernadero y disminuir la contaminación ambiental.

Además, no se generarán residuos complejos, como ocurre con la energía nuclear.

Por otro lado, estas energías renovables no son siempre constantes. La mayoría de estas fuentes experimentan fluctuaciones que dependen de las condiciones climáticas. Si las condiciones no son favorables, no se generará energía, lo que puede ser un factor desventajoso en el uso de estas fuentes alternativas.

Los parques eólicos y los sistemas solares, entre otros, necesitan amplias áreas para producir una cantidad significativa de energía, lo cual también puede tener impactos visuales. Además,

la construcción de una planta de energía renovable y la implementación del proyecto conllevan altos costos económicos en la actualidad [10].

1.7.4 BOMBAS HIDRÁULICAS.

Una bomba hidráulica es un dispositivo que utiliza un fluido incompresible para transformar la energía mecánica en energía hidráulica. Existen varios tipos de bombas, pero este documento se enfoca en las bombas volumétricas, las cuales operan a caudales bajos y altas presiones, lo que las hace ideales para ser acopladas a ruedas hidráulicas.

La función principal de una bomba es transferir energía a un líquido para facilitar su transporte a través de una instalación. Como resultado, suele haber un aumento de la presión en la salida de la bomba, que se puede representar en una curva característica relacionada con el caudal que se transporta. Esta curva es específica para cada bomba y depende de factores como su diseño, principio de funcionamiento, tamaño, método de accionamiento, entre otros [11].

La conversión de energía ocurre en dos fases: succión y descarga.

1.7.5 PROCESO DE SUCCIÓN

El proceso de succión se inicia al transferir energía mecánica hacia la bomba, la cual comienza a girar y genera una disminución de presión en su entrada. Debido a que el depósito de líquido hidráulico se encuentra presurizado a la presión atmosférica, se establece una disparidad de presión que ocasiona la aspiración del líquido hidráulico hacia la entrada de la bomba y, por ende, el impulso del fluido hidráulico.

1.7.6 Proceso de descarga

Cuando el fluido hidráulico entra, la bomba ha sido diseñada para elevarlo en dirección a la salida, impidiendo cualquier retroceso del fluido. En consecuencia, el fluido se dirige necesariamente hacia las áreas vacías del sistema y se dirige hacia la salida.

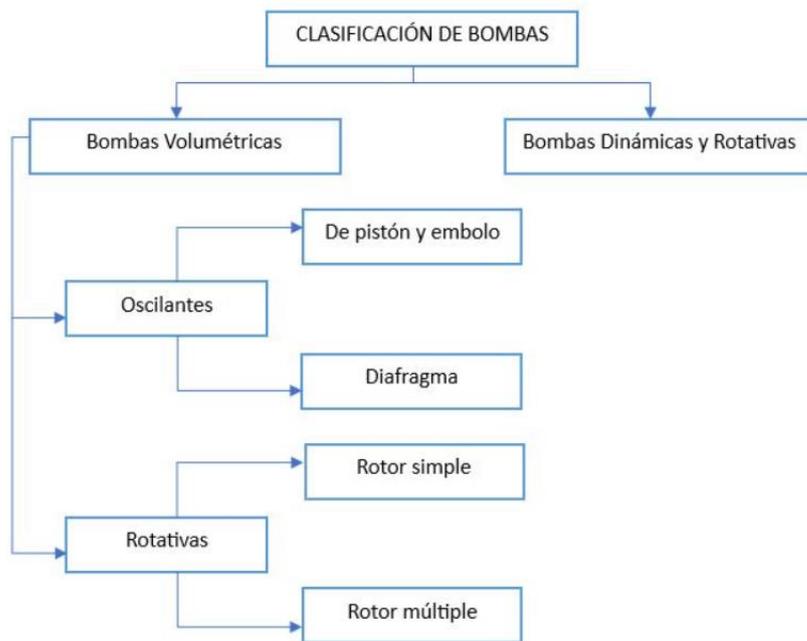


Figura 2.3: Clasificación de bombas hidráulicas

Otra posible clasificación:

1.7.7 Bombas de caudal constante:

son aquellas en las que el caudal de salida es proporcional al régimen de giro de la bomba, lo que significa que la cantidad de líquido desplazado por cada revolución es fija. Estas máquinas no tienen en cuenta las demandas de presión del sistema, por lo que se requiere un medio para redirigir el caudal excedente. Un ejemplo de bomba de caudal constante es la bomba de engranajes.

1.7.8 Bombas de caudal variable:

son aquellas en las que el caudal de salida no depende de la velocidad de la bomba, lo que significa que la cantidad de líquido desplazado por cada revolución puede variar. En este caso, el caudal desplazado se ajusta a las necesidades del sistema. Las bombas de paletas y pistones pueden ser tanto de caudal constante como de caudal variable.

En la tabla 2.1, se presentan las características más destacadas de las bombas hidráulicas:

Tabla 2.1: Comparación de las propiedades generales de las bombas

PARÁMETRO	BOMBAS VOLUMÉTRICAS	BOMBAS DINÁMICAS
Altura de elevación	Media y alta	Baja y media
Capacidad (gasto)	Poco	Medio y grande
Auto succión	Buena	Falta (con excepción de bombas especiales de auto succión)
Velocidad (giros)	Baja	Media y alta
Peso de maquina por capacidad	Grande	Pequeño
Capacidad para transportar líquidos con partículas solidas	Limitada	Buena
Costos de mantenimiento	Altos	Bajos
Ruido producido	Mayor	Menor
Costo de maquina por unidad de potencia	Alto	Bajo
Tiempo de trabajo sin mantenimiento	Corto	Largo

1.8 SELECCIÓN DE BOMBA

Se elige una bomba volumétrica de la clasificación de bombas hidráulicas, y se ha decidido que el diseño y fabricación será para una bomba de diafragma.

1.8.1 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO O VOLUMÉTRICAS.

Las bombas volumétricas son máquinas que se emplean para transportar fluidos, ya sean líquidos o gases, mediante el desplazamiento de un volumen fijo en cada ciclo de funcionamiento. Estas bombas operan al desplazar y transferir un volumen específico de fluido desde la entrada hasta la salida del sistema.

En una bomba volumétrica, el fluido es atraído hacia la entrada debido a la depresión creada en la línea de aspiración como resultado del movimiento del mecanismo interno. Este mecanismo, que puede estar compuesto por engranajes, paletas o pistones dependiendo del tipo de bomba, se encarga de transportar el fluido desde la brida de aspiración hasta la brida de impulsión. La presión en la salida de la bomba se genera al introducir un fluido prácticamente incompresible en un sistema de capacidad finita y se propaga a través de este para realizar un trabajo útil.

1.8.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA VOLUMÉTRICA

El principio de operación de una bomba volumétrica se basa en el desplazamiento controlado de un volumen específico de fluido desde la entrada hasta la salida. En este proceso, se crea un sellado temporal entre las áreas de entrada y salida de la bomba, lo que permite la captura y el desplazamiento del fluido.

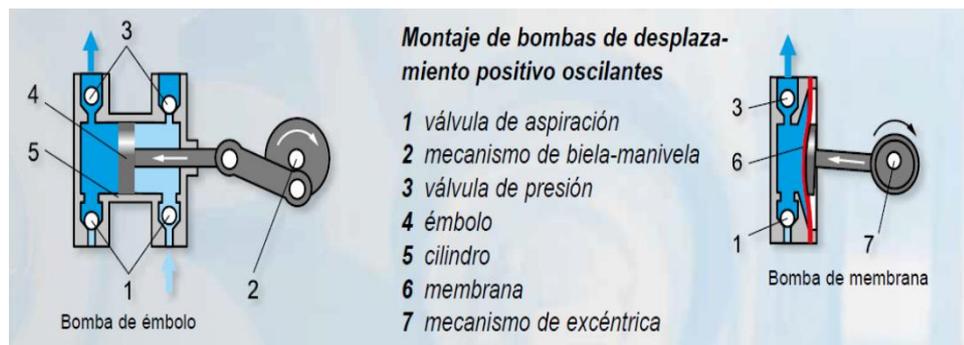


Figura 2.4: principio de funcionamiento

1.8.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS VOLUMÉTRICAS.

- La transferencia de energía se produce por el movimiento del fluido a medida que atraviesa la máquina, lo cual generalmente va acompañado de un proceso de compresión dentro o fuera de la bomba.
- En las bombas de desplazamiento positivo, el fluido circula a través de la bomba en paquetes discretos separados entre sí.
- No pueden operar contra una válvula de descarga cerrada. Se requiere una válvula de seguridad que limite la presión máxima. • El caudal de salida es directamente proporcional a las revoluciones del mecanismo de accionamiento dentro del rango de velocidades establecido por el fabricante.
- Estas bombas utilizan diferentes componentes móviles, como válvulas, ruedas dentadas, paletas, pistones, entre otros, para transportar el fluido desde la entrada hasta la salida y evitar el retroceso. La elección de los elementos depende del principio de funcionamiento de la bomba.
- El flujo de salida de estas bombas es pulsante, lo que resulta en picos de presión significativos en el sistema. La fluctuación de la presión puede generar vibraciones y ruidos, efectos que se intentan mitigar en la medida de lo posible.

- Las bombas de desplazamiento positivo tienen la capacidad de auto aspirarse. Sin embargo, su capacidad de aspiración, medida en términos de la altura de aspiración o la presión máxima en su entrada, varía según el tipo específico de bomba utilizada [12].

1.8.4 TIPOS DE BOMBAS VOLUMÉTRICAS.

Las bombas de desplazamiento positivo pueden ser, según su principio de funcionamiento, oscilantes y rotativas. Las bombas de tipología oscilante están formadas por uno o varios pistones en movimiento alternativo y diversas válvulas de aspiración e impulsión, mientras que las rotativas contienen un mecanismo en rotación encargado de transportar el fluido de la aspiración a la impulsión.

En efecto, existen varios tipos de bombas volumétricas, cada una diseñada para manejar diferentes tipos de fluidos y requisitos de flujo. Algunos de los tipos más comunes incluyen:

- **Bombas de pistón:** estas bombas utilizan un pistón para crear un ciclo de succión y descarga, moviendo el fluido a través de la tubería. Son ideales para fluidos viscosos y de alta densidad, y se utilizan comúnmente en aplicaciones de petróleo y gas.
- **Bombas de rotor:** estas bombas utilizan un rotor y un estator para mover el fluido, y son ideales para líquidos de baja viscosidad. Se utilizan comúnmente en aplicaciones de alimentos y bebidas, así como en sistemas de tratamiento de agua.
- **Bombas de diafragma:** estas bombas utilizan un diafragma para crear un ciclo de succión y descarga, moviendo el fluido a través de la tubería. Son ideales para fluidos con partículas sólidas o abrasivos, y se utilizan comúnmente en aplicaciones de procesamiento químico y minería.
- **Bombas de tornillo:** estas bombas utilizan un tornillo para mover el fluido a través de la tubería, y son ideales para fluidos de alta viscosidad. Se utilizan comúnmente en aplicaciones de producción de alimentos y productos químicos [13].

1.8.5 LAS BOMBAS VOLUMÉTRICAS OSCILANTES.

Las bombas oscilantes pueden ser bombas de émbolo o de diafragma. El primero consta de un cilindro en el que se encuentra un émbolo que se mueve hacia adelante y hacia atrás mediante un mecanismo de accionamiento.

Cuando el émbolo se mueve hacia adelante, crea un vacío en la parte posterior del cilindro, lo que permite que el fluido sea aspirado a través de una válvula de entrada. A medida que el émbolo se mueve hacia atrás, la válvula de entrada se cierra y la válvula de salida se abre, lo que permite que el fluido sea expulsado del cilindro.

Una bomba oscilante de diafragma utiliza un accionamiento similar al de émbolo con un movimiento lineal, usando un diafragma flexible para transportar fluido.

El diafragma separa una cámara de bombeo en dos secciones: una sección de succión y una sección de descarga. Cuando el diafragma se mueve hacia adelante, se crea un vacío en la sección de succión, lo que permite que el fluido sea aspirado a través de una válvula de entrada. A medida que el diafragma se mueve hacia atrás, la válvula de entrada se cierra y la válvula de salida se abre, lo que permite que el fluido sea expulsado de la sección de descarga.

El ciclo de aspiración y expulsión se repite mientras el mecanismo de accionamiento continúa moviendo el diafragma. Al igual que con las bombas oscilantes de émbolo, las características y el diseño exacto de una bomba oscilante de diafragma pueden variar según la aplicación y los requisitos específicos [14].

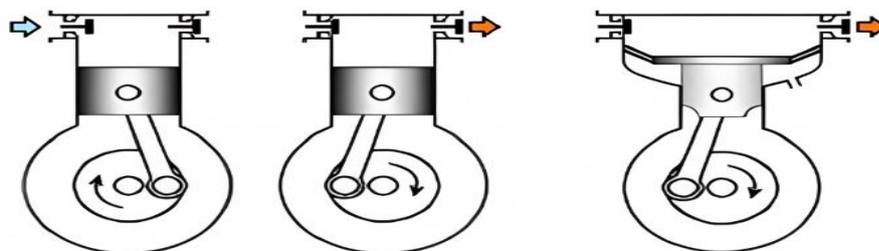


Figura 2.5: Bombas oscilantes de émbolo (izquierda) y de membrana (derecha)

1.8.6 VENTAJAS DE LAS BOMBAS OSCILANTES DE DIAFRAGMA.

Las bombas de diafragma ofrecen varias ventajas en comparación a otro tipo de bombas.

- **Versatilidad en el bombeo de diferentes fluidos:** El diafragma flexible proporciona una barrera hermética entre el fluido y los componentes internos de la bomba, lo que permite el bombeo de líquidos sensibles o agresivos sin riesgo de contaminación o daños.
- **Capacidad de manejo de sólidos y partículas:** Gracias a su diseño de diafragma flexible, estas bombas pueden manejar sólidos y partículas suspendidas en el fluido (lodos, pulpas o fluidos con partículas abrasivas) sin obstrucciones ni daños en los componentes internos.
- **Funcionamiento en seco:** Pueden operar incluso cuando no hay fluido disponible, sin necesidad de un sistema de lubricación adicional. Esta característica es particularmente útil en aplicaciones donde la disponibilidad de fluido es intermitente o puede haber riesgo de operar en condiciones de baja carga.
- **Autocebado:** Pueden aspirar el fluido por succión sin necesidad de cebado previo. Esto las hace útiles en aplicaciones donde es necesario arrancar la bomba en condiciones de succión o cuando se necesita superar una altura de succión considerable.
- **Control y dosificación precisos:** La velocidad de bombeo se puede ajustar mediante cambios en la velocidad de accionamiento, lo que permite una regulación precisa del caudal requerido en la aplicación.
- **Bajo mantenimiento:** Estas bombas tienden a tener una construcción simple y menos componentes móviles en comparación con otros tipos de bombas. Esto reduce los costos y la necesidad de mantenimiento regular. Además, los diafragmas y las válvulas de las bombas de diafragma son piezas de desgaste que pueden reemplazarse fácilmente, lo que prolonga la vida útil de la bomba [7].

1.8.7 Partes de la bomba de diafragma

Una bomba de diafragma consta de varias partes esenciales que trabajan en conjunto para lograr su funcionamiento. Estas partes pueden variar en diseño y configuración según el fabricante y el tipo de bomba, pero en términos generales, aquí están las partes principales de una bomba de diafragma:

- **Cuerpo de la bomba:** Es la estructura principal que alberga todos los componentes internos y proporciona el soporte para el funcionamiento de la bomba.
- **Diafragma:** Es una membrana flexible que se mueve hacia adelante y hacia atrás para aspirar y expulsar el fluido. El diafragma separa la cámara de fluido de la cámara de accionamiento y es impulsado por un mecanismo externo.
- **Cámara de fluido de entrada:** Esta es la parte donde el fluido entra en la bomba desde la fuente externa.
- **Válvulas de entrada y salida:** Estas válvulas controlan el flujo de fluido en la cámara de fluido de entrada y de salida. Se abren y cierran en sincronía con el movimiento del diafragma para permitir la entrada y salida de fluido en el momento adecuado.
- **Cámara de fluido de salida:** En esta cámara, el fluido es expulsado de la bomba hacia el destino deseado.
- **Cámara de accionamiento:** Es donde se encuentra el mecanismo que impulsa el movimiento del diafragma. Puede ser un motor eléctrico, un motor neumático, un sistema hidráulico u otro tipo de sistema de accionamiento.
- **Conexiones de entrada y salida:** Estas son las conexiones donde se conectan las tuberías de entrada y salida de fluido.
- **Mecanismo de control y regulación:** Algunas bombas de diafragma pueden tener dispositivos de control y regulación que ajustan la velocidad y el flujo del fluido según sea necesario.
- **Válvulas de aire o purga:** En algunas bombas, especialmente las de doble diafragma, puede haber válvulas de aire o de purga para asegurarse de que no se acumule aire en el sistema y afecte el rendimiento.

1.9 SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

Los sistemas de transmisión son componentes clave en maquinaria y vehículos que permiten la transferencia de potencia desde una fuente de energía, como un motor, a los diferentes componentes que requieren movimiento. Estos sistemas están diseñados para transmitir y regular la velocidad y el par motor de manera eficiente.

1.9.1 TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSMISIÓN.

- Transmisión mecánica: se refiere a los sistemas utilizados para llevar la energía mecánica desde una máquina o elemento impulsor hacia los componentes de trabajo de otra máquina. Estos sistemas pueden modificar las velocidades, fuerzas y momentos involucrados en el proceso, e incluso cambiar la naturaleza y el comportamiento del movimiento.
- Transmisión hidrostática: Es un método que emplea fluidos a presión para transferir la potencia. Se compone de una bomba hidráulica y un motor hidráulico enlazados. La bomba convierte la energía mecánica en energía hidráulica, y el motor utiliza esta energía hidráulica para generar movimiento.
- Transmisión eléctrica: la transmisión eléctrica se emplea para transferir la energía del motor eléctrico a las ruedas. En contraste con una caja de cambios mecánica, los vehículos eléctricos pueden optar por un sistema de transmisión eléctrica que ajusta la velocidad y el par motor mediante el control electrónico de los motores eléctricos individuales ubicados en cada rueda.
- Transmisión de correa: se basan en el uso de correas de transmisión, generalmente hechas de caucho, para transferir la potencia entre dos ejes. Estas correas se ajustan y tensan adecuadamente para evitar el deslizamiento y lograr una transmisión de potencia eficiente. Este tipo de transmisión es ampliamente utilizado en motores de maquinaria industrial y sistemas de transmisión en bicicletas, entre otras aplicaciones.
- Transmisión por cadena: se basan en el uso de una cadena metálica para transferir la potencia. Este tipo de transmisión es comúnmente utilizado en bicicletas y motocicletas, donde la cadena conecta el plato de cadena en el eje del pedal con el piñón de la rueda trasera, permitiendo así que la potencia generada por el ciclista se transmita eficientemente a las ruedas [15].

1.9.2 MECANISMO BIELA MANIVELA

El sistema biela manivela es un mecanismo utilizado para convertir el movimiento lineal en movimiento rotacional o viceversa. Este sistema consta de una biela y una manivela que están conectadas por un pasador o eje. La biela es una barra rígida que se mueve en línea recta, mientras que la manivela es un brazo que gira alrededor de un punto fijo.

El funcionamiento de este sistema se basa en la aplicación de principios geométricos y leyes de la física. Al girar la manivela, la biela experimenta un movimiento alternativo hacia adelante y hacia atrás en una trayectoria lineal. Esto se debe a que la longitud de la biela y la posición del punto de giro de la manivela determinan la trayectoria de movimiento de la biela [16].

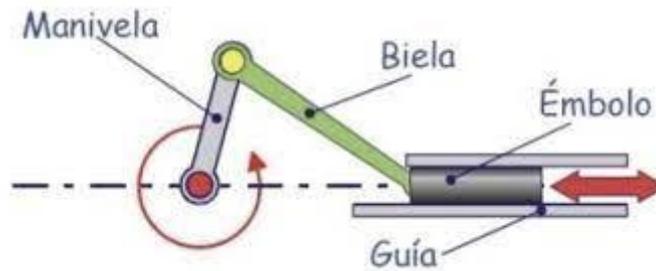


Figura 2.6: Mecanismo biela manivela

El mecanismo de biela-manivela tiene varias ventajas y desventajas en su aplicación. Aquí te presento algunas de ellas:

Ventajas:

- **Simplicidad:** El diseño del mecanismo de biela-manivela es relativamente simple, lo que facilita su fabricación y mantenimiento.
- **Transformación de movimiento:** Permite transformar el movimiento rotativo en movimiento lineal y viceversa de manera eficiente y controlada.
- **Amplia aplicación:** Se utiliza en una variedad de dispositivos y máquinas, como motores de combustión interna, máquinas herramientas, compresores y bombas, lo que demuestra su versatilidad.
- **Control de velocidad y torque:** La longitud de la manivela y la posición de la biela pueden ser ajustadas para controlar la velocidad y el torque de salida.
- **Transmisión de fuerza:** Puede transmitir fuerzas considerables con una configuración relativamente compacta.

Desventajas:

- **Movimiento limitado:** La biela tiene un movimiento lineal limitado en relación con la longitud de la manivela, lo que puede limitar su aplicación en ciertos casos donde se requieren movimientos más largos.
- **Vibraciones:** Puede generar vibraciones y fuerzas desequilibradas debido a la naturaleza de su movimiento alternativo.
- **Eficiencia en ciertos casos:** En ciertas aplicaciones, como en motores de combustión interna, el mecanismo de biela-manivela puede tener pérdidas de eficiencia debido a la fricción y a las fuerzas de inercia.
- **Espacio requerido:** En comparación con otros mecanismos, el diseño de biela-manivela puede ocupar más espacio debido a la necesidad de espacio para el movimiento lineal de la biela.
- **Complejidad en diseño de alta precisión:** En aplicaciones que requieren alta precisión, el diseño y la fabricación pueden volverse más complejos para garantizar un funcionamiento suave y preciso.

1.9.3 ELEMENTOS DEL MECANISMO BIELA-MANIVELA

- **Manivela:** Es una barra rígida que se conecta en un extremo al movimiento de giro y en el otro extremo a la biela.
- **Biela:** Es el componente del mecanismo responsable de convertir el movimiento rotatorio de la manivela en un movimiento lineal.
- **Guía:** Restringe el movimiento del émbolo y la biela, permitiendo que el movimiento del émbolo sea en línea recta.
- **Émbolo (o pistón):** Componente del mecanismo biela-manivela que realiza un movimiento oscilatorio rectilíneo, moviéndose alternativamente hacia adelante y hacia atrás [17].

1.10 VÁLVULAS CHECK

Este dispositivo es también denominado válvula antirretorno o unidireccional de agua, y su uso es común en sistemas hidráulicos. Su función principal es bloquear el flujo de un fluido, ya sea líquido o gas, que se esté moviendo en una dirección específica dentro de un circuito. Una

característica destacada de estas válvulas es su automatización, lo que significa que operan de manera eficiente sin requerir intervención manual.



Figura 2.7: Válvula check

La válvula antirretorno tiene aplicaciones en diversos sistemas industriales, como compresores de descarga, interruptores de vacío, calderas, torres de enfriamiento y líneas de inyección, entre otros. Además, también se encuentran en el ámbito doméstico, siendo utilizadas en bombas de sumidero, por ejemplo [18].

1.10.1 FUNCIONAMIENTO DE UNA VÁLVULA CHECK

Una válvula check es sensible al flujo del fluido en la tubería y su funcionamiento depende de la presión generada por el flujo. Esta válvula está equipada con un disco interno que se abre cuando el líquido pasa a través de ella y se cierra gradualmente a medida que el flujo de agua disminuye. Cuando el agua fluye en sentido contrario, la válvula check utiliza un obturador o cubierta para evitar que partículas externas como agua, aire, polvo, entre otras, ingresen al interior de una pieza, circuito o compartimiento. Los asientos de la válvula cortan el flujo para garantizar esta protección.

1.10.2 TIPOS DE VÁLVULAS CHECK O ANTIRRETORNO

Las características de una válvula antirretorno según sus tipos son las siguientes:

- **De clapeta oscilante:** en este tipo de válvula, el obturador (la clapeta) cuenta con una "bisagra" que le permite moverse libremente. Cuando el agua intenta circular en sentido contrario, la clapeta se cierra, por lo tanto, se deben instalar en posición horizontal para bloquear el flujo del fluido en la dirección no deseada.

- **De muelle:** este tipo de válvulas no dependen de la gravedad y, en cambio, utilizan un muelle que se encarga de cerrar el obturador cuando el fluido no circula en la dirección correcta.
- **Pistón:** en estas válvulas, un émbolo con un obturador se apoya en un anillo de cierre. El flujo de líquido levanta el émbolo, y al cambiar de dirección, hace que el émbolo se asiente nuevamente sobre el anillo para cerrar la válvula. Además, estas válvulas cuentan con un resorte para accionar el émbolo. Se recomienda instalarlas en posición horizontal, ya que son comúnmente utilizadas en redes de abastecimiento o en la industria. El cuerpo de estas válvulas es similar al de las válvulas de globo.
- **Retención de bola:** En este tipo de válvulas, una bola se apoya sobre el anillo de cierre y se eleva cuando el agua es extraída. Una vez finalizado el proceso, la misma bola regresa a la posición de cierre por efecto de la gravedad [19].

1.11 SISTEMA HIDRONEUMÁTICO

Los sistemas hidroneumáticos tienen como objetivo mantener una presión constante en las tuberías de agua potable en viviendas, oficinas o plantas purificadoras. Estos sistemas aseguran que el líquido fluya a la presión y flujo adecuado, sin importar la distancia a la que se encuentren los dispositivos y artefactos que requieren agua [20].

1.11.1 Teoría sobre sistemas hidroneumáticos Los sistemas hidroneumáticos

Estos sistemas se fundamentan en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando se somete a presión, y operan de la siguiente manera: El agua suministrada desde la acometida pública u otra fuente se almacena en un tanque de almacenamiento. Luego, mediante un sistema de bombeo, se impulsa hacia un recipiente a presión (cuyas dimensiones y características están calculadas según la red) que contiene volúmenes variables de agua y aire.

1.11.2 Tipos de sistemas hidroneumáticos

- **Presurizador o Hidrocell:** Es un sistema de presurización integral en forma de paquete, diseñado para garantizar un suministro de agua a presión constante en toda la red hidráulica de una vivienda.
- **Hidroneumáticos simples:** Son sistemas hidroneumáticos (agua-aire) completos, presentados en forma de paquete, que aseguran un suministro de agua a presión en toda la red hidráulica de la vivienda.
- **Hidroneumáticos múltiples:** Operan de manera similar a los sistemas hidroneumáticos simples, pero se diferencian en que utilizan dos o más bombas para generar la presión en el tanque. Estos sistemas se emplean en estructuras más grandes que necesitan una mayor presión para abastecer niveles más elevados o en aplicaciones de maquinaria industrial que requieren una presión significativamente mayor que lo habitual.

Los sistemas hidroneumáticos, que combinan fluidos hidráulicos y gases comprimidos, tienen diversas ventajas y desventajas en su aplicación. Aquí te presento algunas de ellas:

Ventajas:

- **Eficiencia de energía:** Los sistemas hidroneumáticos pueden almacenar energía en forma de fluido comprimido, lo que permite una liberación controlada y eficiente de esta energía cuando sea necesario.
- **Amortiguación y control de vibraciones:** La combinación de fluido y gas permite un mejor control de vibraciones y choques en sistemas mecánicos, lo que puede ser beneficioso en aplicaciones donde se requiere un funcionamiento suave y controlado.
- **Capacidad de almacenamiento de energía:** Los sistemas hidroneumáticos pueden actuar como acumuladores de energía, permitiendo un suministro constante en sistemas con fluctuaciones de carga.
- **Transmisión de fuerza:** Los sistemas hidroneumáticos pueden transmitir fuerzas considerables con una respuesta rápida y un control preciso.
- **Facilidad de control:** Los sistemas hidroneumáticos permiten un control más sencillo y preciso de la presión y el flujo de fluido en comparación con algunos sistemas puramente hidráulicos.

Desventajas:

- **Complejidad en el diseño:** La combinación de fluidos y gases puede aumentar la complejidad del diseño y la instalación del sistema.

- **Mantenimiento y fugas:** Los sistemas hidroneumáticos pueden ser propensos a fugas de fluido y gas, lo que requiere un mantenimiento adecuado para garantizar un funcionamiento continuo y seguro.
- **Requerimientos de espacio:** Estos sistemas pueden requerir más espacio en comparación con sistemas puramente hidráulicos o neumáticos debido a la necesidad de almacenar fluidos y gases.
- **Costos iniciales:** La implementación y el mantenimiento de sistemas hidroneumáticos pueden ser costosos debido a la necesidad de componentes especiales, como acumuladores y dispositivos de control
- **Necesidad de control preciso:** La precisión en el control de presión y flujo es esencial en los sistemas hidroneumáticos, lo que puede requerir dispositivos de control sofisticados y una mayor atención al detalle en el diseño.

1.12 MATERIAL UTILIZADO PARA LA FABRICACIÓN DE LA BOMBA DE DIAFRAGMA.

Los materiales de los que está compuesto deben tener las siguientes propiedades:

- Excelente resistencia a la corrosión.
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia a la erosión
- Alta resistencia mecánica
- Resistencia a la fatiga
- Resistencia al impacto
- Fácil mecanizado
- Durabilidad de mecanizado
- Fácil fundición
- Fácil soldadura

Seleccionar el material adecuado implica un compromiso, ya que no existe un material que posea todas las propiedades mencionadas de manera óptima. Por lo tanto, es necesario priorizar algunas propiedades a expensas de otras.

El proceso de fabricación implica la utilización de moldeo seguido de maquinado.

La resistencia a la corrosión se logra mediante la incorporación de cromo, manganeso o níquel al acero, lo que da lugar a los conocidos como Aceros inoxidables. Estos metales también mejoran la capacidad de endurecimiento y la aptitud para la soldadura.

Se obtiene una adecuada fluidez en el acero con un corto intervalo de solidificación.

Los aceros que contienen menos de 0,3% de carbono presentan facilidad para ser soldados. A pesar de esto, la resistencia mecánica se encuentra en los aceros que poseen altos porcentajes de carbono.

La incorporación de manganeso mejora la resistencia a la erosión, especialmente en situaciones donde se encuentran expuestos a impactos frecuentes debido a su operación normal. Usualmente, se emplean aceros especiales que contienen diversos materiales en su composición [21].

1.12.1 Elementos de instalación hidráulica.

- Manguera negra de presión
- Accesorios
- Acoples
- Codos

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

1.13 METODOLOGÍA PARA EL MECANIZADO DEL SISTEMA BIELA-MANIVELA

1.13.1 Selección de materiales

Para realizar la carcasa de la bomba de diafragma, se adaptó un pulmón de freno que posee características similares a una bomba de diafragma como se puede ver en la figura 3.1.



Figura 3.1: Pulmón de freno

Para seleccionar los materiales para el mecanizado, hay que tener en cuenta algunas consideraciones:

- Consideraciones dimensionales (Diseño)
- Consideraciones de resistencia mecánica
- Consideraciones de operación
- Resistencia al desgaste
- Costos y disponibilidad

Para determinar qué tipo de acero es apropiado para usar, hay distintas categorías de aceros disponibles según estándares globales.

Los aceros se categorizan en aceros básicos, aceros con aleaciones y aceros altamente aleados, en función de la cantidad de carbono y otros elementos de aleación que contienen [22].

Las propiedades que el acero debe tener, definidas por las necesidades específicas de este proyecto, abarcan:

- Capacidad para soportar cargas cíclicas sin fallos
- Ser económico y de fácil acceso, fabricación y mantenimiento
- Presentar buenas propiedades de soldabilidad
- Demostrar resistencia frente a la corrosión

Se determinó que el acero que mejor cumple dichas especificaciones es el acero AISI-SAE 1018, Este tipo de acero, con un contenido moderado de carbono, muestra una capacidad de soldadura satisfactoria y una maquinabilidad ligeramente superior en comparación con los aceros que tienen un contenido de carbono más bajo. Viene en una forma calibrada, obtenida

mediante el proceso de acabado en frío. Dado su alto nivel de tenacidad y resistencia mecánica relativamente baja, es apropiado para ser empleado en componentes de maquinaria.

Su composición química es de 0.15% - 0.20% de carbono 0,04 máximo de fósforo y 0.05 % máximo de azufre, dentro de sus propiedades mecánicas tiene una dureza 126 HB (71 HRb), un esfuerzo de fluencia 370 MPa (53700 PSI), un esfuerzo máximo 440 MPa (63800 PSI), una elongación máxima 15% (en 50mm), un módulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI) y una maquinabilidad 76% (AISI 1212 = 100%) [23].

1.14 DISEÑO DEL SISTEMA Y SUS PIEZAS

Para empezar, se realizó un plano general del sistema en el software Inventor, tal como presenta la figura 3.1.

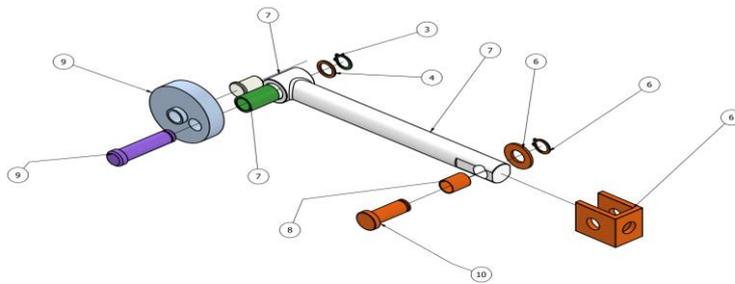


Figura 3.2: diseño general mecanismo Biela-Manivela

Las distintas piezas necesarias para poner en funcionamiento el sistema son:

Manivela: El mecanismo de la manivela es el que transmitirá el movimiento a la biela mediante un movimiento circular.

Biela: La biela es aquel mecanismo que se conecta a la manivela, el cual transforma el movimiento rotatorio a movimiento lineal.

Pasador: Mecanismo el cual se va a utilizar para unir y mantener fijas a la biela-manivela

Anillos De Retención: son piezas que no permiten a los demás mecanismos acoplados tengan un movimiento fuera su área de trabajo.

1.14.1 Mecanizado de la biela

En base al diseño del mecanismo en el software, se utilizó un cilindro de acero AISI-SAE 1018 de 25.4 mm de espesor, ya que debía ser lo suficiente resistente para que no exista desgaste o deformación dentro del mecanismo, el cual se utilizó el torno donde se le dio la forma de la

biela, se añadió dos orificios el cual se utilizó para acoplar la biela a la rueda hidráulica utilizando una broca de 15.88 mm, así como también para acoplar la manivela como se puede observar en la **figura 3.2**.



Figura 3.3: Mecanizado de la manivela

1.14.2 Mecanizado de la manivela

Para el mecanizado de este mecanismo se utilizó la misma especificación de acero el cual permite ser trabajado más fácilmente, se utilizó un cilindro de 25.4 mm de diámetro por 223.70 mm de espesor, con ayuda el torno se procede a desgastar el material excedente y con la broca de 15.88 mm se realizó los orificios para su respectivo acople como se puede observar en la siguiente figura 3.3.



Figura 3.4: Mecanizado de la biela

1.14.3 Pasadores

Estos pernos pasadores son utilizados en un amplio rango de aplicaciones, con la finalidad de posicionar o alinear un mecanismo.

Asimismo, la forma en que se introduce el inserto mediante una prensa ocasiona la deformación de la sección estriada en la cabeza del inserto, desplazando de esta manera el exceso de material hacia el interior de la ranura. Esto resulta en una unión resistente y sólida entre el perno pasador y los dos componentes, caracterizada por su alta resistencia mecánica como se observa en la figura 3.4.



Figura 3.5: Pasadores [24].

1.14.4 Anillos de retención

También llamado anillo elástico, es un tipo de anillo de acero usado para la sujeción o de retención de algún tipo de pieza, que consiste en un aro de un metal semiflexible con extremos abiertos que puede ser encajado en una ranura mecanizada.

Tabla 3.1: Información básica de anillos de retención [25].

Tipo	Anillo de retención tipo E	Material	S60C~S70C
Tipo de anillo de retención	Tope de Anillo externo	Tipos de productos	Anillo de retención

Tipo E

Un tipo particular de anillos de retención se conoce por su forma de E redondeada. Los elementos de fijación de Tipo E necesitan un eje con una ranura para asegurar objetos como

cojinetes. Estos anillos se insertan radialmente en la ranura. Las tres secciones de la forma E entran en contacto con la parte interna de la ranura y crean un saliente que mantiene eficazmente los montajes en su lugar [24].



Figura 3.6: Anillo de retención tipo E

1.15 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA FUERZA DE OPOSICIÓN DEL DIAFRAGMA EN RELACIÓN AL DESPLAZAMIENTO.

Para realizar prueba de fuerza se utilizó la máquina de pruebas universal hidráulica serie SL 300 ubicada en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Técnica de Cotopaxi como se puede observar en la figura (3.6).

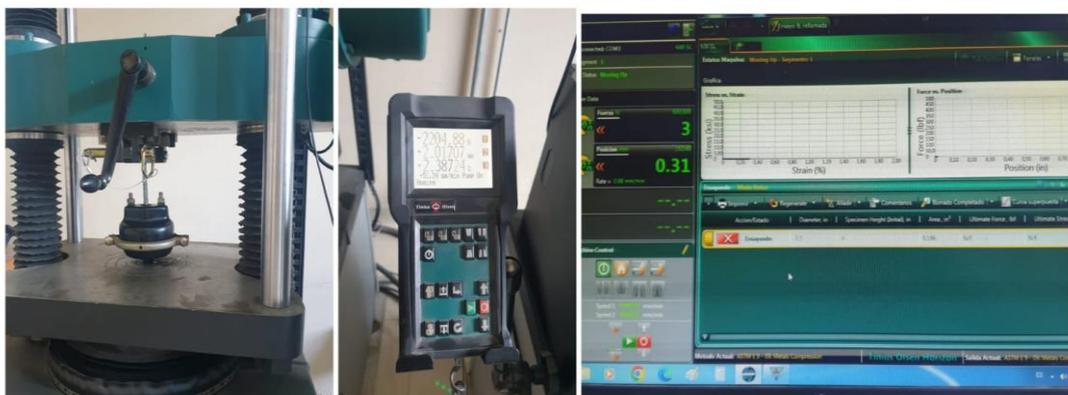


Figura 3.7: Determinación de la fuerza en relación al desplazamiento del diafragma

1.16 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE BOMBEO

De acuerdo a las investigaciones realizadas, para el cálculo de perdidas en el sistema se establece el siguiente método de cálculo.

1.16.1 Determinación del caudal teórico.

$$Q = V * n * \eta * \frac{60}{1000000} \quad \text{ecuación (1)}$$

Donde:

Q = Caudal (en metros cúbicos por hora, m³/h).

V = Volumen real de la bomba (ml)

n = número de revoluciones por minuto (rev/min)

η = rendimiento volumétrico

1.16.2 Determinación del caudal en m³/s

$$Q' = \frac{Q}{3600} \quad \text{ecuación (2)}$$

Donde:

Q' = es el caudal volumétrico (en metros cúbicos por segundo, m³/s).

Q = es el caudal (en metros cúbicos por hora, m³/h).

Teniendo en cuenta que el caudal está en m³/h se le divide entre 3600 para obtener la conversión a m³/s.

1.16.3 Determinación de la velocidad

Para el cálculo de la velocidad del agua hay que tener en cuenta el diámetro de tubería el cual se va a utilizar.

Tubería de succión.

$$v_s = \frac{4 * Q}{\pi * D_s^2} \quad \text{ecuación (3)}$$

Donde:

v_s = es la velocidad del agua de succión (en metros por segundo, m/s)

Q = es el caudal volumétrico (en metros cúbicos por segundo, m³/s).

D_s = es el diámetro de la tubería de succión (en metros, m).

Tubería de descarga.

$$v_d = \frac{4*Q}{\pi*D_d^2} \quad \text{ecuación (4)}$$

Donde:

v_d = es la velocidad del agua de descarga (en metros por segundo, m/s)

Q = es el caudal volumétrico (en metros cúbicos por segundo, m³/s).

D_d = es el diámetro de la tubería de succión (en metros, m).

1.16.4 Determinación de Reynolds

El número de Reynolds es una herramienta fundamental para entender y predecir el tipo de flujo que se produce en función de la velocidad del fluido, su viscosidad y la longitud característica del sistema.

Tubería de succión.

$$Re_s = \frac{v_s*D_s*\rho}{\mu} \quad \text{ecuación (5)}$$

Donde:

Re_s = Numero de Reynolds (adimensional)

v_s = es la velocidad del agua de succión (en metros por segundo, m/s)

D_s = es el diámetro de la tubería de succión (en metros, m).

ρ = es la densidad del fluido (en kilogramos por metros cúbicos, Kg/m³)

μ = es el coeficiente de viscosidad del fluido (en Pascales, Pas)

Tubería de descarga.

$$Re_d = \frac{v_d*D_d*\rho}{\mu} \quad \text{ecuación (6)}$$

Donde:

Re_d = Numero de Reynolds (adimensional)

v_d = es la velocidad del agua de descarga (en metros por segundo, m/s)

D_d = es el diámetro de la tubería de descarga (en metros, m).

ρ = es la densidad del fluido (en kilogramos por metros cúbicos, Kg/m³)

μ = es el coeficiente de viscosidad del fluido (en Pascales por segundo, Pa*s)

Hay que tener en cuenta que una vez calculado el número de Reynolds, se determina si el flujo es nominal o turbulento por lo cual el libro de Mecánica de fluidos de Cengel expone que:

$$Re \leq 2300 \text{ Flujo Laminar}$$

$$2300 \leq Re \leq 4000 \text{ Flujo Transicional}$$

$$Re \geq 4000 \text{ flujo turbulento}$$

1.16.5 Determinación del coeficiente de fricción (λ)

Tubería de succión.

$$\lambda_s = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re_s}} \quad \text{ecuación (7)}$$

Donde:

λ_s = es el coeficiente de fricción (adimensional).

Re_s = Numero de Reynolds (adimensional)

Tubería de descarga.

$$\lambda_d = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re_d}} \quad \text{ecuación (8)}$$

Donde:

λ_d = es el coeficiente de fricción (adimensional).

Re_d = es el número de Reynolds (adimensional).

1.16.6 Determinación de la resistencia de la red

Para determinar la resistencia que existe al paso del flujo del agua:

$$R = R_s + R_d \quad \text{ecuación (9)}$$

Donde:

R = resistencia total (en segundo al cuadrado sobre metro a la quinta, $\frac{s^2}{m^5}$)

R_s = resistencia de la red de succión (en segundo al cuadrado sobre metro a la quinta, $\frac{s^2}{m^5}$)

R_d = resistencia de la red de descarga (en segundo al cuadrado sobre metro a la quinta, $\frac{s^2}{m^5}$)

$$R_s = \left(\sum p_s + \lambda_s \frac{L_s}{D_s} \right) \frac{8}{g * \pi^2 * D_s^4} \quad \text{ecuación (10)}$$

Donde:

R_s = resistencia de la red de succión.

$\sum p_s$ = es la sumatoria de las pérdidas de succión.

λ_s = es el coeficiente de fricción (adimensional).

L_s = es la longitud de succión (en metros, m).

D_s = es el diámetro de la tubería de succión (en metros, m).

g = Gravedad (en metros sobre segundo al cuadrado m/s²).

$$R_d = \left(\sum p_d + \lambda_d \frac{L_d}{D_d} \right) \frac{8}{g * \pi^2 * D_d^4} \quad \text{ecuación (11)}$$

Donde:

R_d = resistencia de la red de descarga.

$\sum p_d$ = es la sumatoria de las pérdidas de descarga.

λ_d = es el coeficiente de fricción (adimensional).

L_d = es la longitud de descarga (en metros, m).

D_d = es el diámetro de la tubería de descarga (en metros, m).

g = Gravedad (en metros sobre segundo al cuadrado m/s²).

1.16.7 Determinación altura

$$H_r = \Delta Z + R * Q^2 \quad \text{ecuación (12)}$$

ΔZ = Altura del sistema (en metros, m)

R = resistencia total (en segundo al cuadrado sobre metro a la quinta, $\frac{s^2}{m^5}$)

Q = es el caudal volumétrico (en metros cúbicos por segundo, m^3/s).

1.16.8 Determinación de cavitación

El NPSH es una medida crítica para determinar si una bomba recibirá suficiente flujo de líquido sin que se produzca cavitación.

$$NPSH_D = H_{atm} \pm H_s - R_s * Q^2 - H_v \quad \text{ecuación (13)}$$

Donde:

$NPSH_D$ = es la Cabeza de Succión Neta Positiva Disponible.

H_{atm} = es la altura atmosférica (en metros, m).

H_s = es la altura de succión (en metros, m).

R_s = resistencia de la red de succión.

Q = es el caudal volumétrico (en metros cúbicos por segundo, m^3/s).

H_v = es la altura

1.16.9 Potencia de la bomba

$$P = Q * \Delta z * \rho * g \quad \text{ecuación (14)}$$

Donde:

P = Potencia de la bomba (en Watts, W).

Δz = *Altura de bombeo* (en metros, m).

ρ = *Densidad del agua* (en kilogramo por metro cubico, kg/m^3).

g = gravedad (en metro por segundo al cuadrado, m/s^2).

1.17 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL SISTEMA BIELA MANIVELA.

Para realizar el análisis cinemático del sistema biela manivela, se utiliza conceptos y fórmulas de movimiento armónico simple (MAS).

1.17.1 Cálculo de la velocidad

$$V = w * R * \text{seno}(\theta) \quad \text{ecuación (15)}$$

Donde:

V= es la velocidad del pistón en el ángulo θ (en metros por segundo, m/s).

w= es la velocidad angular del cigüeñal (en radianes por segundo, rad/s)

R= es la longitud de la manivela (en metros, m)

θ = es el ángulo deseado (en radianes, rad)

1.17.2 Cálculo de la aceleración.

$$a = w^2 * R * \text{cos}(\theta) \quad \text{ecuación (16)}$$

a= es la aceleración del pistón en el ángulo θ (en metros cuadrado por segundo m^2/s).

w= es la velocidad angular del cigüeñal (en radianes por segundo, rad/s)

R= es la longitud de la manivela (en metros, m)

θ = es el ángulo deseado (en radianes, rad)

1.17.3 Calculo área de barrido.

Con fines de cálculo se utiliza formulas y teoría de bombas de émbolo o pistón, y para ellos se requiere de un área de barrido que viene denotada por la siguiente ecuación.

$$A = \frac{Q}{l * n} \quad \text{ecuación (17)}$$

Donde:

A= Área de barrido del pistón (en centímetros al cuadrado, cm^2).

Q= Caudal (en centímetro al cubo por hora, cm^3/min).

l= longitud del cilindro (en centímetros, cm).

n= número de revoluciones por minuto (rev/min).

Para comprobar que la estructura del pulmón de freno soporta la tensión del sistema es necesario el cálculo de fuerza y presión que ejerce el agua.

Cálculo de presión en la bomba.

$$p = \Delta Z * \rho * g$$

Donde:

p= presión de la bomba (en Pascales, Pa).

Δz = *Altura de bombeo* (en metros, m).

ρ = *Densidad del agua* (en kilogramo por metro cubico, kg/m³).

g= gravedad (en metro por segundo al cuadrado, m/s²).

1.17.4 Cálculo caudal instantáneo.

Es la tasa a la que el fluido fluye a través de una sección particular del sistema en un instante específico en el tiempo, es el producto entre el área de barrido y la velocidad.

$$Q_i = A * v \quad \text{ecuación (18)}$$

Donde:

Q_i= Caudal instantáneo (en centímetro al cubo por segundo, cm³/s)

A= Área de barrido (en centímetro cuadrado, cm²)

v= velocidad (en centímetro por segundo, cm/s)

1.18 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE VOLUMEN DEL TANQUE HIDRONEUMÁTICO

Al ser una bomba volumétrica esta produce fluctuaciones de presión, y para evitar este fenómeno se opta por acoplar un tanque hidroneumático, el cual, tiene como propósito suministrar de manera más fluida el líquido.

$$V = 0.48 * Q^{0.5} * \Delta Z \quad \text{ecuación (19)}$$

Donde:

V = Volumen (en litros, l)

Q = Caudal (en litros sobre minuto, l/min)

ΔZ = Altura del sistema (en metros, m)

1.19 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1.19.1 DATOS DE UBICACIÓN DE ALGUNAS MEDICIONES CON USO DE GPS:

En la tabla 3.2, se muestra el registro de la información de ubicación mediante el uso de un dispositivo GPS. Esto se lleva a cabo con el propósito de determinar las dimensiones necesarias para la bomba hidráulica y que alcance la distancia y altura propuesta.

Tabla 3.2: Datos de medición con GPS

Ubicación de distintos puntos de prueba.		Altura sobre el nivel del mar	
Coordenadas		Metros	Ft
Latitud	Longitud		
-0,935615	-78,539844	3038	9967
-0,935579	-78,539875	3037	9964
-0,935547	-78,539872	3037	9964
-0,935452	-78,539872	3040	9974
-0,935414	-78,539856	3041	9977
0,935362	-78,53995	3043	9984
-0,935342	-78,539955	3045	9990
-0,935253	-78,539929	3047	9997
-0,935208	-78,539959	3049	10003
-0,93519	-78,53996	3050	10007

Obtenidas las coordenadas del lugar de instalación, se obtiene el relieve en términos de distancia horizontal y altura.

Distancia horizontal (m)	Altura (m)
0	0
4,4	-1
7,9	-1
14,9	2
19,9	3
29,9	5
32,1	7
42,1	9
47,1	11
49,1	12

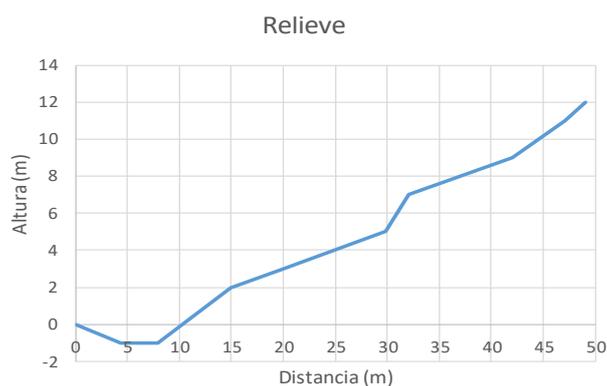


Figura 3.7: Ubicación de puntos de prueba

A continuación, se presenta la fuerza de oposición del diafragma en relación al desplazamiento.

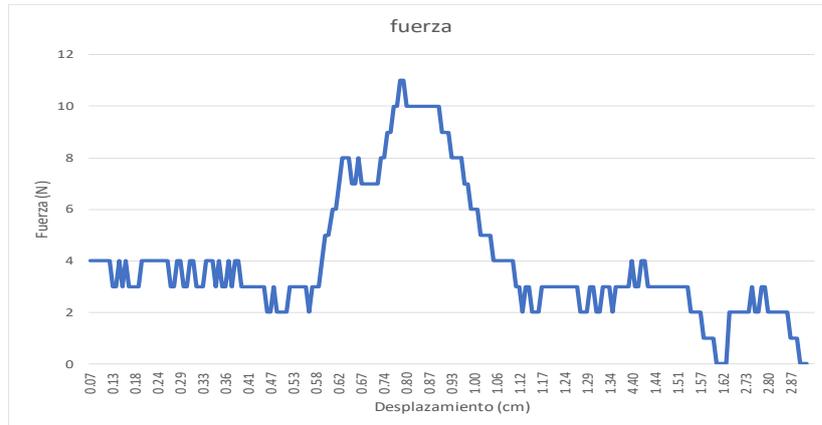


Figura 3.9: Gráfica del comportamiento del diafragma

1.19.2 Informe de análisis de tensión de la bomba.

Un análisis de tensión puede ayudar a encontrar mejores alternativas de diseño y posibles fallos para una pieza o ensamble.

1.19.3 Análisis de tensiones.

Se obtuvo el análisis de las tensiones mediante un enfoque mecánico que empleó el criterio de Von Mises, también conocido como el criterio de máxima energía de distorsión. Von Mises es un método aplicado en la evaluación de materiales dúctiles para determinar si el material no experimentará flujo plástico cuando la energía de distorsión por unidad de volumen en un punto no exceda la energía de distorsión por unidad de volumen correspondiente al punto de fluencia obtenido a partir de los ensayos de tracción realizados en el material.

En las siguientes gráficas se puede observar el análisis de Von Mises, para cada elemento de la bomba que es expuesto a fuerzas o presión.

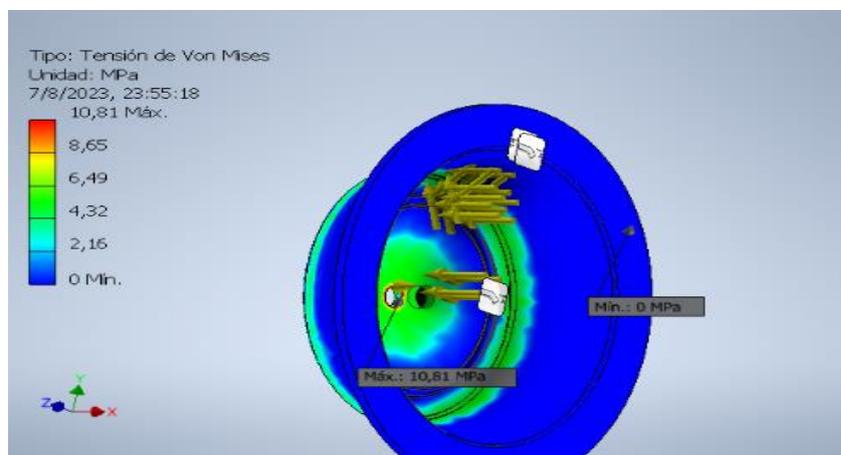


Figura 3.10: análisis de Von Mises al Diafragma

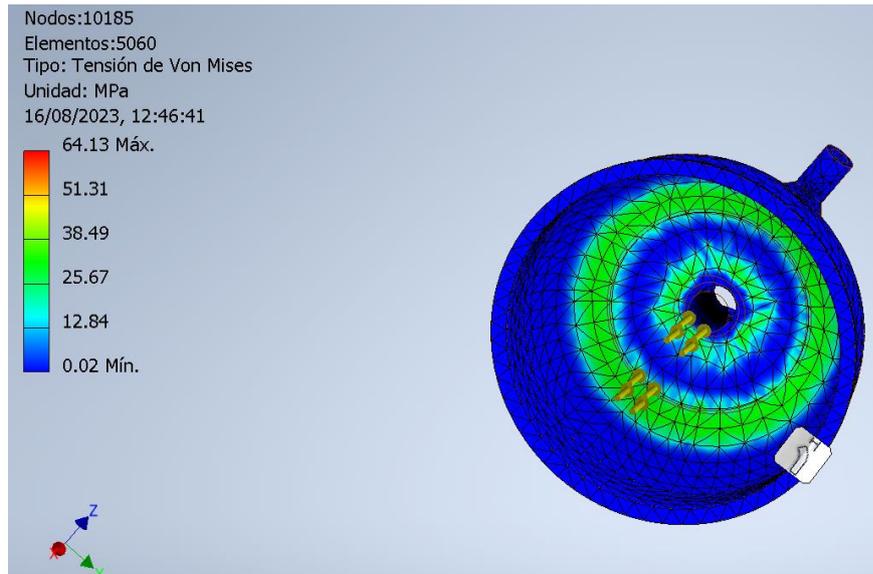


Figura 3.11: análisis de Von Mises a la carcasa de la bomba

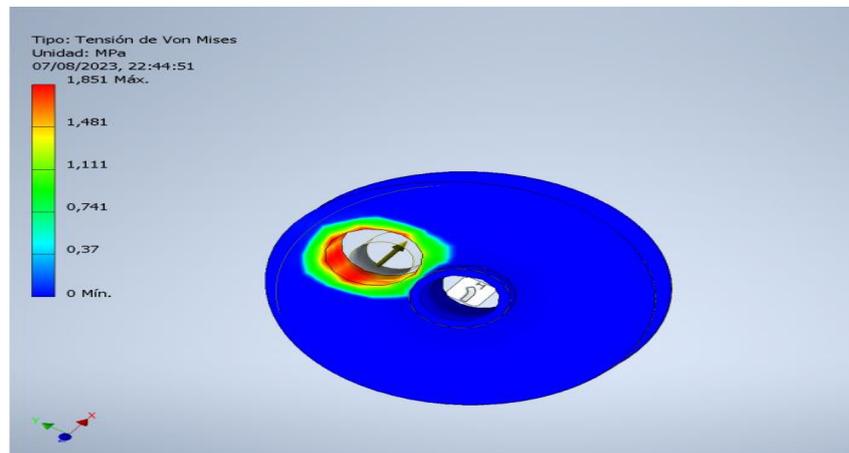


Figura 3.12: análisis de Von Mises a la manivela

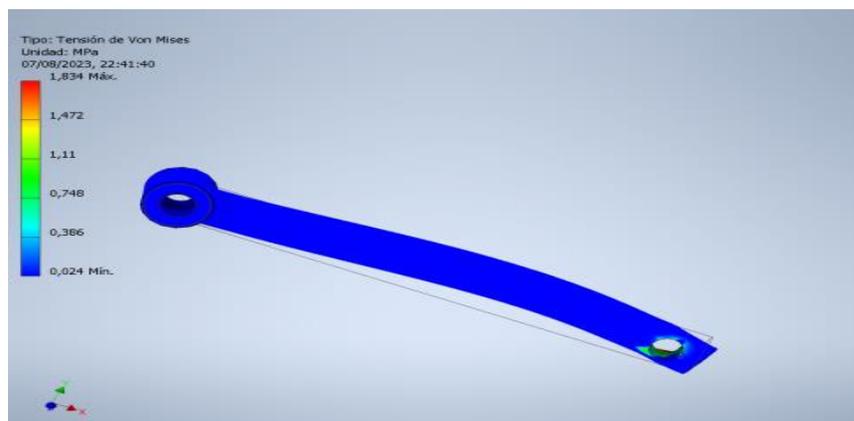


Figura 3.13: análisis de Von Mises a la biela

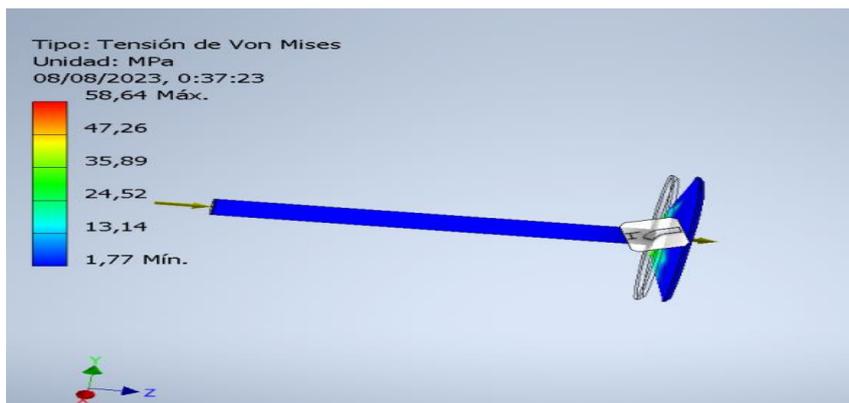


Figura 3.14: análisis de Von Mises al eje

1.19.4 Análisis de desplazamientos

En el estudio de los desplazamientos, es posible identificar los componentes que exhiben un aumento más significativo en su movimiento angular o lineal. Las mediciones para este análisis se expresan en milímetros (mm). En la imagen siguiente, se destacan en color rojo los elementos que experimentan el máximo desplazamiento, mientras que los componentes que permanecen inmóviles se representan en color azul.

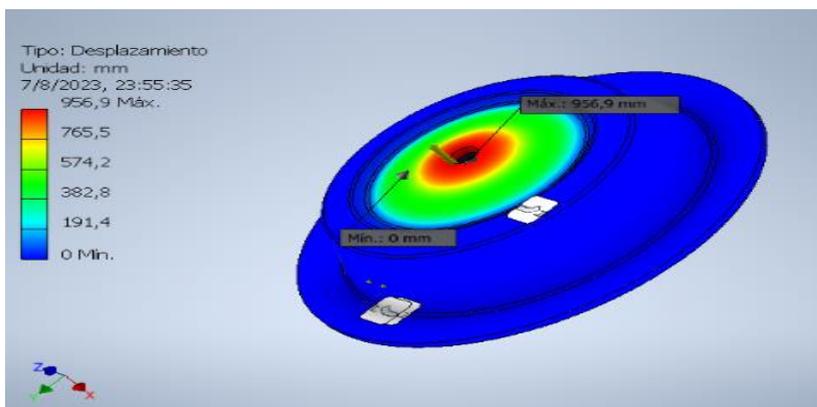


Figura 3.15: Análisis de desplazamiento en el diafragma

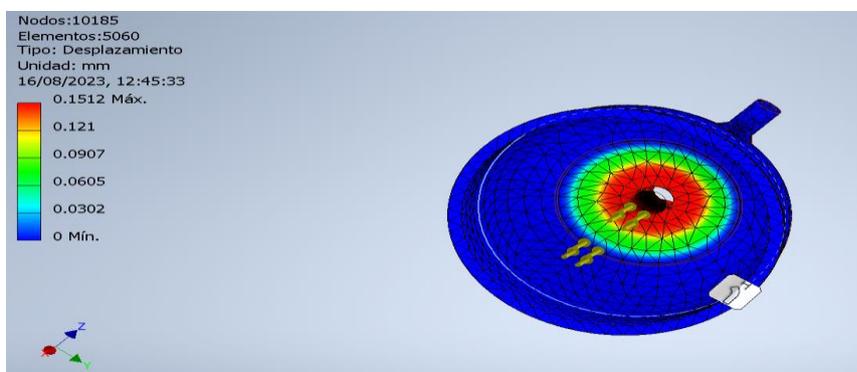


Figura 3.16: Análisis de desplazamiento en la carcasa de la bomba

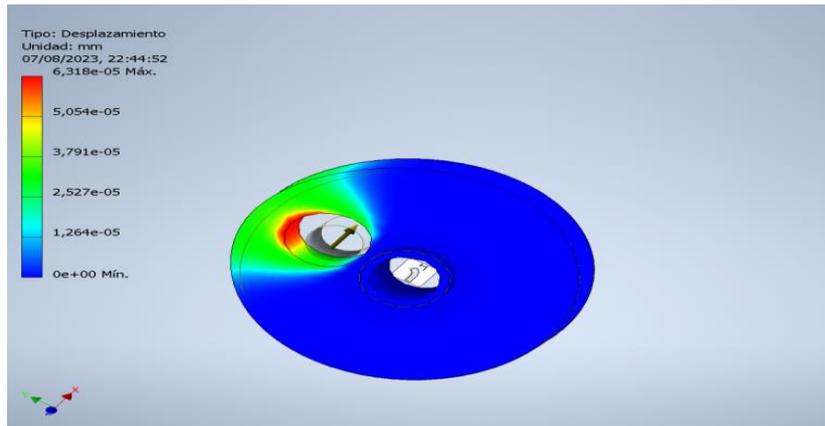


Figura 3.17: Análisis de desplazamiento en la manivela

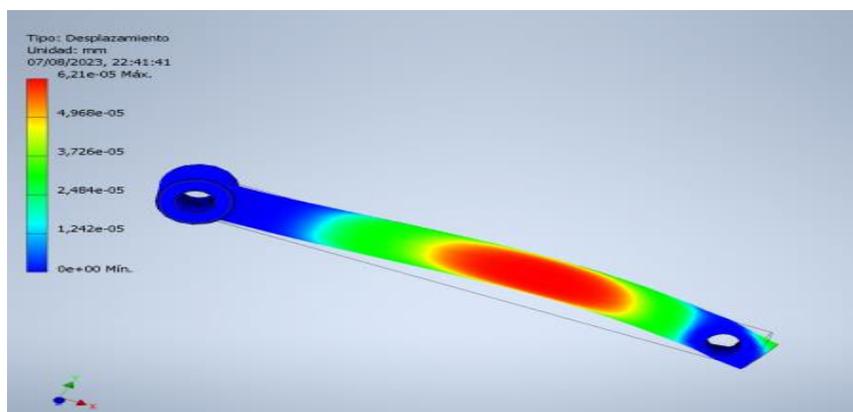


Figura 3.18: Análisis de desplazamiento en la biela

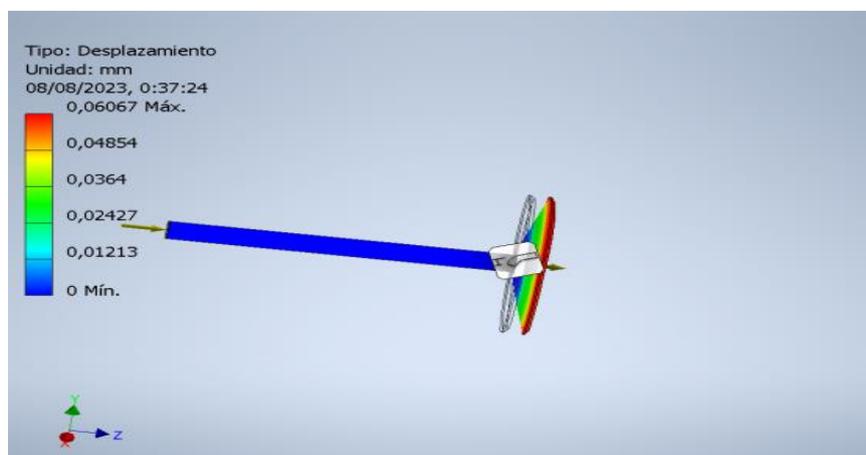


Figura 3.19: Análisis de desplazamiento en el eje

1.19.5 Análisis del factor de seguridad.

El factor de seguridad o también conocido como coeficiente de seguridad es el cociente que resulta del cálculo de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado al que será sometido durante el trabajo o su accionamiento. Se considera que para garantizar el buen funcionamiento de un mecanismo el factor de seguridad debe ser igual o mayor a 1.4

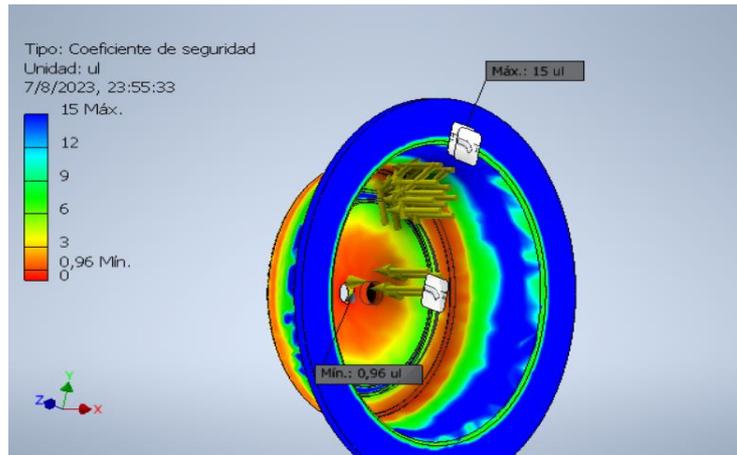


Figura 3.20: Analisis del factor de seguridad en el diafragma

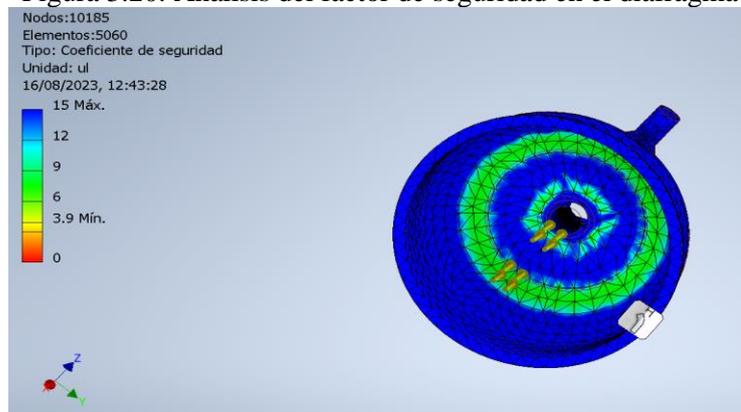


Figura 3.21: Analisis del factor de seguridad en la carcasa

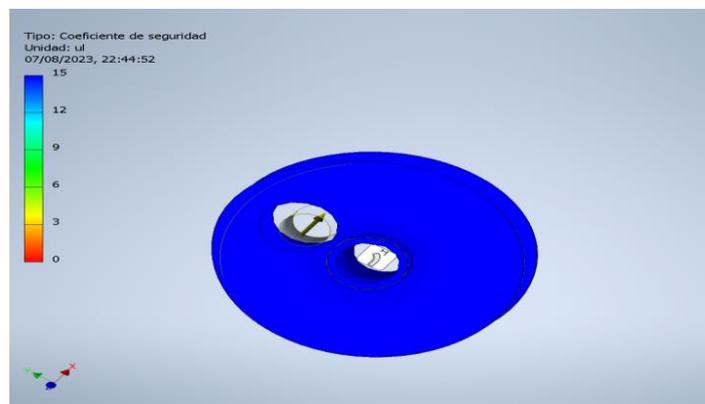


Figura 3.22: Analisis del factor de seguridad en la manivela

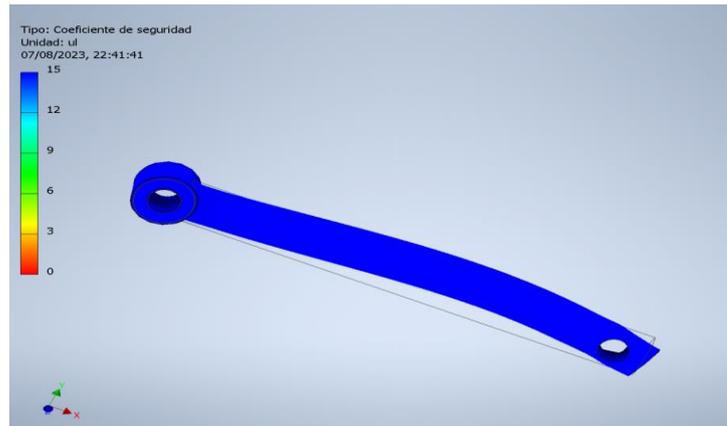


Figura 3.23: Análisis del factor de seguridad en la biela

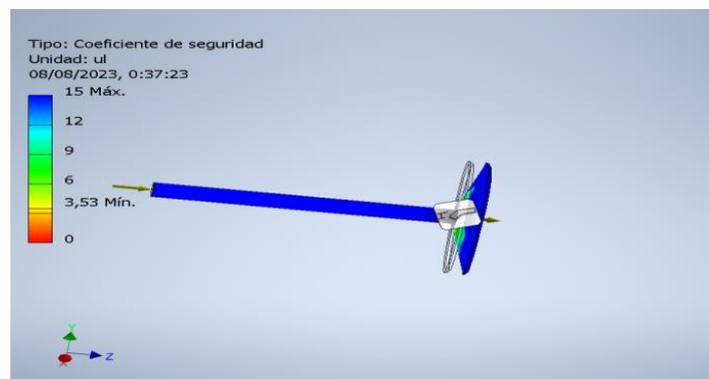


Figura 3.24: Análisis del factor de seguridad en el eje

Con los resultados obtenidos en el software Inventor, se demuestra que la estructura del pulmón de freno soporta la carga a la que va a estar sometida la bomba.

- **Tablas de resultados.**

1.19.6 Determinación del caudal teórico.

Teniendo en cuenta que es una bomba de diafragma se considera un rendimiento volumétrico del 100%.

Tabla 3.3: determinación del caudal teórico

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(1)	Caudal	m ³ /h	0,198

1.19.7 Determinación del caudal en m³/s.

Tabla 3.4: determinación del caudal en m³/s.

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(2)	Caudal	m ³ /s	0,000055

Dado que, los diámetros de la tubería tanto de succión como de descarga son distintos 0,0254 m y 0,0127 m respectivamente, se requiere hacer cálculos para cada caso

1.19.8 Determinación de la velocidad.

Velocidad de succión.

Tabla 3.5: determinación de la velocidad de succión

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(3)	Velocidad	$\frac{m}{s}$	0,1085

Velocidad de descarga. Ecuación (4)

Tabla 3.5: determinación de la velocidad de descarga

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(4)	Velocidad	$\frac{m}{s}$	0,434

1.19.9 Determinación de Reynolds

El coeficiente de viscosidad del agua (μ) es= 0,001 Pa*s

La densidad del agua es= $999,5 \frac{kg}{m^3}$

Reynolds

Tabla 3.6: Determinación de Reynolds

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(5)	Reynolds succión	adimensional	2757,03
(6)	Reynolds descarga	adimensional	5514,07

1.19.10 Determinación del coeficiente de fricción (λ)

Tabla 3.7: Determinación del coeficiente de fricción

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(7)	Landa succión	<i>adimensional</i>	0,044
(8)	Landa descarga	adimensional	0,037

1.19.11 Resistencia de red de succión. Ecuación (10)

Tabla 3.8: resistencia de la red de succión

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(10)	Resistencia de red succión	$\frac{s^2}{m^5}$	846425
(11)	Resistencia de red descarga	$\frac{s^2}{m^5}$	481770717

1.19.12 Determinación de la resistencia de la red.

Tabla 3.9: resistencia de la red de descarga

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(9)	Resistencia de red	$\frac{s^2}{m^5}$	482617142

1.19.13 Determinación de la altura.

Tabla 3.10: Determinación de la altura

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(12)	Altura	m	13,46

1.19.14 Determinación de Altura de Neta Positiva de Aspiración Disponible.

Tabla 3.11: Determinación de la altura neta

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(13)	NPSH _D	m	10,84

La Altura de Neta Positiva de Aspiración Requerida (NPSH_r) de una bomba hidráulica es un máximo de 5 metros, lo cual es considerablemente menor que el valor calculado. Esto nos permite confirmar con seguridad que no habrá cavitación durante su funcionamiento.

1.19.15 Determinación de potencia teórica de la bomba.

Tabla 3.12: Potencia teórica de la bomba

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(14)	Potencia	W	6,46

Con la ayuda de un tacómetro y flujómetro se obtiene como resultado que la riobomba aporta 2.16 litros por minuto (0.1296 m³/h).

Con el dato real de bombeo se obtiene la potencia real que la bomba aporta al sistema a la altura de 12 metros.

Tabla 3.13: Potencia teórica de la bomba a 12 m de altura

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(14)	Potencia	W	5,16

A continuación, se presenta la gráfica de la bomba a diferentes alturas (3, 7, 9 y 12) metros y se traza una línea vertical en el caudal real. En los puntos de cruce se obtiene la potencia real de la bomba a las diferentes alturas.

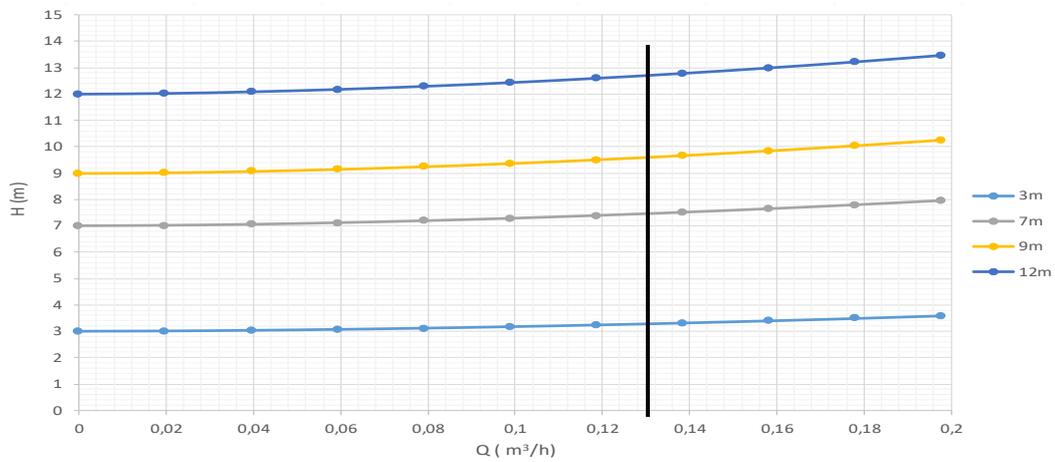


Figura 3.25: Comportamiento de la bomba a diferentes alturas.

Tabla 3.14: Potencia de la bomba a distintos puntos de altura

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(14)	Potencia (3m)	W	1,16
(14)	Potencia (7m)	W	2,63
(14)	Potencia (9m)	W	3,38
(14)	Potencia (12m)	W	4,47

1.19.16 Resultados Análisis cinemático del pistón

Utilizando las ecuaciones 15 y 16 mencionadas se obtiene la figura 3,24, en donde se muestra el comportamiento de la velocidad y aceleración del pistón.

Tabla 3.15: Análisis cinemático del pistón

Ángulo (°)	Velocidad (cm/s)	Aceleración (cm ² /s)
0	0,00	2,19
45	1,48	1,55
90	2,09	0,00
135	1,48	-1,55
180	0,00	-2,19
225	-1,48	-1,55
270	-2,09	0,00
315	-1,48	1,55
360	0,00	2,19

Es importante mencionar que la velocidad del pistón varía a lo largo del ciclo de movimiento del mecanismo y es máxima cuando el ángulo θ es igual a 90 grados (posición vertical) y mínima cuando θ es igual a 270 grados (posición horizontal), mientras que la aceleración será máxima cuando el ángulo es igual a 0 o 180.

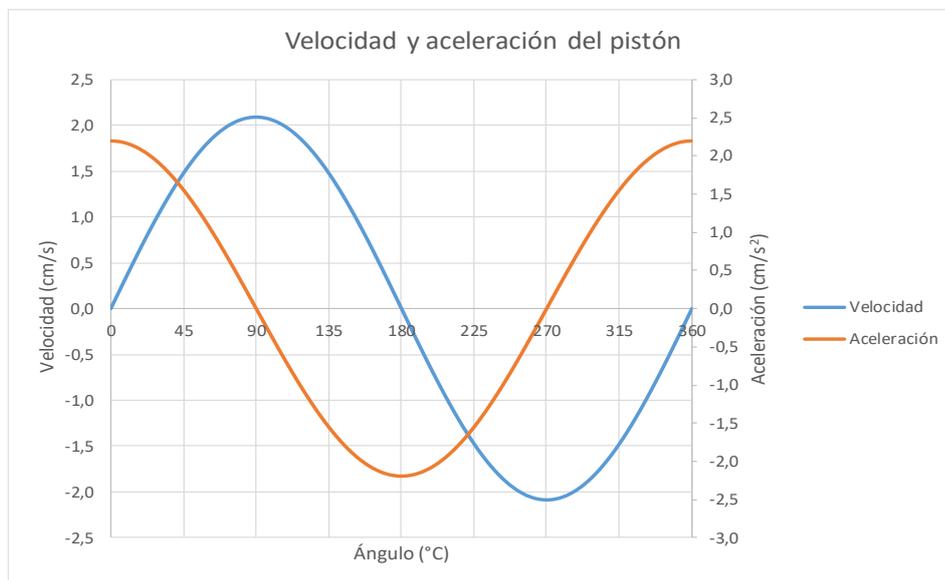


Figura 3.25: velocidad y aceleración del pistón.

1.19.17 Resultado Caudal instantáneo.

1.19.18 Área de barrido

Tabla 3.16: Área de barrido

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(17)	Área	cm ²	54

1.19.19 Caudal instantáneo

Utilizando una hoja de cálculo y la ecuación 18, se obtiene la figura 3.26 donde se puede apreciar al caudal proporcionado por la bomba en función al tiempo.



Figura 3.27: caudal con respecto al tiempo.

1.19.20 Cálculo del volumen del tanque hidroneumático.

Tabla 3.17: Volumen Tanque Hidroneumático

Ecuación	Datos	Unidades	Resultado
(19)	Volumen	l	8,47

1.20 Análisis Económico y Ambiental

1.20.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

Tabla 3.18: Análisis económico de la construcción de la bomba

MATERIAL	CANT.	PRECIO USD
Pulmón freno sencillo	1	25,00
Perno de ½" x 7 ½"	1	4,50
Pernos 5/8" x 2" completos	5	2,75
Anillos de retención tipo E	4	1,00
Tanque de 10 L	1	10,00
Corte, taladrado, torneado	n	250,00
Mano de Obra	n	250,00
Total		543,75

Tabla 3.19: Análisis económico de los materiales para la instalación hidráulica.

MATERIAL	CANT.	PRECIO USD
Acople ½"	1	0,75
Acople 1"	1	0,75
Codo de ½"	2	0,75
Tubo PVC de ½"	1	2,00
Tubo PVC de 1"	1	2,00
Acople de ½" a ¾"	2	0,80
Manguera de ½"	20 m	30,00
Pegatubo	1	1,50
Abrazaderas de ½"		2,00
Total		41,55

Tabla 3.20: Análisis económico del transporte

MATERIAL	CANT.	PRECIO USD
Transporte para toma de medidas.	2	10,00
Transporte para acoplar la bomba.	1	5,00
Transporte para la ejecución de pruebas.	2	10,00
Total		25,00

Tabla 3.21: Análisis económico para la ejecución de la tesis de grado

DESCRIPCIÓN	PRECIO USD
Construcción de bomba de diafragma.	543,75
Elementos para la instalación.	41,55
Transporte.	25,00
TOTAL	610,3

1.20.2 Impacto social

Indudablemente, desde sus inicios, los seres humanos han dependido de la interacción con sus semejantes y el entorno para establecer comunicación y compartir saberes que han facilitado la adaptación y consolidación de diversas formas de vida en nuestro planeta. A través de este proceso, lograron desarrollar una máquina capaz de transformar la energía de corrientes de agua o caídas de agua en formas más útiles de energía, con el propósito de mejorar la calidad de vida y aumentar la eficiencia, minimizando el esfuerzo involucrado.

Posteriormente, esta tecnología evolucionó hasta convertirse en la destacada máquina de la Edad Media, empleada en molinos para la producción de harina, aserraderos, martillos y bombas de agua. También fue utilizada en la manipulación de fuelles, en el proceso de bataneo de la lana y en la extracción de jugo de la caña dulce. Incluso, se aplicó en la extracción de minerales, lo que llevó a un avance significativo de la rueda hidráulica en el ámbito industrial, mejorando la eficiencia en la producción.

En la actualidad, gracias a este invento distintivo, con el tiempo, los seres humanos han ido perfeccionando sus conocimientos y han ideado nuevas estrategias de utilización para estos sistemas, que poseen una amplia gama de aplicaciones disponibles para diversas actividades. Estas aplicaciones contribuyen al progreso de la sociedad, que experimenta continuos avances y transformaciones en la actualidad.

1.20.3 Impacto tecnológico

Las bombas de diafragma permiten el bombeo controlado y eficiente de una amplia gama de fluidos, desde líquidos viscosos hasta corrosivos. Esto es fundamental en industrias como la química, petroquímica, alimentos y bebidas, farmacéutica y más, donde se requiere un manejo preciso de los fluidos, estas bombas son versátiles y pueden adaptarse para manejar diferentes tipos de fluidos y condiciones de operación. Esto proporciona flexibilidad en diversas aplicaciones industriales lo que impulsa la innovación en diseño, materiales y tecnologías de

control, con un impacto positivo en la eficiencia energética, la seguridad industrial, la sostenibilidad y la diversidad de aplicaciones en diversas industrias.

1.20.4 Impacto ambiental

La presente propuesta de tema de tesis, aborda un sistema de bombeo a través de una rueda hidráulica, eliminando la necesidad de utilizar energía eléctrica o componentes de combustión. Este sistema, denominado Ríobomba, aprovecha el movimiento rotativo de la mencionada rueda para accionar una bomba hidráulica. Dicha bomba se encarga de impulsar el caudal requerido para llevar a cabo diversas actividades.

Dado que la Ríobomba se basa en la utilización de energía hidráulica como su principal componente de operación, la cual es una forma de energía renovable, su correcto aprovechamiento la convierte en una fuente sostenible y altamente eficiente de energía. Por lo tanto, el enfoque de la tesis presentada no genera ningún tipo de impacto ambiental.

Las ruedas hidráulicas representan una de las fuentes de energía más explotables y eficaces. Estos sistemas operan sin la necesidad de emplear ningún tipo de combustible, lo que elimina el riesgo de contaminar tanto el flujo del río como el entorno circundante. Debido a estos factores, la temática de esta tesis es inherentemente ecológica y brinda una valiosa contribución al medio ambiente y a la producción de bienes para el consumo humano.

CONCLUSIONES

La bomba demuestra la capacidad de generar un caudal de 2.16 litros por minuto al elevar el fluido a una altura de doce metros, manteniendo una presión promedio de 117366 Pascales. No obstante, el flujo presentó fluctuaciones, por lo que se instaló adicionalmente un tanque hidroneumático para estabilizar dicho flujo.

La capacidad de la riobomba para arrancar en vacío y autocebarse en un período de 8 minutos es un logro técnico significativo en su diseño. Durante el autocebo, la bomba se llena gradualmente con el fluido (bomba, tubería, manguera y tanque hidroneumático), permitiendo que se elimine el aire de las cámaras y tuberías, lo que a su vez asegura un flujo de líquido constante y uniforme una vez que la operación completa comienza.

El diseño y construcción de la bomba representó un enfoque innovador al emplear materiales reciclados en su fabricación. La utilización de componentes como el pulmón de freno y el tanque de gas refrigerante no solo demostró la versatilidad y la creatividad en el diseño, sino que también permitió reducir significativamente los costos de fabricación que ascendió a los 610 USD.

RECOMENDACIONES

El caudal proporcionado por la bomba es relativamente bajo. Para abordar esta cuestión, se sugiere considerar dos opciones. La primera opción sería la instalación de un segundo pulmón de freno, lo que duplicaría el caudal actual. Como alternativa, se podría explorar la incorporación de un sistema de transmisión que aumente la velocidad de accionamiento de la bomba. Esta última opción permitiría una utilización más eficiente de la potencia generada por la rueda y, en consecuencia, mejorar la eficacia general del sistema.

Antes de poner la bomba en funcionamiento, se recomienda asegurarse de una adecuada lubricación de todos los componentes que puedan generar fricción. Además, es importante verificar que el mecanismo de biela y manivela esté correctamente alineado con la bomba. } }

Instalar la rueda hidráulica en una superficie lo más plana posible, asegurándose de que el flujo de agua del río entre en contacto con una gran parte de los álabes, y también procurando de que no sobrepase el nivel del eje de la rueda.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. L. Escobar Caluguillin y E. G. Vega Vega, Diseño e implementación de Ríobomba en el sector de santa lucia de Pusuchisi, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2023.
- [2] J. Morato, A. Subirana y A. Gris, «Tecnologías sostenibles para la potabilización,» Colombia, Corporación Universitaria Lasallista, 2006, pp. 19-29.
- [3] I. Ortega Plata, Microhidroenergía diseño de un sistema generador de energía a partir del flujo de agua en las tuberías, México D. F.: UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA , 2010.
- [4] L. F. Heredia Sanchez, Construcción y ensayo de una rueda hidráulica de corriente libre de 2 m de diámetro, LIMA: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2011.
- [5] M. V. Torres Castro, Tecnologías apropiadas en dotación de agua y saneamiento para comunidades rurales, Loja : UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA, 2013.
- [6] Sección transversal de la bomba de diafragma.
- [7] A. Menendez Blanco, Modelado numérico de bombas volumetricas de diafragma, Oviedo: Universidad de Oviedo, 2017.
- [8] A. VICTOR VILLALOBOS, EL AGUA PARA LA AGRICULTURA DE LAS AMÉRICAS, MEXICO: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017.
- [9] C. A. Suárez Zambrano, Energías renovables y alternativas como fuente de desarrollo económico, Bucaramanga: Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2018.

- [10] E. V. Font, Energías renovables y no renovables, Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2020.
- [11] V. Y. Piqueras, Clasificación de las bombas hidráulicas, Valencia: Editorial de la Universitat Politècnica de València, 2017.
- [12] P. F. Díez, BOMBAS CENTRÍFUGAS y VOLUMÉTRICAS, CANTABRIA: UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, 2009.
- [13] Euroinnova, Bomba centrífuga vs. bomba volumétrica, Maracena: Directorio Oficial Euroinnova, 2009.
- [14] A. Lima Callpa, Verificación volumétrica de dispensadores de GNV, bombas volumétricas, contadores, camiones cisterna y pruebas hidráulicas en el Instituto Boliviano de Metrología, Ciudad de La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, 2019.
- [15] J. C. F. GARCIA, SISTEMAS DE TRANSMISIÓN MECÁNICA, UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, 2015.
- [16] M. Y. HÉCTOR GEOVANNY y C. W. O. PINCHAO, ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO CINEMÁTICO DE UN MOTOR STIRLING TIPO ALFA APLICADO AL MOTOR DE UNA MOTOCICLETA, Quito: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO, 2016.
- [17] D. Botta y M. Brusconi, Efecto de la relación biela-manivela en el comportamiento del motor, La Plata: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA, 2011.
- [18] N. Y. P. Ocampos, La Válvula Check, 2017.
- [19] N. Santiago y C. Vasco, Hidráulica en Tuberías y Accesorios (Válvulas, Guayaquil, Ecuador.: Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador. , 2019.
- [20] E. A. A. Méndez, IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS RESIDENCIALES, VENTAJAS Y DESVENTAJAS, Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA , 2011.
- [21] M. V. Castillo Vásconez, Rediseño de la Turbina, Eje y Laberinto de la Máquina Hidráulica de Generación Eléctrica de 500[Kw] y la Simulación para la Central "Península" en Ambato, Ambato: Escuela Politécnica Nacional, 2015.
- [22] J. A. Reyes Nieto, Construcción De Una Maqueta De Un Motor Monocilíndrico Para Demostración De La Cinemática Del Motor En El Mecanismo Biela-Manivela, Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2015.
- [23] W. H. Vaca Ortega, Análisis de Recocido en Soldadura de Acero AISI 1018 con Electrodo AWS E-7018 y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas, Ambato: Universidad Técnica De Ambato, 2012.
- [24] C. Montaña, Catalogo Anillos De Retención, -: Rotorclip, 2005.
- [25] C. A. S. Zambrano, Energías renovables y alternativas como fuente de desarrollo económico, Bucaramanga: Universidad Autónoma de Bucaramanga., 2018..
- [26] A. C. M. y R. Caro, FUENTES ENERGÉTICAS, -: Colino Martínez, --.

ANEXOS

Anexo I.1 informe anti plagio proyecto de titulación

Facultad:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera:	Ingeniería Electromecánica
Nombre del docente evaluador que emite en informe:	Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso Dr.C.
Documento evaluado:	Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica.
Autores del documento:	Aguirre Buñay Stalin David Rios Jiménez Jonathan Javier
Programa de similitud utilizado:	Plataforma COMPILATIO
Porcentaje de similitud según el programa utilizado:	4%
Observaciones: Calificación de originalidad atendidos a los siguientes criterios:	-X-
<ul style="list-style-type: none"> • El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones. • El documento cumple criterios de originalidad, con observaciones. • El documento no cumple criterios de originalidad. 	---
Fecha de realización del informe	15/08/2023
Captura de pantalla del documento analizado	
<p>The screenshot shows a plagiarism report from COMPILATIO. The title is 'Tesis Diseño de bomba de diafragma, Jonathan Rios- Stalin Aguirre'. The similarity score is 4%. Other details include: 'Nombre del documento: Tesis Diseño de bomba de diafragma, Jonathan Rios- Stalin Aguirre.docx', 'ID del documento: 7d1dc50395d9ac66b6a42ab42c6a3d33aca0c6840', 'Tamaño del documento original: 7,09 MB', 'Depositante: HECTOR LUIS LAURENCIO ALFONSO', 'Fecha de depósito: 15/08/2023', 'Tipo de carga: interfase', 'fecha de fin de análisis: 15/08/2023', 'Número de palabras: 14.954', and 'Número de caracteres: 97.649'. There is also a visual representation of similarity locations in the document.</p>	
 Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso Dr.C. C.C: 175836725-2	

Caudal teórico.

$$Q = Vn\eta \frac{60}{1000000}$$

$$Q = 330 \text{ mL} * 10 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * 1 * \frac{60}{1000000}$$

$$Q = 0,198 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Determinación del caudal en m³/s. Ecuación (2)

$$Q' = \frac{Q}{3600}$$

$$Q' = \frac{0,198 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}$$

$$Q = 5,5 * 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Determinación de la velocidad.

Velocidad de succión. Ecuación (3)

$$v_s = \frac{4 * Q}{\pi * D_d^2}$$

$$v_s = \frac{4 * 5,5 * 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi * (0,0254\text{m})^2}$$

$$v_s = 0,1085 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Velocidad de descarga. Ecuación (4)

$$v_d = \frac{4 * Q}{\pi * D_d^2}$$

$$v_d = \frac{4 * 5,5 * 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi * (0,0127\text{m})^2}$$

$$v_d = 0,434 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Determinación de Reynolds

El coeficiente de viscosidad del agua (μ) es= 0.001 Pa*s

La densidad del agua es= $999,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Reynolds de succión. Ecuación (5)

$$Re_s = \frac{v_s * D_s * \rho}{\mu}$$
$$Re_s = \frac{0,1085 \frac{m}{s} * 0,0254 m * 999,5 \frac{kg}{m^3}}{0,001 Pa * s}$$
$$Re_s = 2757,03$$

Reynolds de descarga. Ecuación (6)

$$Re_d = \frac{v_d * D_d * \rho}{\mu}$$
$$Re_d = \frac{0,434 \frac{m}{s} * 0,0127 m * 999,5 \frac{kg}{m^3}}{0,001 Pa * s}$$
$$Re_d = 5514,07$$

Determinación de Landa

Landa de succión. Ecuación (7)

$$\lambda_s = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re_s}}$$
$$\lambda_s = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{2757,03}}$$
$$\lambda_s = 0,044$$

Landa de descarga. Ecuación (8)

$$\lambda_d = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re_d}}$$
$$\lambda_d = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{5514,07}}$$
$$\lambda_d = 0,037$$

Resistencia de red de succión. Ecuación (10)

$$R_s = \left(\sum p_s + \lambda_s \frac{L_s}{D_s} \right) \frac{8}{g * \pi^2 * D_s^4}$$
$$R_s = \left(3,4 + 0,044 \frac{0,5m}{0,0254} \right) \frac{8}{9,81 \frac{m}{s^2} * \pi^2 * (0,0254m)^4}$$
$$R_s = 846425,5 \frac{s^2}{m^5}$$

Resistencia de red de descarga. Ecuación (11)

$$R_d = \left(\sum p_d + \lambda_d \frac{L_d}{D_d} \right) \frac{8}{g * \pi^2 * D_s^4}$$
$$R_s = \left(2 + 0,037 \frac{51,72m}{0,0127} \right) \frac{8}{9,81 \frac{m}{s^2} * \pi^2 * (0,0127m)^4}$$
$$R_d = 481770717 \frac{s^2}{m^5}$$

Determinación de la resistencia de la red. Ecuación (9)

$$R = R_s + R_d$$
$$R = 846425 \frac{s^2}{m^5_s} + 481770717 \frac{s^2}{m^5}$$
$$R = 482617142 \frac{s^2}{m^5}$$

Determinación de la altura. Ecuación (12)

$$H = \Delta Z + R * Q^2$$
$$H = 12m + 482617142 \frac{s^2}{m^5} * \left(5,5 * 10^{-5} \frac{m^3}{s} \right)^2$$
$$H = 13,46 m$$

Determinación de cavitación Ecuación (13)

$$NPSH_D = H_{atm} \pm H_s - R_s * Q^2 - H_v$$
$$NPSH_D = 10,515m + 0,5m - 846425 \frac{s^2}{m^5} * \left(5,5 * 10^{-5} \frac{m^3}{s} \right)^2 - 0.17388m$$
$$NPSH_D = 10.84 m$$

Determinación de potencia teórica de la bomba. Ecuación 14

$$P = Q * \Delta z * \rho * g$$
$$P = 5,5 * 10^{-5} \frac{m^3}{s} * 12 m * 997 \frac{kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2}$$
$$P = 6.46 W$$

Determinación de área de barrido. Ecuación 16

$$A = \frac{Q}{l * n}$$
$$A = \frac{2160 \frac{cm^3}{min}}{4cm * 10 \frac{rev}{min}}$$
$$A = 54 cm^2$$

Determinación del volumen del tanque hidroneumático. Ecuación 18

$$V = 0.48 * Q^{0.5} * \Delta Z$$
$$V = 0,48 * 2,16 \frac{l}{min}^{0.5} * 12 m$$
$$V = 8,47 l$$

Cálculo de presión en la bomba. Ecuación 19

$$p = \Delta Z * \rho * g$$
$$p = 12 m * 997 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$
$$p = 117,37 kPa$$

Cálculo de fuerza en función a la presión. Ecuación 20

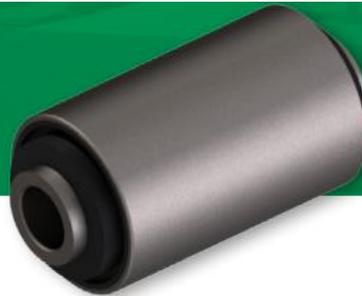
$$F = p * A$$
$$F = 117,37 kPa * 0.0054 m^2$$
$$F = 633 N$$



HOJA TÉCNICA



AISI 1018



Equivalencia:	ASTM A 29/A29M - 16: 1018		DIN 1.1141		JIS S18C	
Composición Química:	%C	%Mn	%P	%S	----	----
	0.15 - 0.20	0.60 - 0.90	0.040 máx.	0.050 máx.	----	----
Condición de Suministro:	Recocido con una dureza estimada 126 HBN (~ 70 HRB) como estirado en frío (SAE J414a).					
Propiedades mecánicas (aprox. a temperatura ambiente):	Resistencia a la tensión MPa (Lb/in ²)		Límite elástico MPa (Lb/in ²)		% Elongación en 2.0"	
	440 (64,000)		370 (54,000)		15	
	Reducción de área %		40			

• Los valores señalados son estimados mínimos y en acabado de estirado en frío, no son mandatorios, y deben tomarse solo como referencia en las características generales de estos aceros (SAE J414a).

• Valores especiales deben ser consultados y acordados con el fabricante.

CARACTERÍSTICAS

- Acero de bajo carbono de excelente forjabilidad en caliente, buena formabilidad en frío y excelente soldabilidad.
- Su maquinabilidad es menor en comparación con los aceros de la serie 11 y 12; de acuerdo a SAE J414a, presenta una capacidad de maquinado del 70 % con respecto al acero 1212 AISI (referido como 100 %).
- Como acabado de laminado en caliente, sus propiedades mecánicas y dureza, están por debajo de las anteriormente señaladas.
- Como acabado de laminado en caliente, puede presentar defectos inherentes de laminación (proceso de conformado en caliente), tales como, grietas, traslapes, ovalamiento, picaduras, oxidación, etc.; mismas que de no eliminarse, pueden afectar el uso final del producto.
- Como acabado de estirado en frío (directo de la laminación en caliente), puede presentar los mismos defectos que como laminado en caliente, salvo en una menor profundidad; referirse la norma ASTM A108-13.
- Como pelado y enderezado, los defectos inherentes al proceso de laminación en caliente, pueden haberse eliminado, sin que esto sea una garantía, salvo que, de esta manera haya sido expresado y acordado.
- El proceso de estirado en frío, confiere un nivel de endurecimiento superficial, además de mejorar ligeramente su maquinabilidad.
- Acero no sujeto a endurecimiento por temple convencional por su bajo contenido de carbono (ver tratamiento térmico).

APLICACIONES

- Es empleado en la fabricación de partes mecánicas para las industrias metalmeccánica, automotriz, construcción, entre otras, como tornillería, bujes, coples, elementos de sujeción (tensores para estructuras), flechas y partes donde se requiera desarrollar una dureza superficial vía tratamiento termoquímico de cementación o carbonitruración, contando con un núcleo suave y tenaz.
- Al ser empleado como anclaje de sujeción en la industria de la construcción u horquilla de sujeción en la industria de autotransportes, debe tomarse en consideración que el proceso de doblado en frío se haga de forma lenta, uniforme y en un solo evento, colocando como mandril guía de doblez una barra que tenga al menos dos veces el diámetro de la barra a ser doblada, de lo contrario, se corre el riesgo de generar fisuras o fracturas en la parte exterior del doblez.
- Puede sustituir al acero 12L14 AISI, siempre y cuando no se requiera la producción de altos volúmenes de fabricación, debido a su menor maquinabilidad.
- Puede sustituir al acero 1045 AISI en aplicaciones de menor esfuerzo mecánico, y donde no sea requerido endurecimiento total.



AISI 1018

TRATAMIENTO TÉRMICO (Recomendaciones generales)

RECOCIDO COMPLETO:

- Calentar a 885 °C y enfriar lento, preferentemente en horno a una velocidad no mayor de 25°C / h., hasta 650°C, y posteriormente al aire.

ENDURECIMIENTO

CEMENTACIÓN:

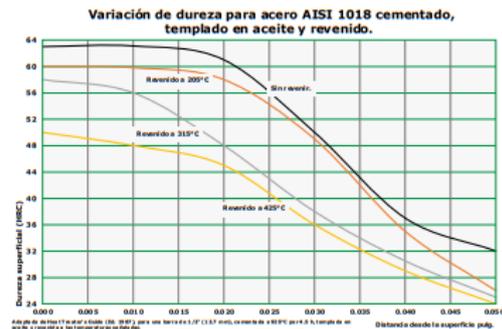
- Para el caso de la cementación, el acero deberá someterse a una atmósfera carburante (líquida, sólida o gaseosa) a una temperatura que varía entre 870 – 955 °C; el tiempo de permanencia, estará en función de la profundidad de capa deseada.

TEMPLE:

- Disminuya la temperatura a 845 °C (proceso de difusión) una vez terminado el tiempo de cementación, y enfríe directamente, preferentemente en aceite.

REVENIDO:

- El proceso de revenido es una práctica conveniente aun cuando se tenga una pérdida de dureza. Use la gráfica siguiente como una guía de la dureza resultante en función de la temperatura de revenido.



Los datos aquí proporcionados están basados en conocimientos actuales y tienen por objetivo dar una información y guía general, así como sus campos de aplicación; por lo que no se debe considerar sea una garantía de la funcionalidad en cualquier tipo de aplicación.



MANUAL DE OPERACIÓN

Tema: Manual de operación y mantenimiento bomba hidráulica de diafragma.

INTRODUCCIÓN

El propósito de este manual es proporcionar a los operadores, técnicos y estudiantes una guía detallada y completa para la operación segura, eficiente y adecuada de la bomba hidráulica de diafragma. Este manual tiene como objetivo principal garantizar el funcionamiento óptimo de la bomba, minimizando el riesgo de daños y asegurando la prolongación de su vida útil. A través de instrucciones claras, procedimientos detallados y consejos prácticos, este manual busca empoderar a los usuarios para que puedan realizar la instalación, operación y mantenimiento adecuados de la bomba con confianza y conocimiento.

La bomba hidráulica de diafragma es un dispositivo versátil diseñado para transportar fluidos a través de un sistema cerrado utilizando la presión generada por un diafragma flexible. Esta innovadora tecnología de bombeo es ampliamente utilizada en una variedad de aplicaciones industriales y comerciales debido a su capacidad para manejar fluidos corrosivos, abrasivos y viscosos con eficiencia y confiabilidad.

COMPONENTES PRINCIPALES

- **Sistema biela manivela:** Este sistema se encarga de transmitir la fuerza proporcionada por la rueda hidráulica a la bomba, está compuesto por una brida y una biela, que transforman el movimiento rotativo a movimiento lineal.
- **Cuerpo de la Bomba:** El cuerpo de la bomba está diseñado para contener y dirigir el flujo del líquido. Está construido con materiales resistentes a la corrosión para adaptarse a las propiedades del fluido bombeado.
- **Diafragma:** El diafragma es una membrana flexible que separa la cámara de bombeo en dos partes. Cuando el diafragma se contrae y se expande debido a la presión hidráulica, fuerza al fluido a moverse a través del sistema.

- **Válvulas de Entrada y Salida:** Estas válvulas permiten el flujo controlado de fluido hacia y desde la cámara de bombeo. Las válvulas de entrada se abren para permitir que el fluido entre (válvula de pie), mientras que las válvulas de salida se abren para permitir que el fluido salga (válvula tipo check).
- **Conexiones y Tuberías:** Las conexiones hidráulicas y las tuberías dirigen el flujo del fluido hacia y desde la bomba, conectándola al sistema donde se utilizará el fluido bombeado.
- **Sellos y Juntas:** Los sellos y juntas aseguran que el fluido se mantenga confinado en la cámara de bombeo y evitan fugas no deseadas.

SEGURIDAD

Instrucciones de Seguridad Generales:

- **Equipo de Protección Personal (EPP):** Siempre usa el equipo de protección personal adecuado antes de operar la bomba. Al tener mecanismos expuestos es necesario el uso de guantes y calzado adecuado.
- **Formación y Capacitación:** Asegurarse que los operadores estén familiarizados con los procedimientos de operación y medidas de seguridad.
- **Lectura del Manual:** Antes de operar la bomba, lee y comprende completamente este manual, incluidas las instrucciones de seguridad y los procedimientos de operación y mantenimiento.
- **Inspección Previa:** Realiza una inspección visual de la bomba antes de cada uso para identificar daños, fugas o signos de desgaste. No utilices la bomba si se encuentran problemas.
- **Ubicación y Montaje:** Instala la riobomba en una superficie nivelada y estable, siguiendo las pautas de instalación proporcionadas en este manual. Asegúrate de que todas las conexiones estén seguras y bien ajustadas.
- **Zona de Peligro:** Mantén a los operadores y a otras personas alejados de la zona de operación y de cualquier parte móvil de la bomba mientras esté en funcionamiento.
- **Fugas y Derrames:** Si detectas fugas de fluido o derrames, detén inmediatamente la bomba y toma medidas para contener y limpiar el área antes de continuar.
- **Apagado y Bloqueo:** Antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento o reparación, asegúrate de que la bomba no esté en funcionamiento.

- **Comunicación:** Mantén una comunicación constante con otros trabajadores en el área para garantizar la seguridad y coordinar las operaciones.

INSTALACIÓN

- **Preparación Previa:**

Verifica que todos los componentes de la bomba estén presentes y en buenas condiciones antes de comenzar la instalación.

Asegúrate de contar con las herramientas y equipos necesarios para la instalación, como herramientas de mano, conexiones, sellos y juntas.

- **Ubicación y Montaje**

Asegúrate de que la superficie de montaje esté nivelada, sea estable y pueda soportar el peso, para mantenerla firmemente fija y aprovechar al máximo el caudal del río.

Es importante recalcar que el nivel de agua no debe sobrepasar la altura de cualquier álabe, es decir, no mayor a 65 cm.

El sistema biela manivela debe estar correctamente alineado con el árbol, ya que una ligera desviación puede generar problemas en los elementos, hasta el punto de poder quebrarlos.

- **Conexiones Hidráulicas:**

Utiliza sellos y juntas apropiados en las conexiones para prevenir fugas. Además, asegúrate de que los eslabones estén correctamente lubricados para evitar pérdidas por fricción. Se recomienda el uso de grasa de grafito, ya que es resistente al agua.

Asegúrate de que todas las conexiones estén bien ajustadas y seguras. Esto abarca tanto los acoples para la manguera instalada en la bomba como en el tanque hidroneumático

- **Posicionamiento de las Válvulas:**

Verifica que las válvulas estén en la posición correcta antes de iniciar la operación. Tanto la válvula tipo check como la válvula de pie son dispositivos antirretornos, por lo que es crucial

seguir la dirección indicada por el fabricante, la cual se señala mediante una flecha, como se puede ver en la figura 2.7.

- **Pruebas Iniciales:**

Antes de poner en marcha la bomba, verifica nuevamente todas las conexiones y asegúrate de que no haya fugas.

Asegúrate de que todas las válvulas estén correctamente configuradas antes de comenzar la operación.

- **Encendido Inicial:**

Inicia la bomba de acuerdo con los procedimientos detallados en la sección de operación.

Monitorea las primeras operaciones para detectar cualquier problema, ruido inusual o comportamiento anómalo.

- **Verificación de Operación:**

Una vez que la bomba esté funcionando, verifica que el flujo y potencia sean los adecuados para cada altura.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

- **Inspecciones Regulares:**

Establece un calendario de inspecciones periódicas para verificar el estado general de la bomba y sus componentes.

Realiza inspecciones visuales para detectar signos de desgaste, corrosión, fugas y daños en los componentes.

- **Limpieza y Lubricación:**

Limpia regularmente la bomba para mantenerla libre de suciedad, polvo y otros contaminantes.

Lubrica las partes móviles de acuerdo con las recomendaciones ya mencionadas para garantizar un funcionamiento suave.

- **Reemplazo de Diafragma:**

La bomba de diafragma tiene una vida útil de 5 años, sin embargo, hay que realizar inspecciones periódicas buscando signos de desgaste, deformaciones o cualquier tipo de daño

- **Verificación de Válvulas:**

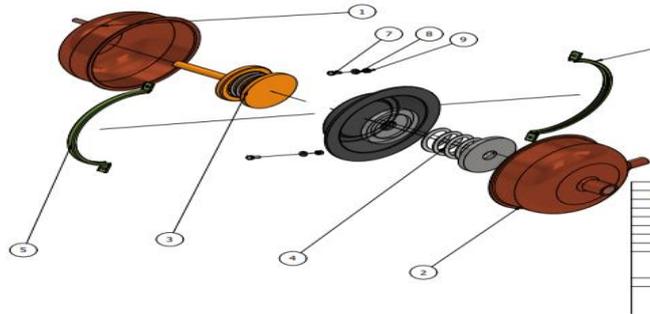
Inspecciona y prueba las válvulas de entrada y salida para asegurarte de que estén funcionando correctamente.

Limpia o reemplaza las válvulas si se observan problemas de flujo o fugas.

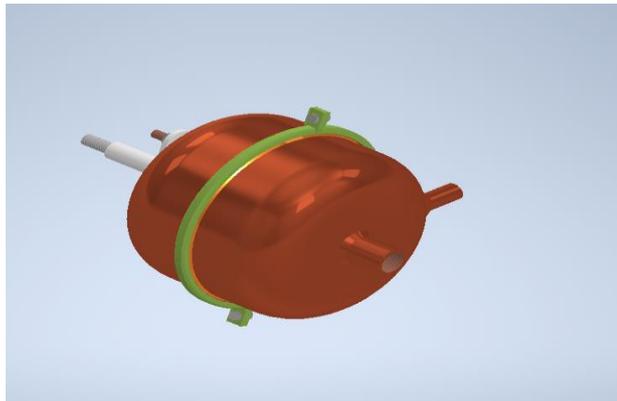
Anexo V

Diseño en Inventor de la bomba de diafragma

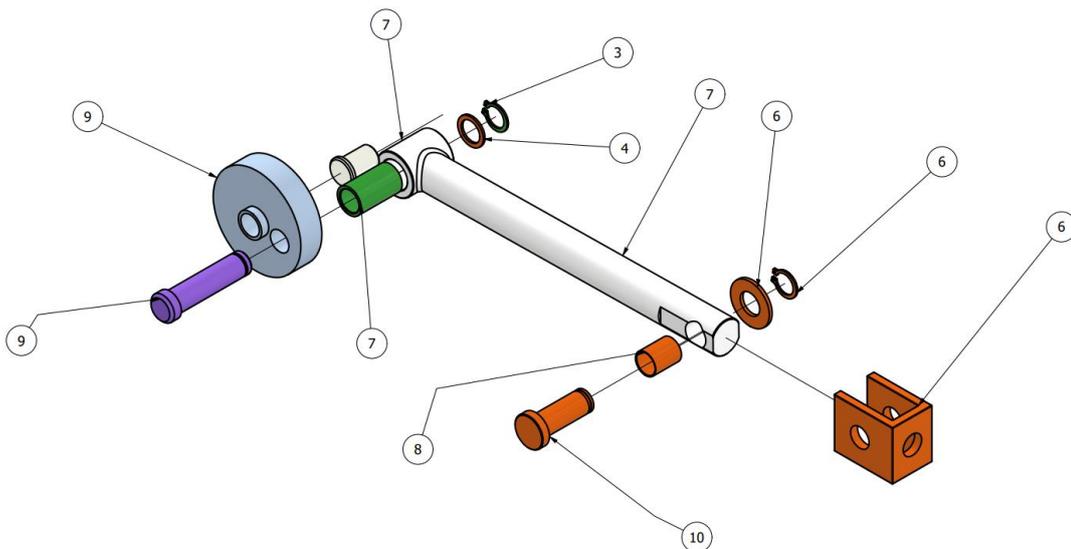
1/2



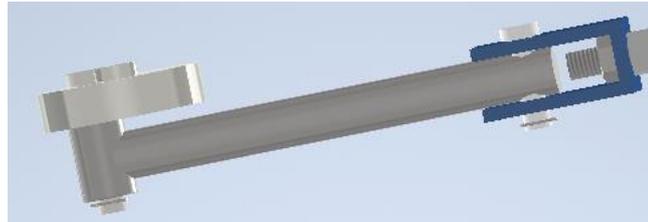
Anexo 7.1: Diseño de la bomba de diafragma en Inventor



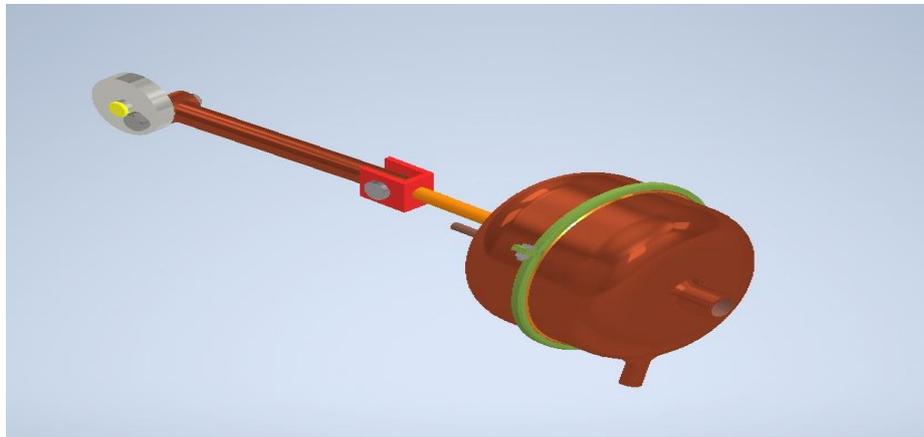
Anexo 7.2: Simulación en el software Inventor



Anexo 7.: Diseño del sistema de transmisión Biela manivela



Anexo 7.4: Simulación en el software



Anexo 7.8: Ensamble de la bomba de diafragma al sistema de transmisión

Anexo VI

Ensamble de bomba de diafragma

1/2



Anexo 7.5: Bomba de diafragma



Anexo 7.6: Fuerza de oposición del diafragma en relación al desplazamiento

Anexo VI

Ensamble de bomba de diafragma

2/2



Anexo 7.7: Sistema de transmisión Biela-Manivela



Anexo 7.9: Ensamble del sistema de bombeo a la rueda hidráulica



Anexo 7.10: Ensamble del sistema hidroneumático a la bomba



Anexo 7.11: Sistema de bombeo



Anexo 7.12: Instalación en el caudal del Río



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



Ingeniería
Electromecánica

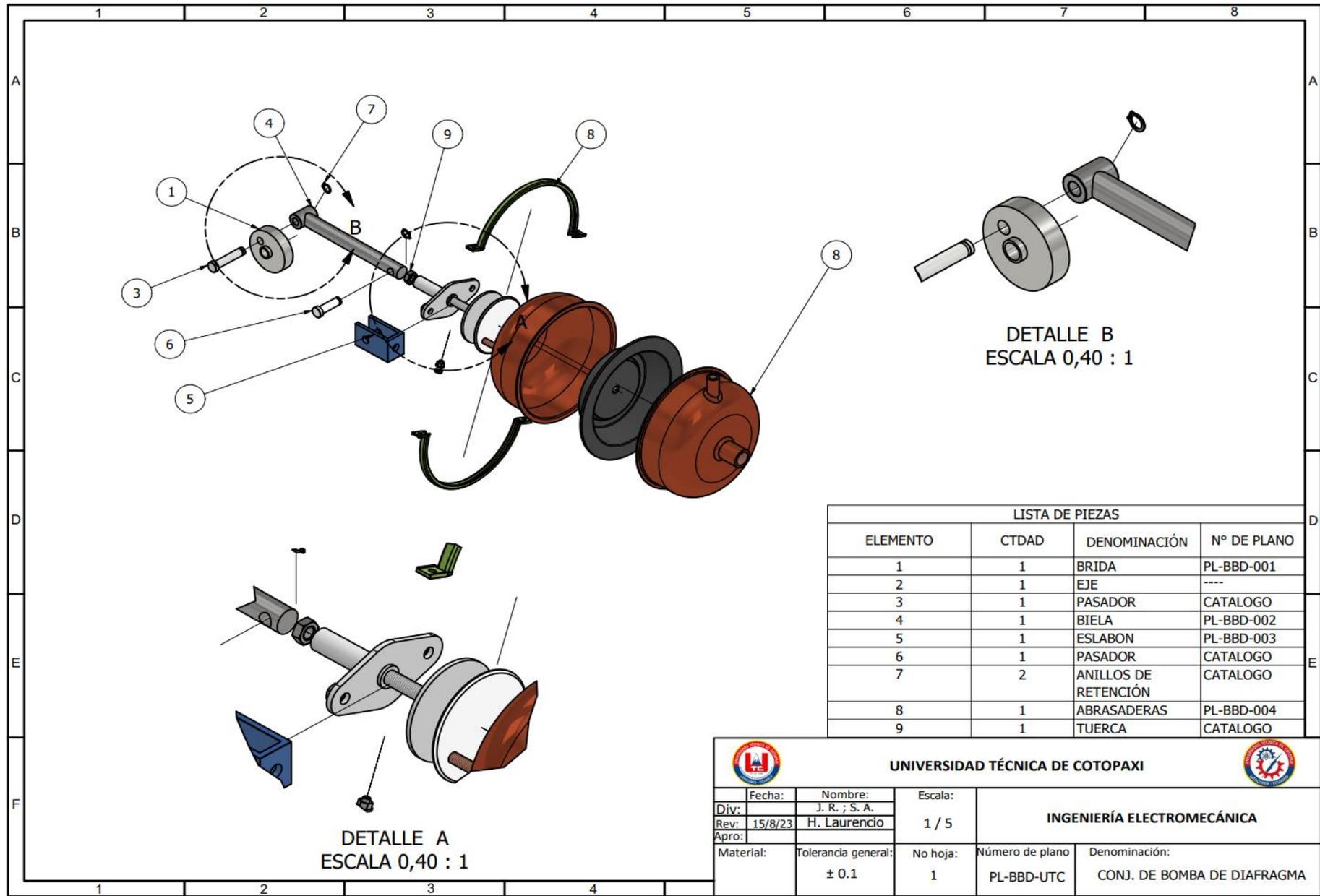
Anexo VII

Instalacion y prueba en campo

2/2



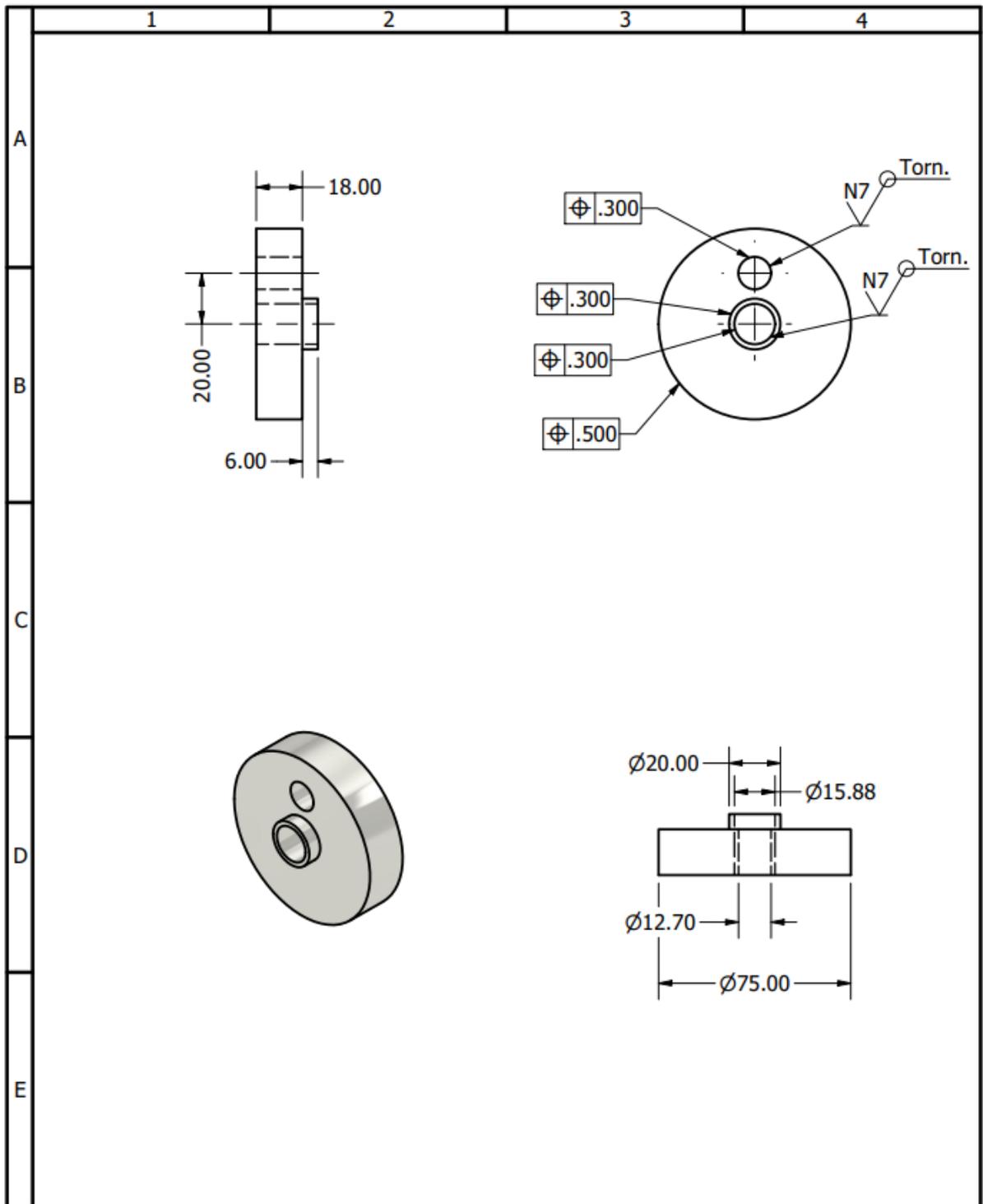
Anexo 7.13: Pruebas de salida de agua



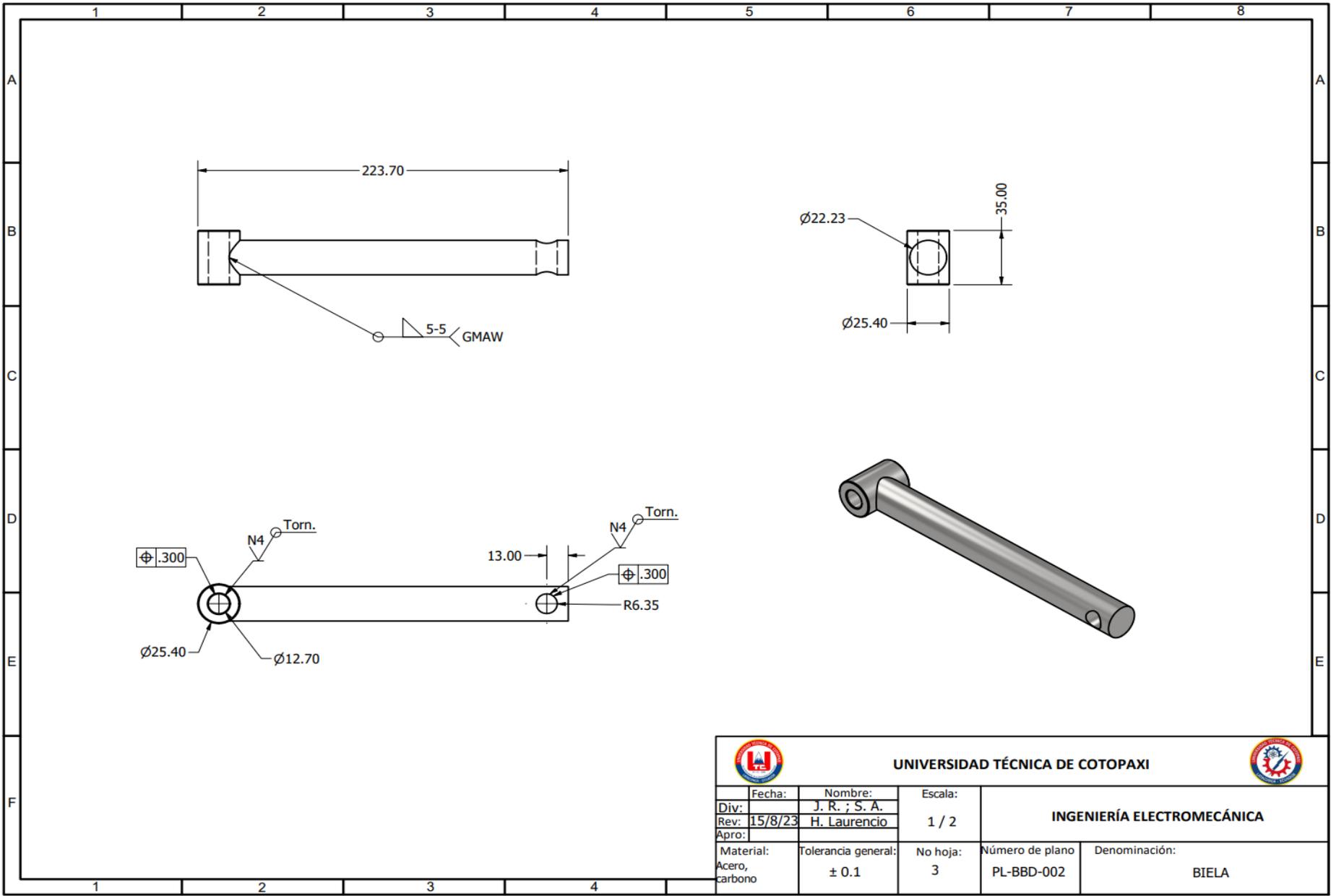
LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	DENOMINACIÓN	Nº DE PLANO
1	1	BRIDA	PL-BBD-001
2	1	EJE	----
3	1	PASADOR	CATALOGO
4	1	BIELA	PL-BBD-002
5	1	ESLABON	PL-BBD-003
6	1	PASADOR	CATALOGO
7	2	ANILLOS DE RETENCIÓN	CATALOGO
8	1	ABRASADERAS	PL-BBD-004
9	1	TUERCA	CATALOGO

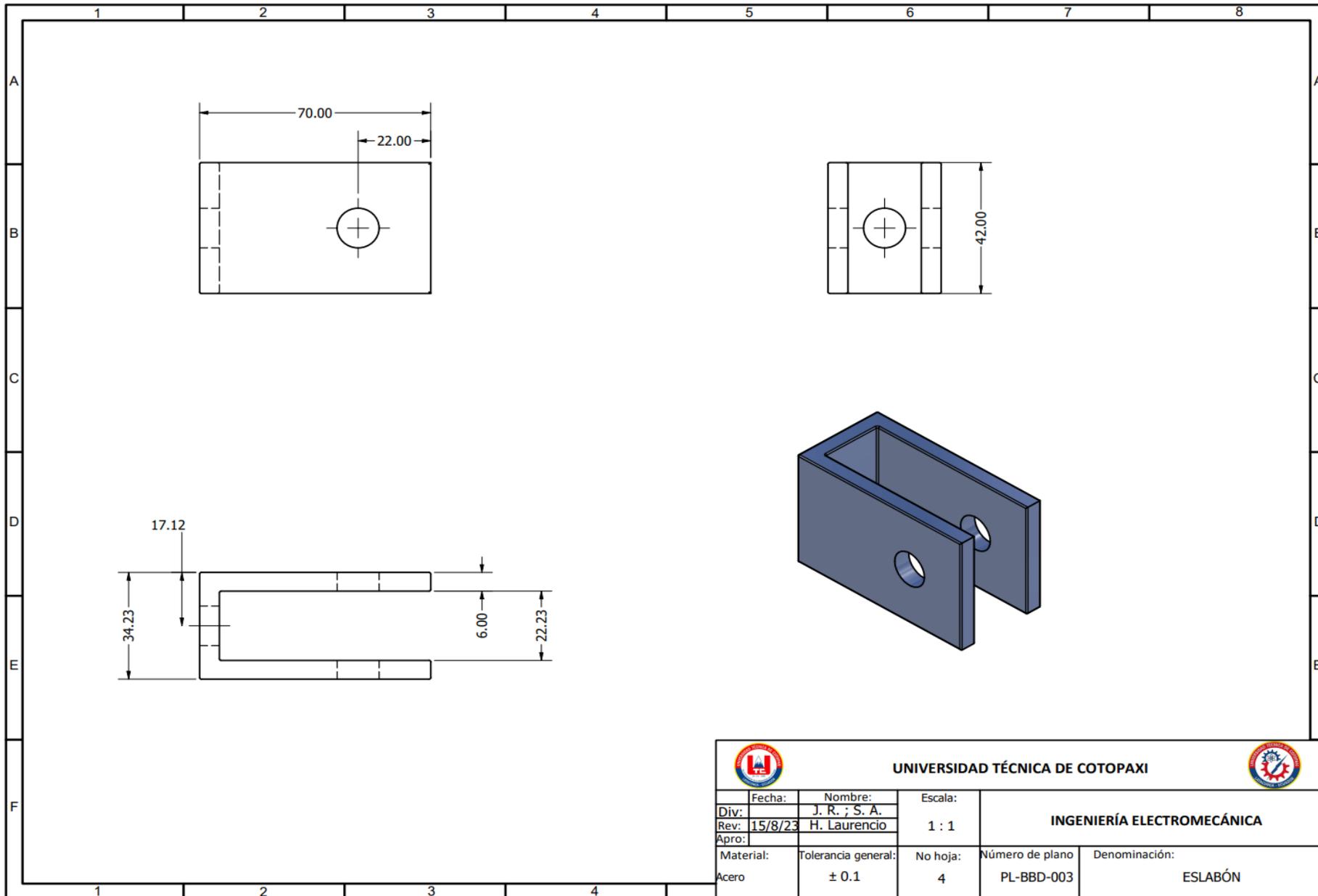
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Div:	J. R. ; S. A.	1 / 5		
Rev:	15/8/23 H. Laurencio			
Apr:				
Material:	Tolerancia general:	No hoja:	Número de plano:	Denominación:
	± 0.1	1	PL-BBD-UTC	CONJ. DE BOMBA DE DIAFRAGMA



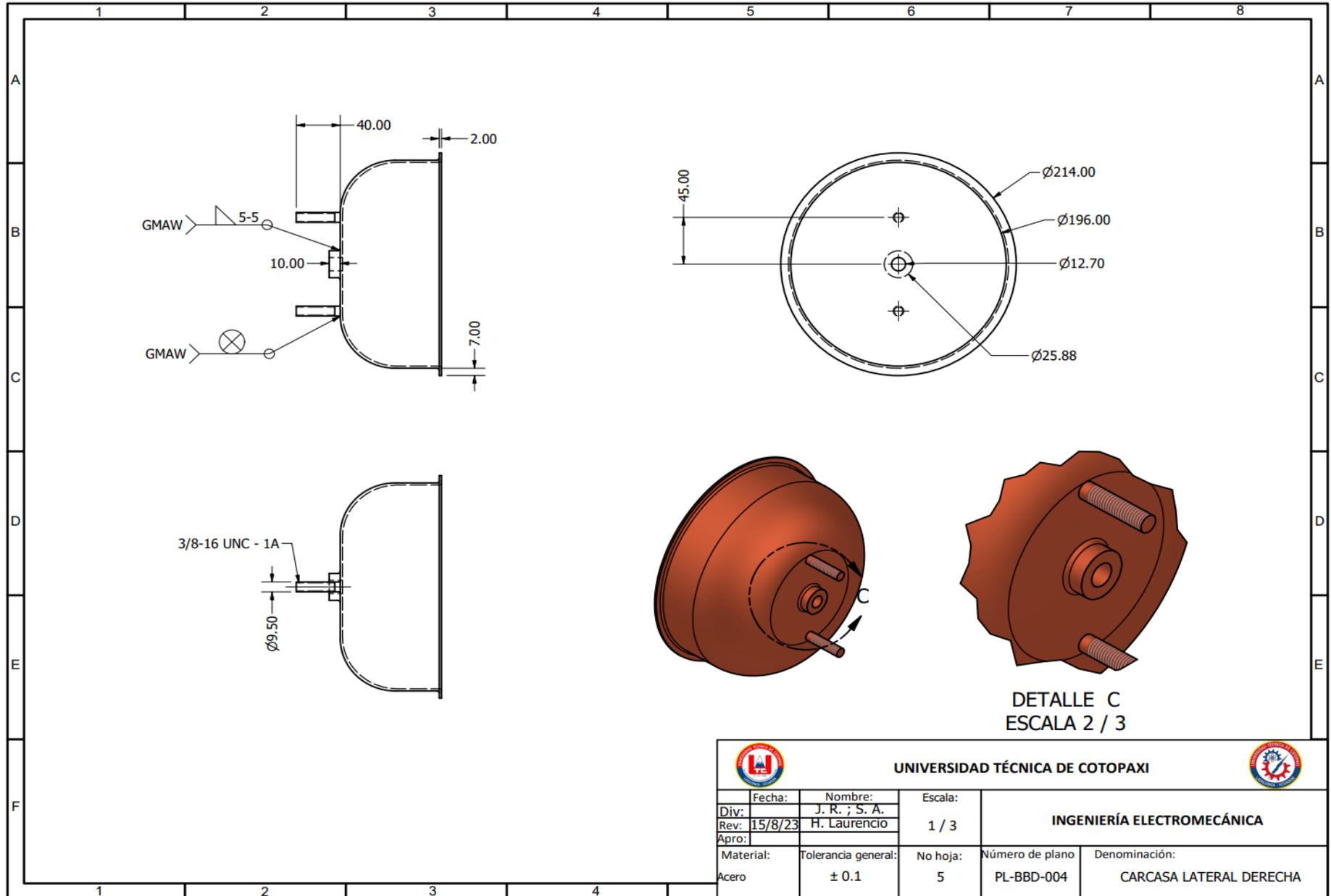
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 			
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
Div: 15/8/23 J. R. ; S. A.	H.	1 / 2	
Rev:	Laurencio		
Apro:	Tolerancia general:	No hoja:	Número de plano
Material: Acero	± 0.1	2	Denominación: Brida



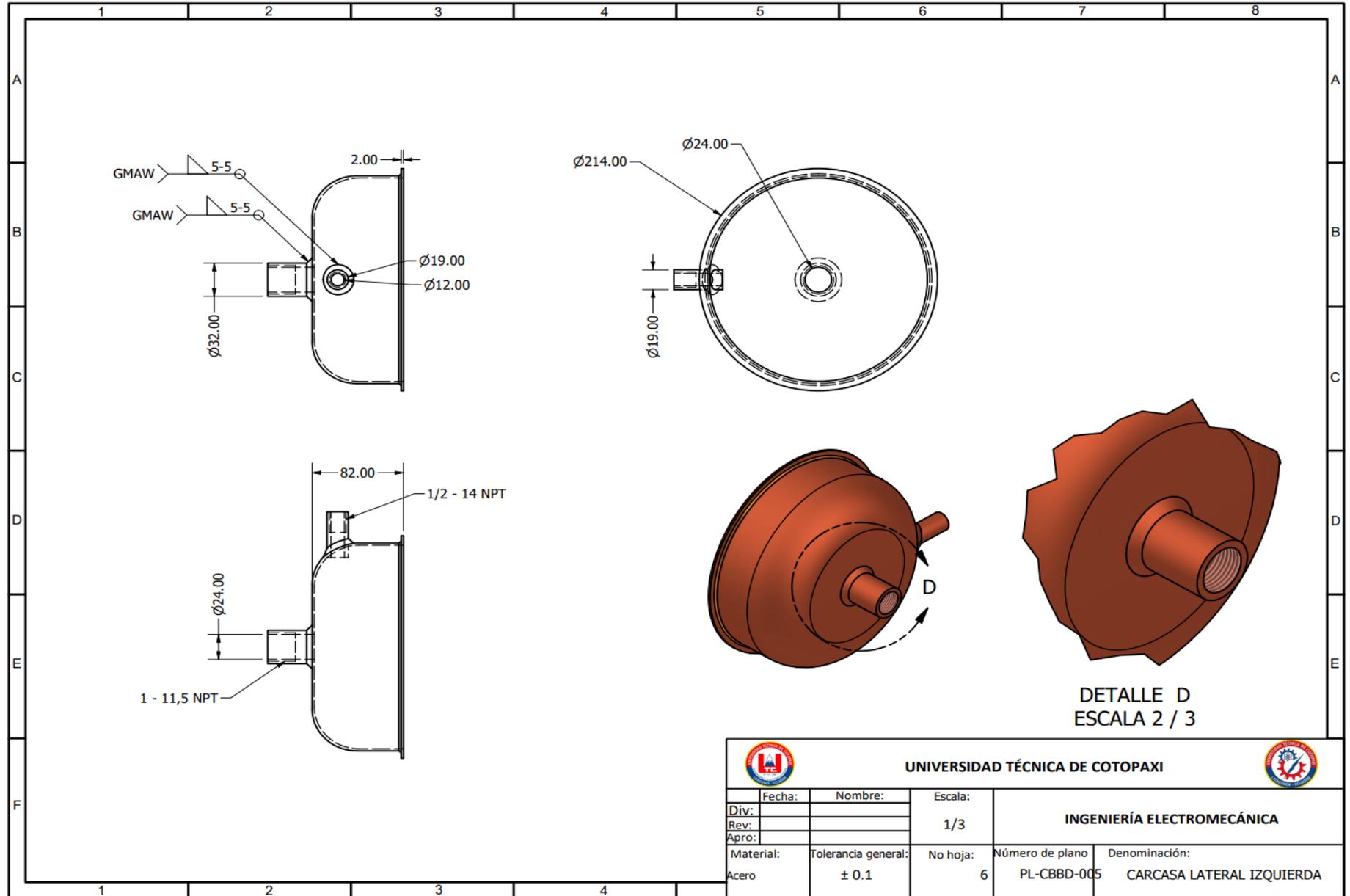
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			
Div: J. R. ; S. A.		1 / 2				
Rev: 15/8/23	H. Laurencio					
Apro:						
Material: Acero, carbono	Tolerancia general: ± 0.1	No hoja: 3	Número de plano: PL-BBD-002	Denominación: BIELA		



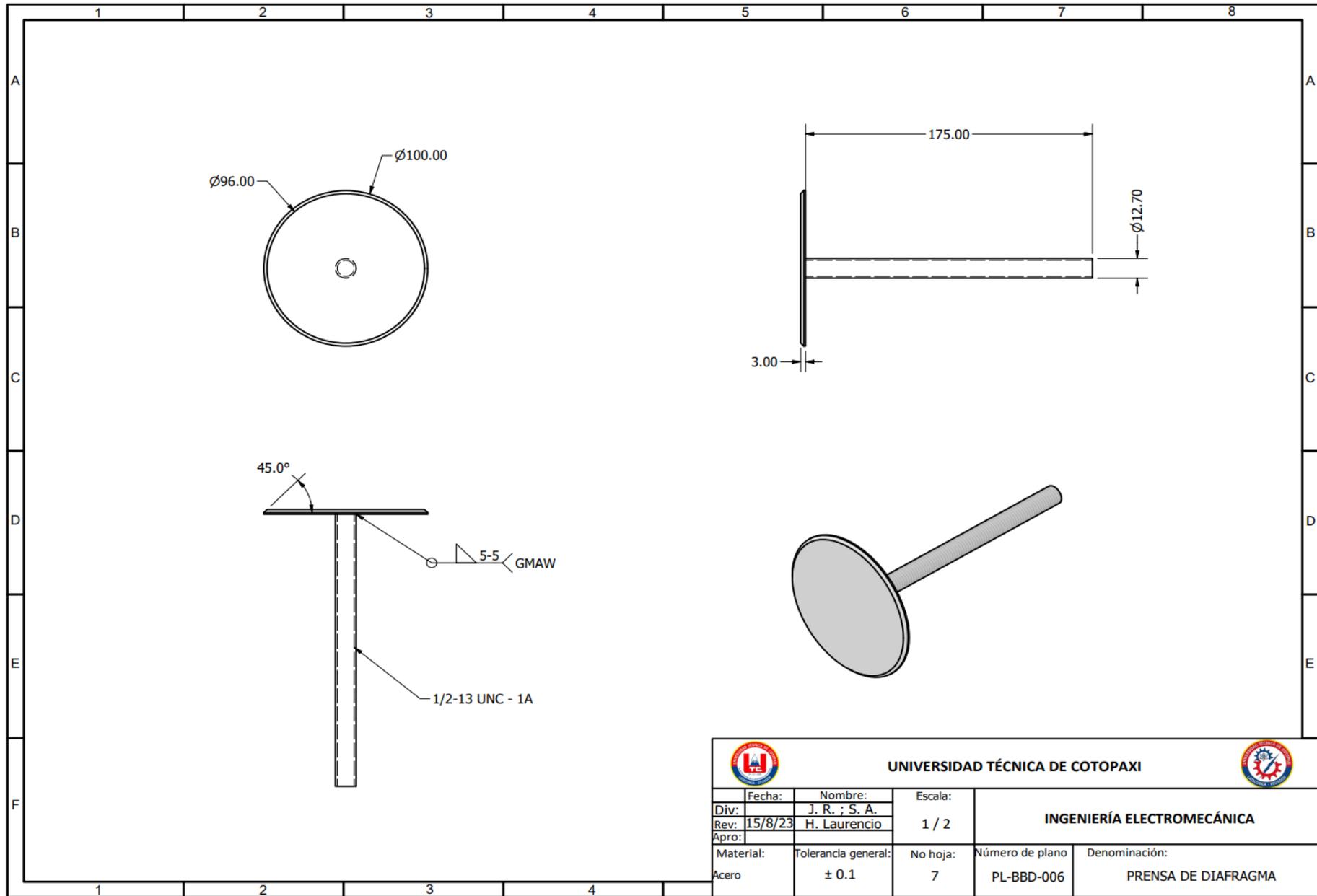
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
Div: J. R. ; S. A.	Rev: 15/8/23 H. Laurencio	1 : 1				
Apro:						
Material: Acero	Tolerancia general: ± 0.1	No hoja: 4	Número de plano: PL-BBD-003	Denominación: ESLABÓN		

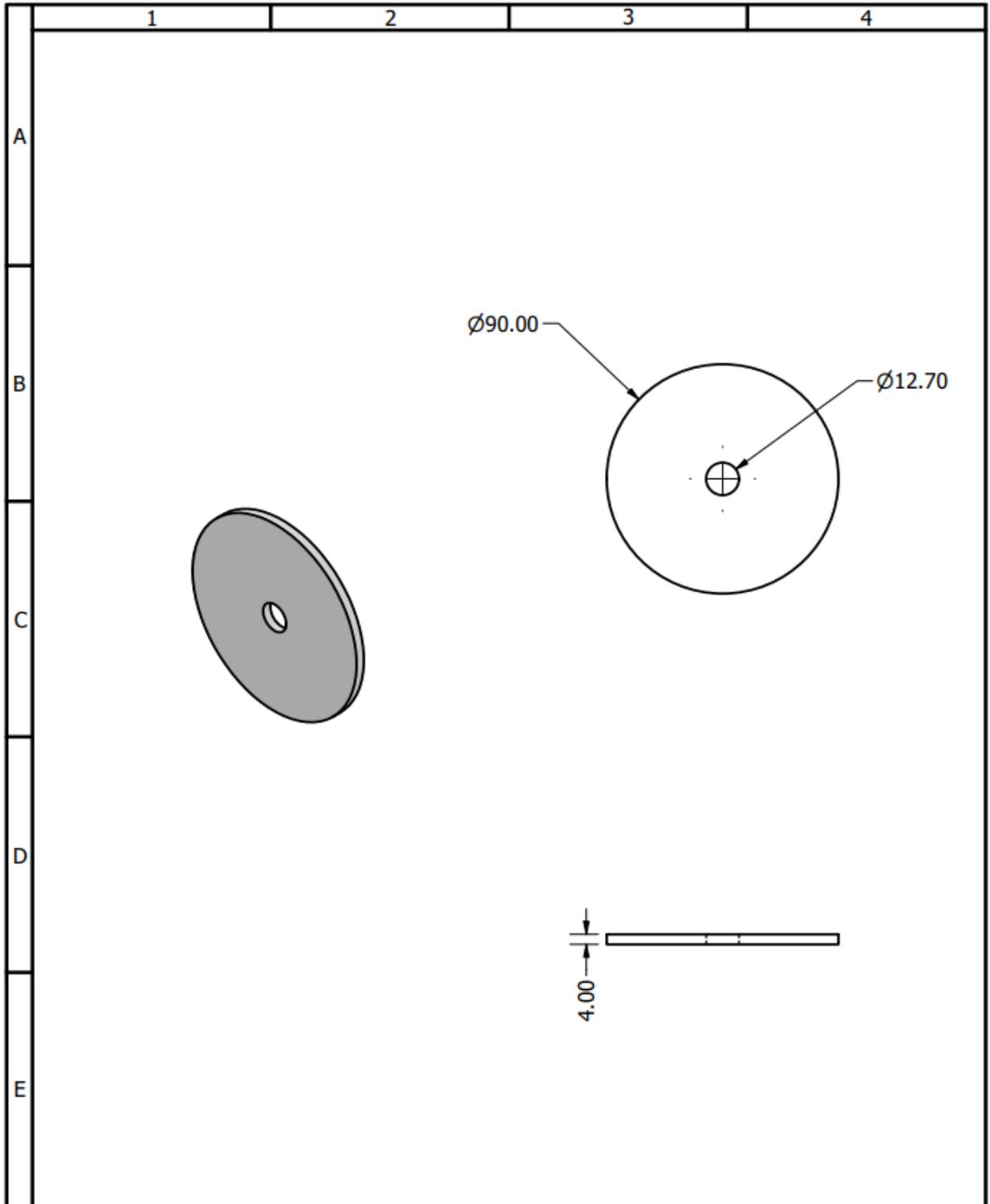


		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		
Div:	J. R. ; S. A.	1 / 3			
Rev:	15/8/23 H. Laurencio				
Apro:					
Material:	Tolerancia general:	No hoja:	Número de plano:	Denominación:	
Acero	± 0.1	5	PL-BBD-004	CARCASA LATERAL DERECHA	

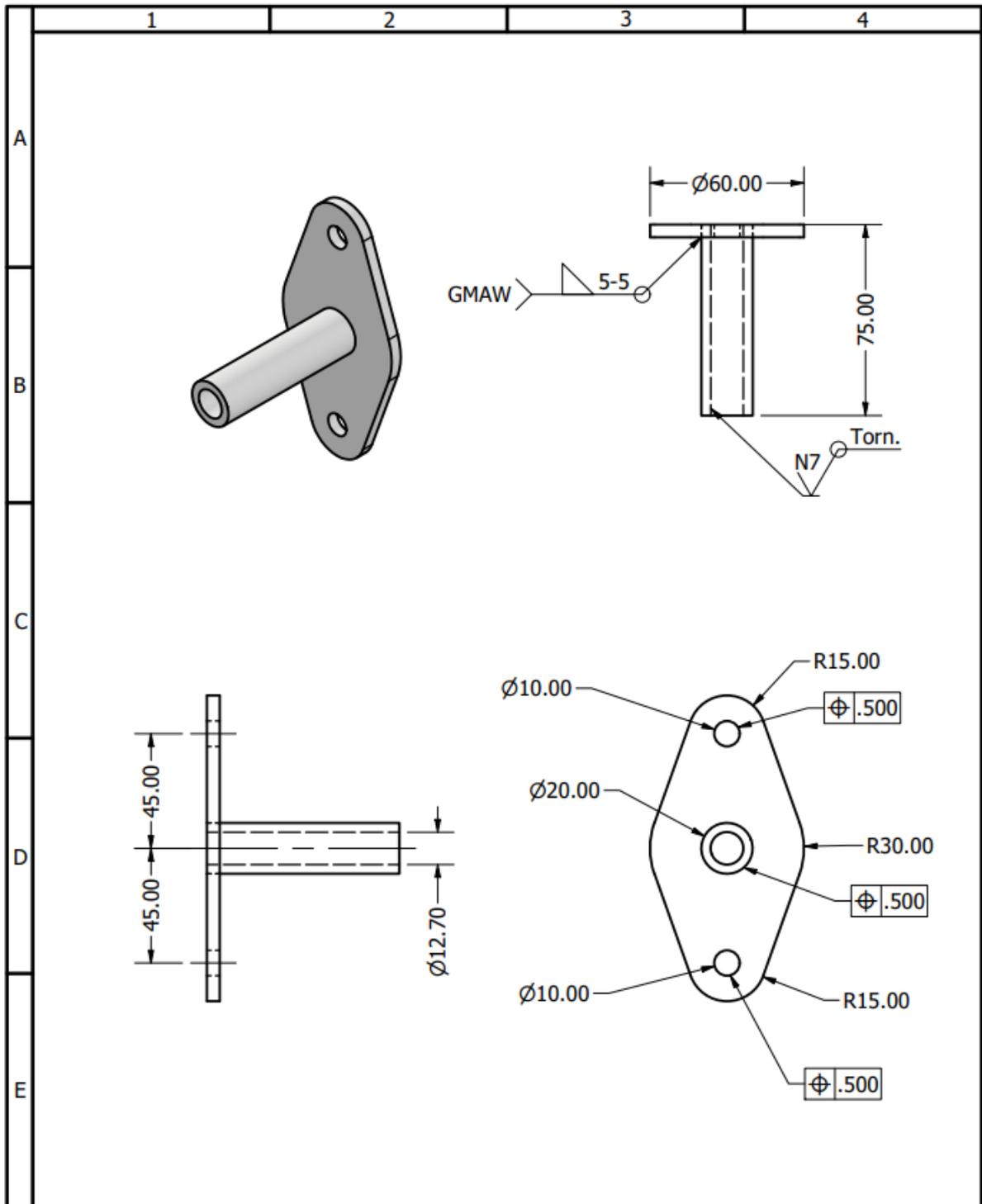


		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
Div:		1/3				
Rev:						
Apro:						
Material:	Tolerancia general:	No hoja:	Número de plano	Denominación:		
Acero	± 0.1	6	PL-CBBD-005	CARCASA LATERAL IZQUIERDA		

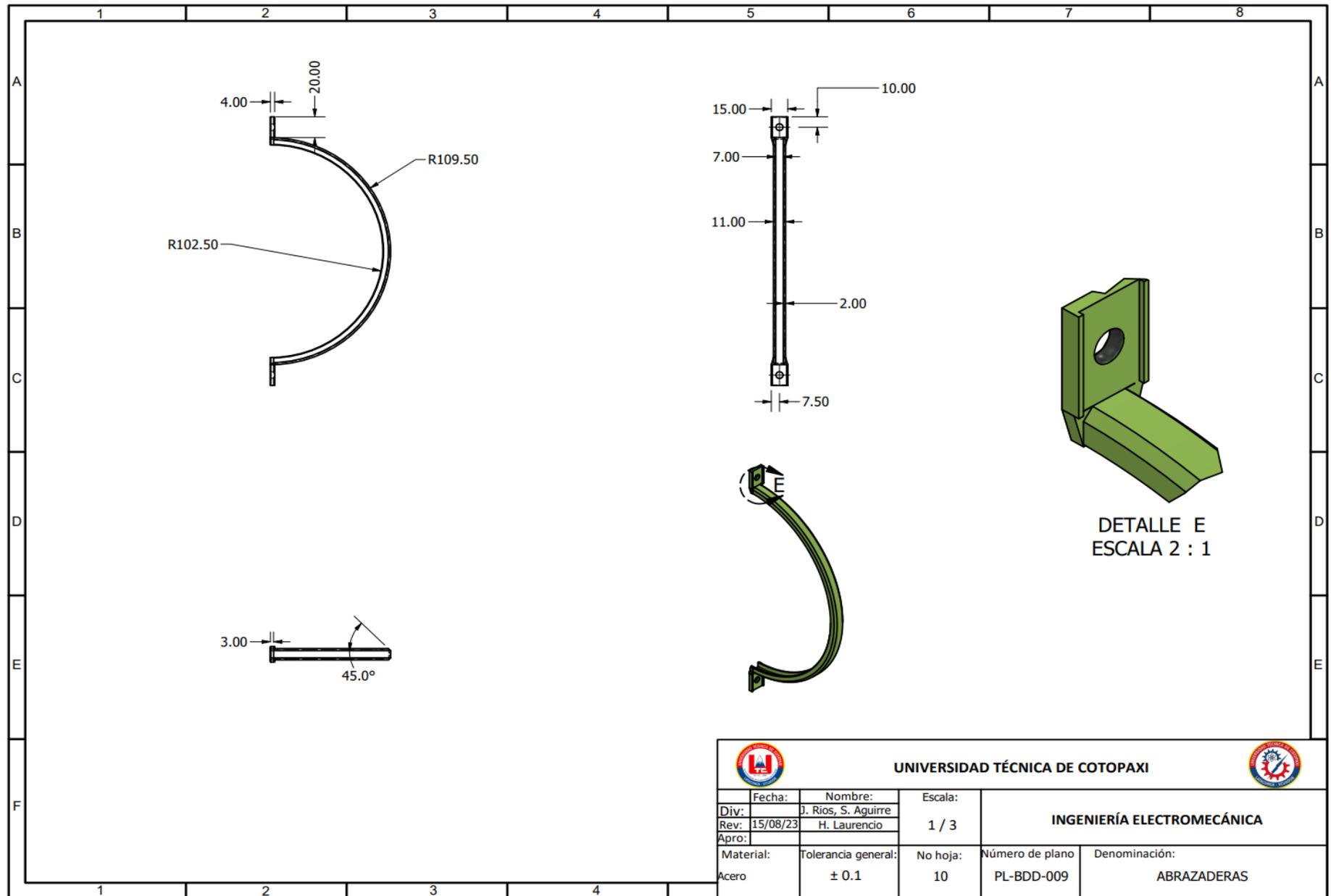




				 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 				
				Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
				Div:	J. R. ; S. A.	1 / 2		
				Rev:	15/8/23 H. Laurecio			
				Apro:				
				Material:	Tolerancia general:	No hoja:	Número de plano	Denominación:
				Genérico	± 0.1	8	PL-BBD-007	Rodela



				UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
		Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
		Div:	J. R. ; S. A.	1 / 2			
		Rev:	15/8/23 H.				
		Apro:	Laurencio	No hoja:	Número de plano	Denominación:	
		Material:	Tolerancia general:	9	PL-BBD-008	BASE EXTERIOR	
		Acero	± 0.1				



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
Div: J. Rios, S. Aguirre		1 / 3				
Rev: 15/08/23	H. Laurencio					
Apro:						
Material: Acero	Tolerancia general: ± 0.1	No hoja: 10	Número de plano: PL-BDD-009	Denominación: ABRAZADERAS		