

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

TEMA:

"Diseño, construcción y validación de un banco hidráulico didáctico para ensayos de laboratorio"

Trabajo de titulación modalidad proyecto técnico previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

AUTORES: Amaguaña Guaman Edisson Mauricio

Toapanta Calapaqui Erik Anderson

TUTOR: Ing. Gonzalo Eduardo López Villacís, Mg.

Ambato-Ecuador

Junio - 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: "**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN BANCO HIDRÁULICO DIDÁCTICO PARA ENSAYOS DE LABORATORIO"**, elaborado por los Sres**. Edisson Mauricio Amaguña Guaman**, portador de la cédula de ciudadanía: C.C: 1805069315 y **Erik Anderson Toapanta Calapaqui**, portador de la cédula de ciudadanía: C.C: 0550275549 estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Proyecto Técnico es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, junio 2026



Ing. Gonzalo Eduardo López Villacís, Mg

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Edisson Mauricio Amaguaña Guaman,** con C.C: 1805069315 y **Erik Anderson Toapanta Calapaqui**, con C.C: 0550275549, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **"DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN BANCO HIDRÁULICO DIDÁCTICO PARA ENSAYOS DE LABORATORIO"**, así como también las ideas de diseño, figuras, tablas, discusión de los resultados, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del trabajo técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo

Ambato, junio 2026





Edisson Mauricio Amaguaña Guaman
CC: 1805069315
AUTOR

Erik Anderson Toapanta Calapaqui
CC: 0550275549
AUTOR

DERECHO DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los derechos patrimoniales de nuestro Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realizó respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, junio 2026





Amaguaña Guaman Edisson Mauricio
CC: 1805069315
AUTOR

Toapanta Calapaqui Erik Anderson
CC: 0550275549
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del proyecto técnico realizado por los estudiantes **Edisson Mauricio Amaguaña Guaman**, con C.C: 1805069315 y **Erik Anderson Toapanta Calapaqui**, con C.C: 0550275549 de la carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **"DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE UN BANCO HIDRÁULICO DIDÁCTICO PARA ENSAYOS DE LABORATORIO"**

Ambato, junio 2026



Ing. Mauricio Carrillo Mg.
CC: 1802147890
cmcarillo@uta.edu.ec
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Alex Mayorga Mg.
CC: 1802165785
asmayorga@uta.edu.ec
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación está dirigido, sobre todo, a Dios, a la Virgen del Cisne y a San Isidro Labrador, ya que me proporcionaron la fortaleza necesaria para avanzar con determinación y concluir satisfactoriamente este importante periodo de mi vida.

A mis abuelos y a mi padre, que siguen siendo el motor de mi vida a pesar de que ya no están físicamente conmigo. Su amor, esfuerzo, humildad y enseñanzas valiosas fueron el soporte esencial que me motivó a continuar y no desistir hasta lograr este objetivo. Este trabajo también es dedicado con profundo amor, respeto y gratitud.

A mi madre y mis hermanos, quienes me alentaron a seguir adelante en los momentos más difíciles con su apoyo incondicional, confianza en mí y palabras de aliento, ayudándome a ser constante hasta que este sueño se cumpliera.

A mi pareja por ser una persona quien me ha motivado y apoyado en todo momento.

Por último, a mi sobrino, quien ha sido una fuente de inspiración y alegría en mi vida. Que con su llegada me ha inspirado a continuar y a ser un modelo de lucha, perseverancia y trabajo duro para su futuro.

Este trabajo lo dedico, con aprecio y agradecimiento, a todas las personas que formaron parte de este éxito y que colaboraron, de alguna forma, para lograr esta meta tan significativa.

Edisson Mauricio Amaguaña Guaman

Primero, dedico este trabajo a Dios, pues me ha bendecido con la salud y la vida cada día, ha sido mi guía espiritual y me ha proporcionado el conocimiento y la fortaleza que necesito para superar cada obstáculo en esta ruta. Estar presente ha sido mi tranquilidad en los momentos más inciertos.

A mi querida familia, por ser el soporte más firme de mi vida y la razón incesante para buscar superarme. A mis padres, por sus sabias recomendaciones, su amor sin condiciones y por los sacrificios que llevaron a cabo para ofrecerme un futuro más prometedor. A mis hermanos y seres amados, por su presencia, su confianza en mí y por ser ese refugio seguro donde hallé apoyo y palabras de ánimo cuando parecía que me iba a vencer el cansancio.

A todos esos amigos y compañeros que fueron parte de esta etapa, compartiendo conmigo tanto las alegrías de los logros como las enseñanzas de los momentos difíciles, ofreciéndome su mano amiga sin esperar nada a cambio.

Este éxito es el objetivo de un esfuerzo prolongado que no habría sido posible sin el apoyo, la confianza y el cariño de todos ustedes. Este éxito es de ustedes, con un agradecimiento profundo.

Erik Anderson Toapanta Calapaqui

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a la Virgen del Cisne y a San Isidro Labrador que con su bendición y protección me han permitido concluir con salud una de mis metas más importantes.

A mi madre y hermanos, por sus palabras de aliento, consejos y sacrificios que me motivaron a continuar cuando las cosas se veían difíciles. Confiar en mí y esforzarse han sido, entre otras cosas, las principales motivaciones para lograr este objetivo.

A mi pareja por influenciar con el motivo de superación y esfuerzo para terminar mi trabajo de titulación.

A mi tutor, Ing. Gonzalo López, por su apoyo, confianza y orientación a lo largo de la realización de este proyecto. Gracias por compartir sus conocimientos, su experiencia y sus enseñanzas en el campo de lo profesional; esto ha ayudado considerablemente a mi educación académica y al logro de esta importante meta.

Finalmente, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al proceso y ayudaron a alcanzar este objetivo, ya sea de una manera o de otra. Agradezco sus palabras de aliento, consejos, ayuda, confianza y enseñanzas, las cuales me posibilitaron expandir mis conocimientos y vencer los retos que surgieron durante mi formación académica. Su contribución, apoyo e influencia fueron esenciales para que este proyecto se terminara con éxito y para que yo mejorara como persona y profesional.

Edisson Mauricio Amaguaña Guaman

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi fortaleza del día a día, mi continuo protector y por concederme la salud y la sabiduría requeridas para concluir con éxito esta etapa crucial de mi vida.

A mis familiares, por su apoyo en todas las decisiones que tomé, por confiar en mí y por mostrarme con su propio ejemplo que los objetivos de gran envergadura se logran mediante el trabajo arduo, la persistencia y la dedicación cotidiana.

Por confiar en mí, por orientarme con paciencia y por compartir su saber de manera generosa durante todo este camino, mi agradecimiento especial para mi tutor: el Ing. Gonzalo López. Su excelencia y dirección han sido una base esencial en mi progreso académico y profesional.

A toda mi familia, sobre todo a mis abuelos, hermanos, primos y tíos, por siempre brindarme su afecto, por sus palabras de ánimo en los momentos difíciles y por ser ese apoyo inquebrantable que me impulsó a seguir.

Finalmente, quiero agradecer a todos los compañeros y amigos que me acompañaron en este proceso, ofreciéndome su confianza, motivación y apoyo desinteresado. Mi gratitud sincera a todos ustedes.

Erik Anderson Toapanta Calapaqui

ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHO DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO viii
RESUMEN EJECUTIVO xvii
ABSTRACT xviii
CAPÍTULO I 1
1. MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes investigativos 1
1.1.1 Fundamentación teórica. 3
A. Tipos de Bancos Hidráulicos 3
B. Propiedades del Fluido 5
C. Viscosidad 6
D. Hidrodinámica 6
E. Bomba 8
F. Sistema de control y Medición 10
G. Justificación 10
1.2 Objetivos. 12
1.2.1 Objetivo General 12
1.2.2 Objetivos específicos 12
CAPÍTULO II 13
2. METODOLOGÍA 13
A. Etapa de investigación previa 13
B. Etapa de modelación y cálculos 13

C. Etapa de construcción del prototipo 14
D. Etapa de pruebas y evaluación de resultados 14
2.1 Materiales, Equipos y Herramientas 15
2.1.1 Materiales estructurales 15
A. Acero inoxidable AISI 304 15
B. Plancha galvanizada 15
C. Tanque de 8 a 40L en acero inoxidable AISI 304 16
D. Tanque de 120 L en acero inoxidable AISI 304 16
E. Estructura del banco en acero inoxidable AISI 304 16
F. Ruedas con freno de nylon 17
2.1.2 Componentes hidráulicos 17
A. Válvula de bola 1 in 17
B. Válvula de globo 1 in 17
C. Válvula de compuerta 1 in 18
D. Válvula de check 1 in 18
E. Tubería 1 in PVC 19
F. Acople Tee 1 in PVC 20
G. Bomba centrifuga monofásica de 1.5 HP 20
2.1.3 Equipos de medición y control 21
A. Manómetro 1/4 in NPT 21
B. Caudalímetro digital 21
C. Botonera de control 110 V 22
D. Visor de nivel del tanque 120 L en acrílico 22
E. Visor de nivel del tanque de 8 a 40 L en acrílico 23
2.2 Cálculos 23
2.2.1 Cálculos de volumen de los tanques 23
2.2.2 Cálculo del caudal del agua 25

2.2.3 Cálculo del diámetro preliminar de la tubería 25
2.2.4 Cálculo del área y velocidad real del flujo 27
2.2.5 Cálculo de número de Reynolds 27
2.2.6 Cálculo de rugosidad relativa 28
2.2.7 Factor de fricción Diagrama de Moody 28
2.2.8 Cálculo de la carga dinámica total 29
2.2.9 Pérdidas menores en accesorios 30
2.2.10 Cálculo de la carga dinámica total del sistema 35
2.2.11 Selección de la bomba 36
2.2.12 Cálculo de las cargas aplicadas en la máquina 37
2.3 Enfoque experimental y alcance de la investigación 37
2.3.1 Descripción de equipos y herramientas 38
2.4 Métodos 42
2.4.1 Procedimiento de las fases de la metodología 42
A. Fase 1 42
B. Fase 2 43
C. Fase 3 43
D. Fase 4 43
E. Fase 5 44
F. Fase 6 44
G. Fase 7 45
H. Fase 8 45
I. Fase 9 46
CAPÍTULO III 47
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 47
3.1 Descripción de las partes del equipo 47
3.1.1 Procedimiento de las fases de la metodología 47

A. Componentes del banco hidráulico didáctico 47
3.2 Análisis de la estructura 50
3.2.1 Verificación de resultados por medio de simulación de la estructura 50
3.2.2 Tabla de resumen de resultados 54
3.3 Descripción y funcionamiento de los prototipos 54
3.3.1 Funcionamiento del tanque de almacenamiento 55
3.3.2 Indicador de nivel de los tanques de almacenamiento 55
3.3.3 Funcionamiento de la bomba centrífuga 55
3.3.4 Medición y control de variables hidráulicas 55
3.3.5 Funcionamiento del manómetro 55
3.3.6 Funcionamiento del caudalímetro digital 56
3.3.7 Circulación del fluido en el sistema hidráulico 56
3.3.8 Sistema de recirculación del agua 56
3.3.9 Comportamiento estructural del banco hidráulico 56
3.4 Resultados de pérdidas 56
3.4.1 Resultados de la validación del banco hidráulico didáctico 56
3.5 Costos 62
3.5.1 Costo de material hidráulico 62
3.5.2 Costo de material estructural 63
3.5.3 Costo de equipos 64
3.5.4 Costo de materiales eléctricos 64
3.5.5 Costo de mano de obra y recursos 65
3.5.6 Costo total del proyecto 66
CAPÍTULO IV 67
4.1 CONCLUSIONES 67
4.2 RECOMENDACIONES 68
REFERENCIAS 69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Propiedades del acero inoxidable AISI 304 [22] 15

Tabla II. Propiedades de la plancha galvanizada [23] 16

Tabla III. Equipos y herramientas. 39

Tabla IV. Métodos. 42

Tabla V. Sistema hidráulico 48

Tabla VI. Sistema estructural 48

Tabla VII. Sistema mecánico 49

Tabla VIII. Sistema eléctrico 49

Tabla IX. Sistema control 49

Tabla X. Tabla de resultados 54

Tabla XI. Ensayos de apertura de válvula 57

Tabla XII. Ensayos de presión 57

Tabla XIII. Ensayos de observaciones 57

Tabla XIV. Ficha técnica de validación del banco hidráulico didáctico 58

Tabla XV. Costos de materiales los hidráulicos 62

Tabla XVI. Costos de materiales estructurales 63

Tabla XVII. Costos de equipos 64

Tabla XVIII. Costos de materiales eléctricos 65

Tabla XIX. Costos de mano de obra y recursos 65

Tabla XX. Costo total 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. HRE-FL 01.1 – GRUPO HIDRÁULICO [7]. 3

Figura 2. HRE-FL 01.3 – BANCO HIDROSTÁTICO [7]. 4

Figura 3. HRE-FL 01.4 – BANCO HIDRÁULICO [7]. 4

Figura 4. HRE-FL 22.1 – BANCO BOMBA CENTRIFUGA [7]. 5

Figura 5. Curva de rendimiento típico de una bomba centrifuga. Altura, consumo de potencia, eficiencia y NPSH se muestra en función del caudal [16]. 10

Figura 6. Ruedas con freno de nylon 17

Figura 7. Válvula de bola 1 in PVC 17

Figura 8. Válvula de globo 1 in 18

Figura 9. Válvula de compuerta 1 in 18

Figura 10. Válvula de check 1 in 19

Figura 11. Tubería de 1 in PVC [27] 19

Figura 12. Acople Tee de 1 in PVC [27] 20

Figura 13. Bomba centrífuga monofásica de 1.5 HP [29] 20

Figura 14. Manómetro ¼ in NPT [30] 21

Figura 15. Caudalímetro digital [31] 21

Figura 16. Botonera de control 110 V 22

Figura 17. Visor de nivel de tanque 120 L en acrílico 22

Figura 18. Primer depósito 23

Figura 19. Tanque principal 24

Figura 20. Tabla del diámetro de la tubería PVC [32] 26

Figura 21. Rugosidad de tubería [9]. 28

Figura 22. Diagrama de Moody[9]. 28

Figura 23. Diseño del banco hidráulico didáctico 29

Figura 24. Longitud equivalente en diámetro de tubería [9]. 31

Figura 25. Coeficiente válvula de bola [9]. 31

Figura 26. Coeficiente válvula de globo [9]. 32
Figura 27. Coeficiente codo 90º [9]. 32
Figura 28. Coeficiente de la Tee [9]. 33
Figura 29. Coeficiente de entrada [9]. 33
Figura 30. Coeficiente de salida [9]. 33
Figura 31. Diagrama de la curva de presentaciones hidráulicas [29] 36
Figura 32. Banco hidráulico didáctico. 47
Figura 33. Estructura del banco hidráulico didáctico. 50
Figura 34. Propiedades del material acero inoxidable AISI 304. 51
Figura 35. Mallado de la estructura del banco hidráulico. 51
Figura 36. Restricciones y Aplicación de fuerzas en la estructura. 52
Figura 37. Simulación del esfuerzo equivalente de Von Mises. 53
Figura 38. Simulación de la deformación total. 53
Figura 39. Simulación del factor de seguridad. 54

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo diseñar, construir y validar un banco hidráulico didáctico que permita realizar ensayos de laboratorio, garantizando su funcionamiento seguro en diferentes prácticas experimentales y fortaleciendo la comprensión de la mecánica de fluidos. Esta iniciativa surge ante la brecha técnica identificada por el acceso limitado a equipos didácticos en los laboratorios que permitan analizar variables operacionales clave como caudal, presión y circulación en condiciones completamente controladas.

El proyecto abarcó la selección rigurosa de componentes mecánicos e hidráulicos comerciales, incluyendo una bomba centrífuga de 1.5 HP, un caudalímetro digital de alta precisión, válvulas de regulación de compuerta y globo, y visores analíticos de nivel en acrílico. La estructura de soporte se fabricó en acero inoxidable AISI 304 incorporando ruedas de nylon con freno para facilitar su movilidad interna y fijación de operación. Se integró un circuito de recirculación cerrado para optimizar el uso del agua y mitigar el desperdicio.

Se desarrollaron simulaciones estructurales bajo el método de elementos finitos y validaciones de campo experimentales. Los resultados mecánicos indicaron un factor de seguridad estructural mínimo de 1.17 bajo carga estática total y un comportamiento hidráulico estable. Las pruebas de flujo registraron variaciones de caudal de 0.041 a 0.068 L/min controlados por válvulas, operando con una presión máxima controlada de 46.41 psi. El banco cumple de manera segura y eficiente con los propósitos didácticos para la experimentación académica de la ingeniería.

Palabras claves: BANCO DE PRUEBAS HIDRÁULICAS, MECÁNICA DE FLUIDOS, SISTEMA HIDRÁULICO, MEDICIÓN DE CAUDAL, PRESIÓN, VALIDACIÓN EXPERIMENTAL.

ABSTRACT

This thesis project aimed to design, build, and validate a didactic hydraulic bench that allows for laboratory testing, ensuring its safe operation in various experimental practices and strengthening the understanding of fluid mechanics. This initiative arose from the identified technical gap of limited access to didactic equipment in laboratories that allows for the analysis of key operational variables such as flow rate, pressure, and circulation under fully controlled conditions.

The project involved the rigorous selection of commercially available mechanical and hydraulic components, including a 1.5 HP centrifugal pump, a high-precision digital flow meter, gate and globe regulating valves, and acrylic level gauges. The support structure was fabricated from AISI 304 stainless steel and incorporates nylon wheels with brakes to facilitate internal mobility and secure operation. A closed recirculation circuit was integrated to optimize water usage and minimize waste.

Structural simulations were developed using the finite element method, and experimental field validations were performed. Mechanical results indicated a minimum structural safety factor of 1.17 under full static load and stable hydraulic behavior. Flow tests recorded flow rate variations from 0.041 L/min to 0.068 L/min, controlled by valves, operating at a maximum controlled pressure of 46.41 psi. The test bench safely and efficiently fulfills the educational purposes for academic engineering experimentation.

Keywords: HYDRAULIC TEST BENCH, FLUID MECHANICS, HYDRAULIC SYSTEM, FLOW MEASUREMENT, PRESSURE, EXPERIMENTAL VALIDATION.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

Mediante los antecedentes investigados y relacionados en el ámbito de la Ingeniería Mecánica, se darán a conocer los estudios y las necesidades relacionadas con los bancos hidráulicos didácticos, los cuales se enfocan en la comprensión de la parte teórica, relacionada en las asignaturas tanto de mecánica de fluidos como hidráulica.

En el trabajo titulado "Propuesta de diseño de bancos de prueba para la evaluación hidráulica de elementos de riego", se redacta que se desconocen los parámetros técnicos del funcionamiento de piezas y accesorios vinculados a la hidráulica; es por tal motivo que el trabajo tiene como objetivo diseñar, bajo criterios hidráulicos fundamentados en normas ISO, un banco de pruebas para la evaluación de componentes de riego por aspersión. En el diseño se utilizaron las normas ISO 9001:2015 el cual proporciona las directrices del control de calidad y a calibración de equipos de medición, con ello también la ISO/IEC 17025 que brinda los lineamientos para la competencia técnica de los laboratorios y establece los requisitos en la planificación y del diseño de los experimentos [1]. Todas las normas mencionadas anteriormente fueron tomadas en cuenta para un adecuado aprovechamiento de los bancos de pruebas en el cual se evaluaron: goteros, difusores, mini aspersores de bajo caudal, boquillas de máquinas para riego, válvulas hidráulicas, filtros y aspersores de bajo, medio y alto caudal, entre otros [1].

En el artículo titulado "Construcción de un Banco de Pruebas Hidráulicas para el Laboratorio de la Universidad Antonio Nariño", reflejan la necesidad de diseñar un banco de pruebas hidráulicas para la determinación de pérdidas de presión simulando el efecto de golpe de ariete y además calculando la curva característica de la electrobomba empleada en la misma, elaborando guías de práctica para cada prueba. En definitiva, este proyecto beneficiará a la comunidad educativa, el cual pretende fortalecer y dinamizar el conocimiento dentro de las materias asociadas a la mecánica de fluidos motivando a los estudiantes en la creación, diseño y dotación de nuevos equipos [2].

En el estudio titulado “Diseño de un banco didáctico para determinar caída de presión en tuberías y conexiones” está constituido por dos bombas de agua con una capacidad de $6\frac{m^3}{h}$ lo cual permitirá realizar los cálculos de caída de presiones, con bombas funcionando en serie y paralelo, además la determinación del flujo a través del número de Reynolds. Así mismo se obtuvo un proyecto de bajo costo de fabricación en comparación con los bancos hidráulicos existentes en el mercado y la posibilidad de expandir con otras aplicaciones [3].

Según [4] describe el diseño y construcción de un banco de pruebas para pérdida de carga en componentes hidráulicos, el cual su diseño se vio reflejado en la bomba, medición didáctica, es decir será utilizado en trabajos prácticos y de investigación por cátedras de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad de Nacional de Córdoba, en otras palabras en este banco de ensayos tiene como mejoras varios puntos para la toma de presión, diferentes variables para la medición de caudal tipo Venturi y de placa orificio, variador electrónico de frecuencias de la bomba, medición de presiones mediante sensores electrónicos y recolección de datos por medio un software atribuido por el fabricante para visualizar información analítica y gráfica. Además, el flujo es impulsado por una bomba trifásica, conectada a un tablero electrónico y un variador de frecuencia el cual permitirá modificar la velocidad de giro de está dando como resultado distinta potencia y caudal.

En el laboratorio de la Facultad de Ingeniería mecánica y Energía de la Universidad de Nacional del Callao, se identificó la falta de implementación de maquinarias utilizadas para ensayos, como por ejemplo ensayos de perdida de cargas en un banco hidráulico en serie y paralelo. Debido a esta falta de implementación del banco hidráulico, la facultad solo se centra en realizar ensayos de pérdidas en tuberías con válvulas. En otras palabras, el diseño y la implementación del banco hidráulico permitirá realizar mayores estudios en pérdidas de resistencias y forma en una red de distribución hidráulica en flujos internos sometidos a presión con el fin de fortalecer el conocimiento teórico-práctico impartido en la asignatura de mecánica de fluidos [5].

Con base al trabajo “Construcción de un banco hidráulico para pérdidas localizadas e implementación de su sistema automatizado de medición” informan los autores que por la falta de la misma se ve la necesidad de construir un banco hidráulico donde se

pueda realizar las prácticas experimentales el cual constara con un sistema automatizado para la medición de presiones, mediante el uso de sensores, dispositivos de acondicionamiento de señal, FieldoPoints y el software que será programado bajo LabVIEW con el cual se podrá observar fenómenos físicos, realizar cálculos y generar un informe de cada perdida producida por los diferentes tipos de accesorios [6].

Actualmente, el laboratorio de la carrera de Ingeniería Mecánica dispone de bancos hidráulicos para la realización de prácticas relacionadas con los principios fundamentales de la mecánica de fluidos. Sin embargo, estos equipos presentan limitaciones en cuanto a la adquisición y visualización de datos en tiempo real, lo que dificulta la obtención de mediciones más precisas y el fortalecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje. En particular, la ausencia de instrumentos digitales para la medición de variables hidráulicas, como el caudal y la presión, restringe el desarrollo de prácticas experimentales orientadas al análisis y validación de resultados. Ante esta situación, surge la necesidad de diseñar, construir y validar un banco hidráulico didáctico mejorado, incorporando un caudalímetro digital, un manómetro e indicadores de nivel, que permita optimizar la medición de parámetros hidráulicos y fortalecer las competencias prácticas de los estudiantes en el área de mecánica de fluidos.

1.1.1 Fundamentación teórica.

A. Tipos de Bancos Hidráulicos

a. HRE-FL 01.1 GRUPO HIDRÁULICO

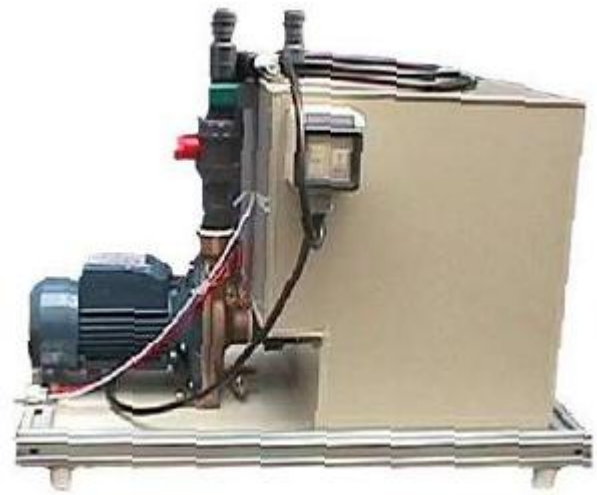


Figura 1. HRE-FL 01.1 – GRUPO HIDRÁULICO [7].

Máquina hidráulica portátil y económica diseñada para dotar autonomía a los equipos didácticos en prácticas de laboratorio como tomas de presión para el estudio de las curvas características de la bomba además de ser económico y de fácil manejo [7]

b. HRE-FL 01.3 BANCO HIDROSTÁTICO



Figura 2. HRE-FL 01.3 – BANCO HIDROSTÁTICO [7].

Mecanismo diseñado para el estudio de las propiedades y fenómenos en la estática de fluidos como medidas de densidad, demostración de la ley de pascal, determinación de la viscosidad, medida de presiones, calibración de manómetros, ley de Arquímedes, estabilidad de un cuerpo flotante[7].

c. HRE-FL 01.4 BANCO HIDRÁULICO



Figura 3. HRE-FL 01.4 – BANCO HIDRÁULICO [7].

Banco con mesa de trabajo para el desarrollo de implementación de varios equipos didácticos, implementado con dos reservorios volumétricos de diferentes tamaños. Diseñado para la calibración de depósitos volumétricos y medidas de caudales [7].

d. HRE-FL 22.1 – BANCO BOMBA CENTRIFUGA



Figura 4. HRE-FL 22.1 – BANCO BOMBA CENTRIFUGA [7].

Equipo diseñado para el funcionamiento y regulación en las instalaciones de bombeo con el cual se desarrolla el estudio característico de la bomba, calibración de depósitos volumétricos, Estudio de cavitación, variación de la velocidad de giro entre otras [7].

B. Propiedades del Fluido

a. Densidad

: La densidad caracteriza la masa por unidad de volumen [8], [9]. El peso específico define el peso por unidad de volumen [9] .

$$\rho = m/V \qquad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

V: Volumen del fluido (m^3)

m: masa (kg)

b. Peso específico

Se define la cantidad de peso por unidad de volumen [9].

$$\gamma = w/V \qquad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

V: Volumen del fluido (m^3)

w: peso (N)

C. Viscosidad

Se define como la fricción interna de un fluido, causada por la atracción molecular, que lo hace resistir la tendencia a fluir.

a. Viscosidad Dinámica

Es una propiedad de los fluidos que caracteriza la resistencia de fluir [10], en otras palabras, la fuerza que debe aplicar para mover este fluido.

b. Viscosidad Cinemática

Es la resistencia de un fluido bajo la acción de la gravedad, en otras palabras, la velocidad con la que se mueve el fluido bajo su peso y permitiendo esto calcular el número de Reynolds determinando así si es laminar o turbulento.

c. Presión de Vapor

Aumenta cuando sube la temperatura del líquido, lo cual resulta esencial que a la entrada de la bomba, si la presión del fluido está por debajo de la presión de vapor el agua hierve creando burbujas y estás al llegar a una zona de mayor presión colapsan y generan ruidos o vibraciones en la bomba [9].

D. Hidrodinámica

a. Ecuación de Continuidad

La ecuación de continuidad determina el comportamiento de la velocidad del flujo respecto al área de sección transversa [11].

$$Q = A * v \qquad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

Q: Caudal volumétrico (m^3)

A: Área de la sección transversal (m^2)

v: Velocidad de fluido en sección ($\frac{m}{s}$)

b. Ecuación de Bernoulli

Es la relación que se presenta entre la presión, la velocidad y la elevación esta ecuación explica como la energía proporcionada por la bomba se distribuye [11].

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho * v_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho * v_2^2 + \rho g z_2 \qquad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

P: Presión (Pa)

ρ: Densidad del fluido ($\frac{kg}{m^3}$)

v: Velocidad de fluido en el punto ($\frac{m}{s}$)

g: Aceleración de gravedad (9.81 $\frac{m}{s^2}$)

z: Altura (m)

c. Pérdidas de Energía

Las pérdidas se ven afectada por el tipo de fluido, la velocidad de flujo y la naturaleza de la superficie de la pared de la tubería [9].

d. Ecuación de Darcy Weisbach

La ecuación de Darcy-Weisbach determina la pérdida de carga por fricción en conductos cerrados [12].

$$\boldsymbol{h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}} \qquad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

h_L: Pérdida de energía por fricción.

L: Longitud (m)

D: Diámetro de la tubería (m)

v: Velocidad de flujo ($\frac{m}{s}$)

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2)

f: Factor de fricción (adimensional)

e. Número de Reynolds

Se determina para verificar el comportamiento de fluido, particularmente con respecto a la perdida de energía obteniendo como resultado la determinación de si es fluido laminar o turbulento [9].

Si $Re < 2000$ flujo laminar

$2000 < Re < 4000$ Zona de transición

Si $Re > 4000$ flujo turbulento

$$N_R = \frac{V*Di*\rho}{\text{n}} \qquad \text{Ec. (6)}$$

Donde:

Di= Diámetro interno de la tubería (m)

n: Viscosidad dinámica ($\frac{N*s}{m^2}$)

V: Velocidad del fluido (m/s)

ρ: densidad del agua

f. Flujo Laminar y Turbulento

En las tuberías se puede encontrar estos dos tipos de flujos: flujo laminar en la cual las partículas se mueven en trayectoria paralela y flujo turbulento donde las partículas del fluido se mueven de forma desordenada en todas las direcciones [13].

E. Bomba

Son máquinas que se utilizan para incrementar la presión de un fluido proporcionando energía al sistema hidráulico, con el objetivo de mover el fluido de una zona con menor presión o una zona de mayor presión [14].

Clasificación

Esta se clasifica según el sentido de transmisión de la energía entre el fluido y la máquina.

a. Bomba Hidráulica

Son Bombas rotodinámicas o turbomáquinas que comunica energía al fluido y su paso es por uno o varios rotores o impulsores incrementando su cantidad de movimiento, pero sin cambiar la densidad del fluido [15].

b. Bomba Periférica

Denominada también canal lateral o regenerativa preparada para suministrar pequeños caudales, pero con una gran presión de hasta 300 bares. Esta bomba está compuesta en su interior con uno o dos rotores en serie, abiertos y en forma de disco, con paletas [15].

c. Bomba de Empuje ascendente

No poseen partes móviles y necesitan de una corriente auxiliar que puede ser gas o aire. El efecto de bombeo se produce cuando se inyecta aire a presión en la parte inferior y sumergida de un tubo, por el cual el fluido se dirigirá arrastrado por la corriente de aire en su ascenso. Esta presión de inyección del aire depende de la profundidad a la que se halla el tubo [15].

d. Bomba de Ariete

Es una bomba que no necesita de una fuente de energía, ya sea recibida de un motor o un fluido auxiliar. Esta aprovecha el empuje de una corriente descendente de agua para inducir al golpe de ariete controlado. El funcionamiento de esta bomba garantiza un pequeño caudal y una presión suficiente para una vivienda ubicada en las montañas sin requerir mucho mantenimiento [15].

e. Bomba centrífuga.

Las bombas centrífugas aumentan la energía mecánica del fluido transformándola en energía hidráulica [14]. Su punto de operación se rige mediante las curvas características que correlacionan la altura total, la eficiencia y el NPSH (Carga de Succión Neta Positiva) requerido frente al caudal de diseño [16]. Los manómetros y caudalímetros analógicos o digitales permiten supervisar en tiempo real las variaciones de presión y flujo operacional dentro de los circuitos hidráulicos cerrados [12], [17].

f. Curvas Características

Con la curva característica se verifica el rendimiento de una bomba, en ella se detallan la altura, consumo de potencia, eficiencia y NPSH en función del caudal, pero

normalmente las curvas de bomba que ofrecen en el catálogo solo cubren una parte de la bomba [16].

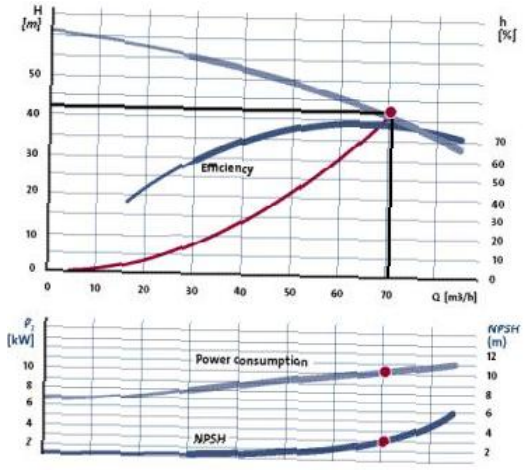


Figura 5. Curva de rendimiento típico de una bomba centrifuga. Altura, consumo de potencia, eficiencia y NPSH se muestra en función del caudal [16].

F. Sistema de control y Medición

a. Regla milimétrica o Indicador de nivel

Sirve para la medición del nivel o del flujo de agua, además es duradera y resistente al óxido y a la corrosión en condiciones extremas [18].

b. Caudalímetro

Es un instrumento con el cual se puede medir la velocidad del flujo [19], con el cual se puede determinar el caudal del fluido permitiendo monitorear el flujo en tiempo real, estos pueden ser electrónicos, ultrasonido, másico, mecánicos etc.

c. Manómetro.

Instrumento utilizado para colocar en la salida de la bomba en el cual se puede dar lectura en psi, con este instrumento se puede obtener las pérdidas de carga con el cual ayudaría en las ecuaciones de Hazen Williams y Darcy Weisbach [12]. Las pérdidas de carga son muy importantes, pues gracias a ello se podrá estimar la presión en ciertos puntos del banco hidráulico [20].

G. Justificación

En la actualidad, el laboratorio de Ingeniería Mecánica no dispone de un banco hidráulico didáctico destinado a la realización de ensayos experimentales relacionados con la asignatura de Mecánica de Fluidos, lo que limita significativamente el proceso

de enseñanza-aprendizaje. Esta situación dificulta complementar los conocimientos teóricos con actividades prácticas, impidiendo que los estudiantes comprendan de manera más clara, aplicada y objetiva los fenómenos asociados al comportamiento de los fluidos y su interacción en sistemas hidráulicos reales.

Para la formación de futuros ingenieros no solo se requiere el dominio de los fundamentos teóricos, sino también la experimentación directa mediante equipos que permitan observar, analizar e interpretar el comportamiento de los fluidos bajo condiciones reales de operación. Por tal motivo, la implementación de un banco hidráulico didáctico permite visualizar aspectos fundamentales como el movimiento del fluido, la variación de presiones, el control del caudal y el nivel del fluido en el tanque de reserva, facilitando una mejor comprensión de los principios que rigen la Mecánica de Fluidos y fortaleciendo el aprendizaje práctico de los estudiantes.

Finalmente, considerando el elevado costo de adquisición y mantenimiento de los bancos hidráulicos comerciales, resulta oportuno desarrollar una alternativa propia adaptada a las necesidades específicas del laboratorio. De esta manera, el diseño, construcción y validación de un banco hidráulico didáctico representa una solución viable, funcional y de gran aporte académico, beneficiando directamente a los estudiantes al proporcionar una herramienta destinada a la realización de ensayos experimentales, mejorando la calidad del aprendizaje y fortaleciendo su preparación profesional.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General

Diseñar, construir y validar un banco hidráulico didáctico que permita realizar ensayos en laboratorio garantizando su funcionamiento seguro en diferentes prácticas experimentales.

1.2.2 Objetivos específicos

- Definir los parámetros principales del sistema hidráulico seleccionando de forma adecuada la bomba, el caudalímetro digital, los controles de caudal y el indicador de nivel, con el fin de asegurar un diseño funcional para las prácticas de laboratorio.
- Construir la estructura, utilizando materiales resistentes, livianos y duraderos, integrando un sistema de recirculación de agua que evite el desperdicio de recursos y ruedas que faciliten la movilidad en el laboratorio.
- Validar el banco hidráulico mediante pruebas experimentales, que midan los parámetros de caudal, presión y estabilidad de operación, con el fin de verificar su correcto desempeño.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

En este proyecto se empleó una metodología orientada al diseño, construcción y validación un banco hidráulico didáctico para laboratorio con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos planteados. En este enfoque metodológico se fundamenta en procedimientos utilizados en el desarrollo de equipos hidráulicos experimentales, donde se integran etapas de diseño, implementación física y verificación mediante ensayos controlados tal como se describe en [21].

La metodología se dividió en tres etapas fundamentales: diseño del sistema hidráulico, construcción del banco y validación experimental. En la primera etapa, se determinaron los parámetros de funcionamiento y se seleccionaron los componentes principales del sistema. En la segunda etapa, se llevó a cabo el ensamblaje de la estructura y los elementos hidráulicos requeridos para su funcionamiento. Finalmente, en la tercera etapa, se realizaron experimentos para verificar el correcto funcionamiento, la estabilidad y la seguridad del banco hidráulico en las prácticas de laboratorio.

A. Etapa de investigación previa

En esta fase se realizó la búsqueda y revisión de la información relacionada con bancos hidráulicos, componentes hidráulicos y criterios de diseño realizados en laboratorios, del mismo modo se analizan antecedentes de trabajos similares con el propósito de identificar soluciones anteriormente desarrolladas y establecer referencias técnicas para el proyecto, tal como se describe en [21].

Por otra parte, se establecieron los componentes y características principales que requería para reunir el banco hidráulico, entre ellos la bomba, el sistema de recirculación, los controles de caudal y los instrumentos de medición, esta fase permitió determinar los criterios técnicos para el desarrollo del diseño e identificar las ventajas del modelo propuesto.

B. Etapa de modelación y cálculos

En esta fase se realiza la modelación del banco hidráulico, determinando su recorrido, los elementos que lo conforman y las pautas de trabajo requeridas para las prácticas de laboratorio. Por lo tanto, se establecieron los parámetros principales de operación,

como caudal, presión y capacidad de almacenamiento, que sirvieron de base para el diseño del equipo.

Seguidamente, se efectuaron los cálculos necesarios para seleccionar la bomba, determinar las pérdidas de carga en tuberías y los accesorios, así como dimensionar componentes como el tanque, las válvulas y los instrumentos de medición, aplicando principios de la mecánica de fluidos y análisis de flujo en sistemas hidráulicos [17].

En esta fase se permite comprobar que el banco hidráulico propuesto cumpla con las condiciones del funcionamiento necesario antes de su construcción.

C. Etapa de construcción del prototipo

En esta fase se realiza la fabricación y ensamblaje del banco hidráulico a partir del diseño anticipadamente definido. Primero se construyó la estructura del soporte, considerando resistencia o estabilidad y facilidad para movilizarlo dentro del laboratorio. Posterior a ello se instalaron sus principales componentes del sistema, como el tanque, las tuberías, las válvulas, la bomba, y los instrumentos de medición.

Posteriormente en el sistema se integra una recirculación de agua y se verifica el adecuado montaje de cada elemento para afirmar un funcionamiento adecuado del prototipo. Esta etapa permite obtener un banco hidráulico didáctico listo para realizar pruebas experimentales en condiciones seguras para su operación.

D. Etapa de pruebas y evaluación de resultados

En esta fase se verifica que el banco hidráulico funcione correctamente y de forma segura. Primero se revisa que no existan fugas, la bomba opere bien y que los instrumentos de medición respondan de manera adecuada. Luego, se realizan pruebas para medir el caudal, presión, y la estabilidad del sistema en las distintas condiciones de trabajo.

Con los datos obtenidos se comparan los resultados experimentales con los valores teóricos esperados para comprobar si el banco cumple su función siguiendo criterios de validación experimental aplicada en sistemas hidráulicos [21].

Y por último se analizan las diferencias encontradas y se determina si el equipo es confiable, estable y apto para las prácticas de laboratorio.

2.1 Materiales, Equipos y Herramientas

Para la construcción del banco hidráulico didáctico, se eligieron en este capítulo materiales, instrumentos y equipos que facilitan el trabajo con agua en recirculación, así como la medición de variables hidráulicas, asegurando su resistencia y facilidad de uso en el laboratorio. La selección se llevó a cabo teniendo en cuenta las propiedades del material con el que se elaborará y la función de cada componente en el sistema.

2.1.1 Materiales estructurales

A. Acero inoxidable AISI 304

Se eligió el acero inoxidable AISI 304 para construir la estructura del banco hidráulico didáctico porque tiene una gran resistencia a la corrosión, un buen desempeño mecánico y un comportamiento sobresaliente en entornos húmedos. Este material es un acero inoxidable austenítico, que se distingue por tener níquel y cromo en su composición química. Estos componentes le confieren una protección adecuada contra la oxidación y una resistencia elevada. El AISI 304 se usa en gran medida en la industria automotriz, la construcción de estructuras metálicas que necesitan durabilidad y confiabilidad, así como en aplicaciones arquitectónicas y equipos industriales, gracias a estas características. Asimismo, tiene una buena soldabilidad y es fácil de fabricar, lo que beneficia los procesos de corte, ensamblaje y construcción del banco hidráulico. Por estas ventajas, este material es una opción apropiada para asegurar la estabilidad estructural, la seguridad operacional y la durabilidad del sistema mientras opera y está expuesto al agua de manera constante [22].

Tabla I. Propiedades del acero inoxidable AISI 304 [22]

Propiedad	**Unidad**	**Cantidad**
Limite elástico	N/mm^2	230
Resistencia a la tracción	N/mm^2	540 – 750
Elongación	%	45

B. Plancha galvanizada

Los esquineros de protección del banco hidráulico didáctico se construyeron con plancha galvanizada por los beneficios mecánicos y de defensa superficial que brinda este material. La chapa está cubierta por una capa de zinc que funciona como un escudo

protector contra la humedad y los elementos corrosivos del entorno, lo cual ayuda a extender la vida útil de las partes metálicas y disminuye las necesidades de mantenimiento. Además, este material tiene una resistencia mecánica adecuada que le posibilita resistir los impactos de baja intensidad, el roce y las presiones que se producen al manipular, transportar y operar el banco hidráulico. Su fiabilidad en componentes que precisan de protección y durabilidad a largo plazo queda demostrada por su uso en aplicaciones estructurales, industriales y de construcción [23].

Tabla II. Propiedades de la plancha galvanizada [23]

Dimensión mm	**Ancho mm**	**Largo mm**	**Peso nominal Kg**
0.70	1220	2440	16.36
Composición Química			
C %	Mn %	P %	S %
0.12	0.50	0.04	0.05

C. Tanque de 8 a 40L en acero inoxidable AISI 304

Este tanque funciona como un depósito auxiliar del sistema. En aplicaciones hidráulicas, este material asegura que sea fácil de limpiar, duradero y resistente a la corrosión [24], [25].

D. Tanque de 120 L en acero inoxidable AISI 304

Funciona como depósito principal del banco hidráulico. Su elección en acero inoxidable facilita conservar condiciones apropiadas ante la humedad y extender la duración del sistema [24], [25].

E. Estructura del banco en acero inoxidable AISI 304

La estructura soporta todos los elementos del sistema. El acero inoxidable asegura estabilidad estructural, durabilidad en lugares húmedos de laboratorio y resistencia mecánica [24], [26].

F. Ruedas con freno de nylon

Permiten que el banco se mueva por el laboratorio y lo fijan durante la operación. El nylon es un material polimérico que tiene la capacidad de resistir el desgaste y de soportar carga de forma estable [26] (figura 6).



Figura 6. Ruedas con freno de nylon

2.1.2 Componentes hidráulicos

A. Válvula de bola 1 in

La válvula actúa para abrir y cerrar rápidamente el flujo del agua. Su operación a través de un giro de cuarto de vuelta posibilita que el sistema funcione con eficacia, ya que permite un cierre efectivo y una circulación directa del fluido [27]



Figura 7. Válvula de bola 1 in PVC

B. Válvula de globo 1 in

Es apta para aplicaciones de estrangulación o regulación, ya que se aplica para regular el caudal en el sistema, lo que permite un control más exacto del flujo [28].



Figura 8. Válvula de globo 1 in

C. Válvula de compuerta 1 in

La válvula de compuerta se maneja para habilitar o deshabilitar totalmente la circulación del agua en el sistema hidráulico. Cuando está completamente abierta, su diseño minimiza las pérdidas de carga, lo que la hace apropiada para aplicaciones en las que se necesita un aislamiento del flujo. Se eligió una válvula de acero inoxidable AISI 304 para este proyecto por su resistencia mecánica, a la corrosión y su durabilidad cuando está en contacto constante con agua. Estas propiedades permiten que el banco hidráulico funcione correctamente y tenga una vida útil prolongada [24], [25].



Figura 9. Válvula de compuerta 1 in

D. Válvula de check 1 in

La válvula check, también conocida como válvula de retención, se emplea para que el agua fluya en una sola dirección dentro del sistema hidráulico y no vuelva a la bomba centrífuga si el sistema está apagado. Su integración es relevante ya que contribuye a

la protección de la bomba y a conservar la estabilidad del circuito de recirculación mientras se opera el banco hidráulico.

Este tipo de válvula trabaja de manera automática mediante la presión del fluido, permitiendo el flujo en sentido directo y bloqueándolo en sentido contrario. Las válvulas check son ampliamente utilizadas en sistemas hidráulicos y de bombeo para prevenir el retroceso del agua y evitar daños en los equipos del sistema [17].



Figura 10. Válvula de check 1 in

E. Tubería 1 in PVC

La tubería facilita el traslado del agua por todo el sistema. La tubería de PVC 1 in fue utilizada para desarrollar el modelo, ya que es fácil de instalar, ligera, resistente a la corrosión y tiene un rendimiento apropiado en sistemas hidráulicos que utilizan agua a presiones moderadas. Estas cualidades facilitan que el sistema funcione de manera eficaz y requiera poco mantenimiento [27].



Figura 11. Tubería de 1 in PVC [27]

F. Acople Tee 1 in PVC

Este componente facilita la distribución del flujo en el sistema hidráulico lo que lo hace más fácil la conexión entre las diversas líneas del sistema de recirculación y medición. La selección de PVC permite mantener compatibilidad con las tuberías utilizadas, además de ofrecer resistencia a la humedad, facilidad de montaje y adecuada durabilidad para aplicaciones hidráulicas [27].



Figura 12. Acople Tee de 1 in PVC [27]

G. Bomba centrifuga monofásica de 1.5 HP

Es el componente responsable de impulsar el agua a través del sistema. Debido a su capacidad para operar de manera continua, ser eficientes y manejar fluidos de forma estable [17], las bombas centrifugas son muy empleadas en sistemas hidráulicos.



Figura 13. Bomba centrífuga monofásica de 1.5 HP [29]

2.1.3 Equipos de medición y control

A. Manómetro 1/4 in NPT

Este instrumento es el encargado de medir la presión del agua dentro del banco hidráulico. Es fundamental su utilización para regular el comportamiento del sistema y comprobar de manera experimental los cambios de presión. Los manómetros de Bourdon son usados con frecuencia para líquidos y gases y brindan lecturas más estables ante vibraciones o variaciones en la presión cuando están llenos de líquido, por ejemplo, glicerina [28].

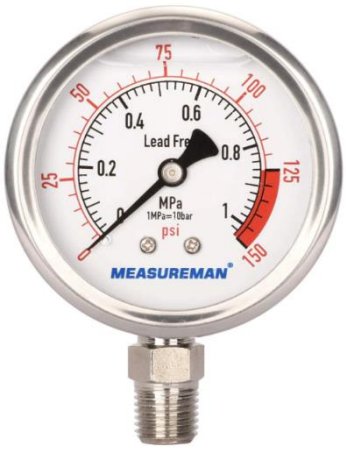


Figura 14. Manómetro ¼ in NPT [30]

B. Caudalímetro digital

Este componente es el encargado de medir el caudal del agua en el sistema. Los medidores de flujo permiten que el caudal sea determinado a partir de las propiedades del movimiento del fluido en la tubería, lo cual hace más fáciles y confiables las lecturas para controlar y monitorear el sistema [17].



Figura 15. Caudalímetro digital [31]

C. Botonera de control 110 V

La botonera permite encender y apagar la bomba de forma ordenada y segura. Esto ayuda a mejorar la operación del banco porque concentra las maniobras eléctricas en un punto visible y de fácil acceso al usuario. Los sitios de mandos con pulsadores se manejan de manera común en equipos industriales para facilitar los sistemas y control local de máquinas, por lo que su incorporación en el banco hidráulico contribuye a una operación más segura durante las prácticas.



Figura 16. Botonera de control 110 V

D. Visor de nivel del tanque 120 L en acrílico

Facilita la visualización de la cantidad de agua almacenada. El acrílico es un material transparente, liviano y con alta resistencia mecánica, adecuado para usos en los que se necesita la visualización directa del fluido [26]



Figura 17. Visor de nivel de tanque 120 L en acrílico

E. Visor de nivel del tanque de 8 a 40 L en acrílico

Su función es la misma que la del visor principal: facilita el seguimiento del comportamiento del sistema [26].

2.2 Cálculos

Para el diseño del banco hidráulico didáctico se realizaron cálculos de volumen, diámetro de tubería, caudal, velocidad del fluido, pérdidas de carga y selección de la bomba. Estos cálculos permiten definir el sistema hidráulico y comprobar que los componentes elegidos sean los adecuados para el funcionamiento del equipo.

2.2.1 Cálculos de volumen de los tanques

a. Volumen del primer depósito

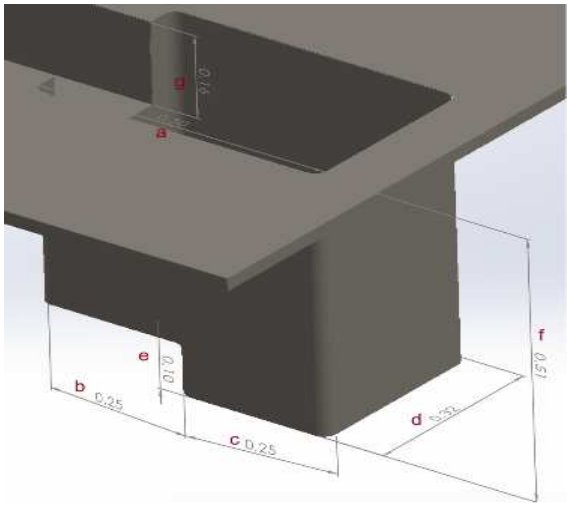


Figura 18. Primer depósito

Datos:

$a = 0{,}5\ m$

$b = 0{,}25\ m$

$c = 0{,}25\ m$

$d = 0{,}32\ m$

$e = 0{,}1\ m$

$f = 0{,}51\ m$

$ge = 0{,}16\ m$

$v_1 = c * d * e$

$v_1 = (0{,}25\ m * 0{,}32\ m * 0{,}1\ m = 0{,}008 m^3 * \frac{1000L}{1m^3}$

$v_1 = 8\ L$

b. Volumen del segundo depósito

$v_2 = (f - ge - e) * d * a$

$v_2 = (0{,}51\ m - 0{,}16\ m - 0{,}1\ m) * 0{,}32\ m * 0{,}5\ m$

$v_2 = 0{,}04\ m^3 * \frac{1000\ L}{1\ m^3}$

$v_2 = 40\ L$

c. Volumen del tanque principal

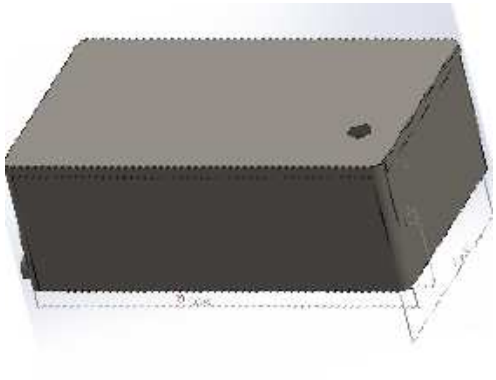


Figura 19. Tanque principal

Datos:

$h = 0{,}85\ m$

$i = 0{,}5\ m$

$j = 0{,}3\ m$

$v_3 = h * i * j$

$v_3 = 0{,}85\ m * 0{,}5\ m * 0{,}3\ m = 0{,}1275\ m^3 * \frac{1000\ L}{1m^3}$

$v_3 = 127{,}5\ L$

d. Volumen total del sistema

$v_T = v_1 + v_2 + v_3$

$v_T = 8\ L + 40\ L + 127{,}5\ L$

$v_T = 175{,}5\ L$

2.2.2 Cálculo del caudal del agua

Para determinar el caudal de diseño se consideró que el agua debe recircular 40 veces por hora con el fin de garantizar un flujo dentro del sistema y permitiendo el desarrollo adecuado para las prácticas experimentales.

Datos:

$ca = \frac{40}{hr}$

$Q = v_T * ca$

$Q = 175{,}5\ L * \frac{40}{hr} * \frac{1\ hr}{60\ min}$

$Q = 117 \frac{L}{min}$

Y en galones por minuto:

$Q = 117 \frac{L}{min} * 1 \frac{gal}{3{,}78541 min}$

$Q = 30{,}908\ gpm$

2.2.3 Cálculo del diámetro preliminar de la tubería

Para dimensionar la tubería se tomó como referencia una velocidad recomendable para tuberías de descarga en sistemas de agua.

Tubería de succión conviene usar velocidades bajas para evitar cavitación y pérdidas excesivas 0.6 a 1.5 m/s

Tubería de descarga se permite velocidades algo mayores 1 a 3 m/s

Datos:

$$v_s = 1\ \frac{m}{s}$$

$$v_d = 3\ \frac{m}{s}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_d}}$$

Donde:

D: Diámetro interno de la tubería

Q: Caudal

V: Velocidad de diseño

$$D = \sqrt{\frac{4 * 117\frac{L}{min}}{\pi * 3\ \frac{m}{s}}}$$

$$D = \sqrt{\frac{468*\left(\frac{1000000mm^3}{60\ s}\right)}{3*\pi*\left(1000\frac{mm}{s}\right)}}$$

$$D = 28{,}768\ mm$$

a. Selección del diámetro comercial de la tubería

DN (mm)	DENOMINACIÓN DE LA ROSCA	ESPESOR MÍNIMO (mm)	PRESIÓN DE TRABAJO	
			(MPa)	(PSI)
21,34	1/2	3,73	2,90	420
26,67	3/4	3,91	2,34	340
33,40	1	4,55	2,21	320
48,26	11/2	5,08	1,65	239
60,32	2	5,54	1,38	200

Figura 20. Tabla del diámetro de la tubería PVC [32]

$$Di = 33{,}4\ mm$$

2.2.4 Cálculo del área y velocidad real del flujo

a. Área del diámetro interno de la tubería

$$A = \left(\pi * \left(\frac{Di}{2}\right)^2\right)$$

$$A = \left(\pi * \left(\frac{33{,}4\ mm * \frac{1\ m}{1000\ mm}}{2}\right)^2\right)$$

$$A = (8{,}762 * 10^{-4}) m^2$$

b. Cálculo de la velocidad real

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{117\ \frac{L}{min} * \left(\frac{1\ m^3}{1000\ L}\right) * \left(\frac{1\ min}{60 s}\right)}{(8{,}762 * 10^{-4}) m^2}$$

$$V = \frac{0{,}00195 \frac{m^3}{s}}{(8{,}762 * 10^{-4}) m^2}$$

$$V = 2{,}226 \frac{m}{s}$$

2.2.5 Cálculo de número de Reynolds

$$N_R = \frac{V * Di * \rho}{\text{n}}$$

$$N_R = \frac{2.226 \frac{m}{s} * 0.0334\ m * 998.2 \frac{kg}{m^3}}{1.0016x10 - 3 \frac{N.s}{m^2}}$$

$N_R = 74096.019$ - **es flujo turbulento ya que es mayor a 4000**

2.2.6 Cálculo de rugosidad relativa

TABLA 8.2 Rugosidad de la tubería —valores de diseño

Material	Rugosidad ε (m)	Rugosidad ε (ft)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo estirado, cobre, latón, acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil —revestido	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil —sin revestir	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien hecho	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Figura 21. Rugosidad de tubería [9].

$$\varepsilon = 3x10 - 7\ m$$

$$\frac{Di}{\varepsilon} = \frac{0.0334\ m}{3x10 - 7\ m}$$

$$\frac{Di}{\varepsilon} = 111333.33$$

2.2.7 Factor de fricción Diagrama de Moody

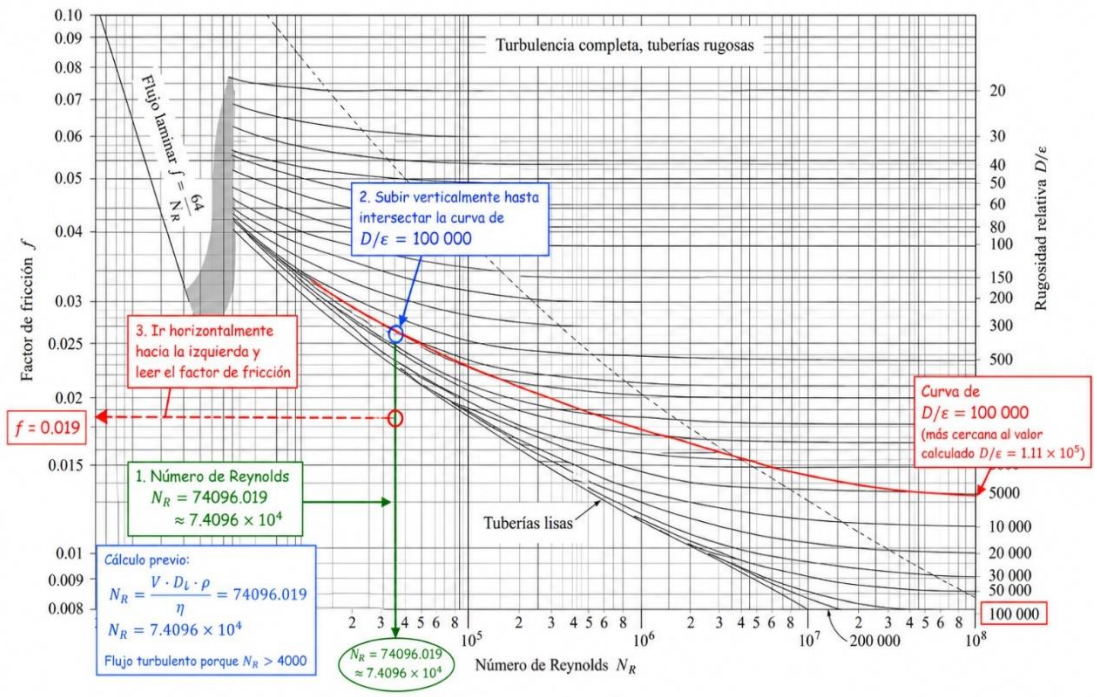


Figura 22. Diagrama de Moody.

$$f = 0.019$$

De la gráfica se determina el factor de fricción intersecando el NR y la rugosidad relativa del valor más cercado que corresponde a la curva de 100000

2.2.8 Cálculo de la carga dinámica total

Altura estática es la diferencia entre el líquido en succión y el punto de descarga.

Succión positiva cuando el nivel del líquido esté por encima del eje de la bomba.

Succión negativa cuando la bomba está por encima del nivel del líquido.

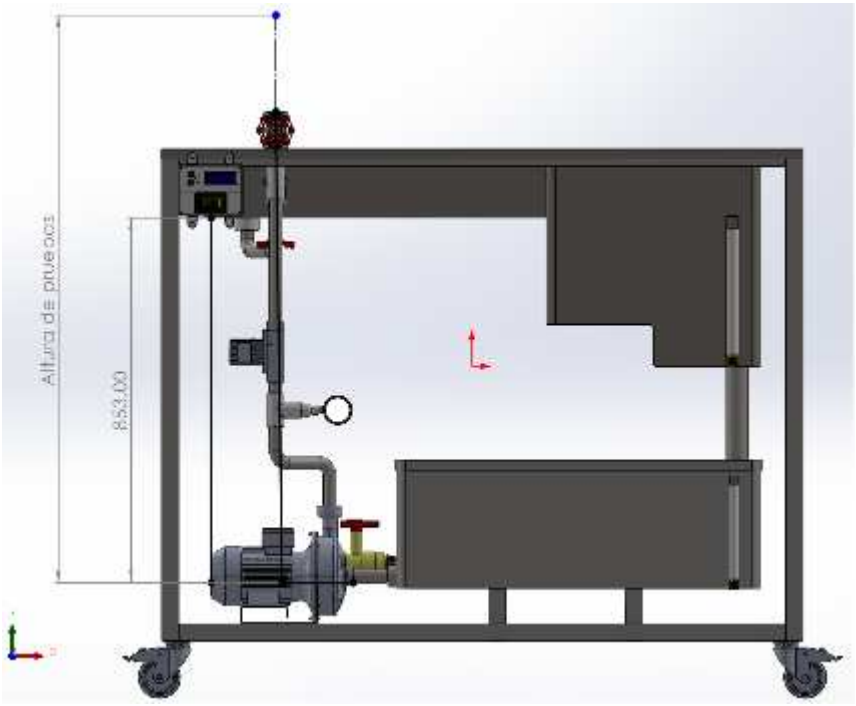


Figura 23. Diseño del banco hidráulico didáctico

$$H_{estática} = H_{descarga} - H_{succión}$$

En este caso se considera la altura de descarga 15 m debido a que donde se encuentra la altura de pruebas, esta es la proyección de la conexión a distintos accesorios. Por tal motivo se prioriza esa cota sobre la de 853 mm donde se descarga el agua en el tanque.

Datos:

$H_d = 15\ m$

$H_s = 0\ m$

$H_e = H_d - H_s$

$H_e = 15\ m - 0\ m$

$H_e = 15\ m$

a. Pérdidas por fricción en la tubería

Se calcula por la longitud, diámetro, rugosidad, material de tubería y caudal.

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

f: Factor de fricción

L: Longitud de tubería

D: Diámetro interno

V: Velocidad del fluido

g: Aceleración de gravedad

$f = 0{,}019$

$L = 2\ m$

$$h_f = f * \frac{L}{Di} * \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = 0{,}019 * \frac{2\ m}{33{,}4\ mm} * \frac{\left(2{,}226 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9{,}807 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_f = 0{,}019 * \frac{2\ m}{0{,}0334\ m} * \frac{\left(4{,}955 \frac{m^2}{s^2}\right)}{19{,}614 \frac{m}{s^2}}$$

$h_f = 1{,}137 * (0{,}2546) m$

$h_f = 0{,}289\ m$

2.2.9 Pérdidas menores en accesorios

$$h_m = \sum K * \frac{V^2}{2g}$$

Donde K es el coeficiente de perdida de cada accesorio.

Para calcular K se utiliza la siguiente fórmula

$$K = \left(\frac{Le}{D}\right) * ft$$

Donde a partir de la siguiente figura e obtiene Le/D

TABLA 10.4 Resistencia en válvulas y accesorios expresada como la longitud equivalente en diámetros de tubería, L_e/D

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo —totalmente abierta	340
Válvula de ángulo —totalmente abierta	150
Válvula de compuerta —totalmente abierta	8
—abierta ¾	35
—abierta ½	160
—abierta ¼	900
Válvula de retención —tipo oscilante	100
Válvula de retención —tipo bola	150
Válvula de mariposa —totalmente abierta, 2-8 in	45
—10-14 in	35
—16-24 in	25
Válvula de pie —tipo disco de vástago	420
Válvula de pie —tipo disco de bisagras	75
Codo estándar de 90°	30
Codo de 90° y radio largo	20
Codo de 90° para calle	50
Codo estándar de 45°	16
Codo de 45° para calle	26
Doblez de retorno cerrado	50
Te estándar —con flujo por la línea principal	20
—con flujo por la ramificación	60

(Reproducido con autorización de Crane Co. *Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe*, artículo técnico núm. 410, 2011. Todos los derechos reservados)

Figura 24. Longitud equivalente en diámetro de tubería [9].

a. Coeficiente válvula de bola parcialmente abierta

FIGURA 10.19 Válvula de retención —tipo bola—. (Reproducido con autorización de Crane Co. *Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe*, artículo técnico núm. 410, 2009. Todos los derechos reservados)

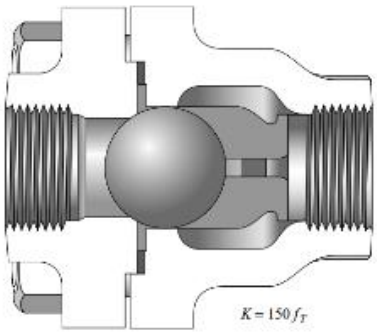


Figura 25. Coeficiente válvula de bola [9].

$K_b = 150 * f$

$K_b = 150 * 0.019$

$K_b = 2.85$

b. Coeficiente válvula de globo totalmente abierta

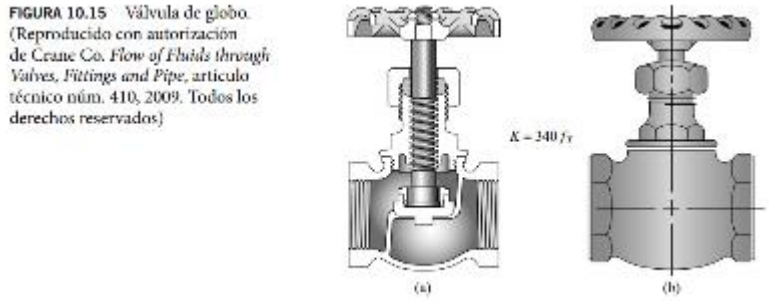


Figura 26. Coeficiente válvula de globo [9].

$K_g = 340 * f$

$K_g = 340 * 0.019$

$K_g = 6.46$

c. Coeficiente codo 90 grados radio corto

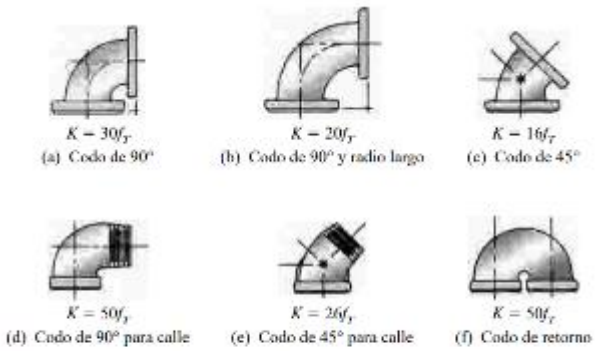


Figura 27. Coeficiente codo 90º [9].

$K_c = 30 * f$

$K_c = 30 * 0.019$

$K_c = 0.57$

d. Coeficiente de la Tee

FIGURA 10.24 Tes estándar. (Reproducido con autorización de Crane Co. *Flow of Fluids through Valves, Fittings and Pipe*, artículo técnico núm. 410, 2009. Todos los derechos reservados)

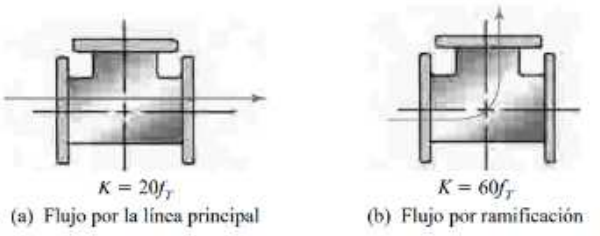


Figura 28. Coeficiente de la Tee [9].

$K_t = 60 * f$

$K_t = 60 * 0.019$

$K_t = 1.14$

e. Coeficiente entrada brusca

FIGURA 10.14 Coeficientes de resistencia de entrada.

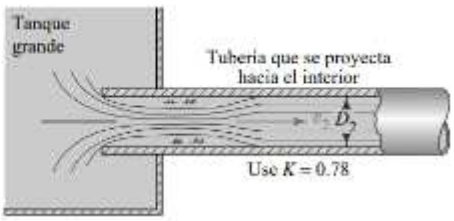


Figura 29. Coeficiente de entrada [9].

$K_e = 0.78$

f. Coeficiente salida al tanque

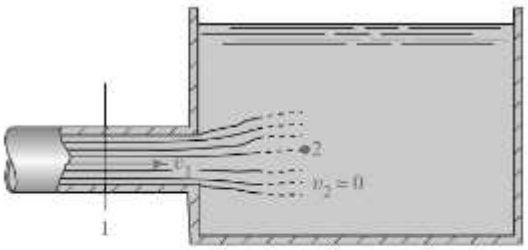


FIGURA 10.4 Pérdida de salida cuando un fluido fluye de una tubería a un depósito estático.

$$h_L = 1.0(v_1^2/2g)$$

Figura 30. Coeficiente de salida [9].

$K_s \equiv 1$

g. Válvula de bola

$$h_{mb} = K_b * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$h_{mb} = 2{,}85 * \frac{\left(2{,}226 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9{,}807 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{mb} = 0{,}719\ m$$

h. Válvula de globo

$$h_{mg} = K_g * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$h_{mg} = 6{,}46 * \frac{\left(2{,}226 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9{,}807 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{mg} = 1{,}63\ m$$

i. Codo 90 grados

$$h_{mc} = K_c * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$h_{mc} = 0{,}57 * \frac{\left(2{,}226 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9{,}807 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{mc} = 0{,}14\ m$$

j. Tee

$$h_{mt} = K_t * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$h_{mt} = 1{,}14 * \frac{\left(2{,}226 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9{,}807 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{mt} = 0{,}287\ m$$

k. Entrada brusca

$$h_{me} = K_e * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$h_{me} = 0{,}78 * \frac{\left(2{,}226 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9{,}807 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{me} = 0{,}197\ m$$

l. Salida al tanque

$$h_{ms} = K_s * \frac{V^2}{2 * g}$$

$$h_{ms} = 1 * \frac{\left(2{,}226 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9{,}807 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{ms} = 0{,}253\ m$$

m. Suma total de pérdidas menores:

$$h_m = h_{mb} + 2 * h_{mg} + 5 * h_{mc} + 2 * h_{mt} + h_{me} + h_{ms}$$

$$h_m = 0{,}719\ m + 2 * (1{,}63\ m) + 5 * (0{,}14\ m) + 2 * (0{,}287\ m) + 0{,}197\ m + 0{,}253\ m$$

$$h_m = 5{,}703\ m$$

2.2.10 Cálculo de la carga dinámica total del sistema

$$CDT = H_e + h_f + h_m$$

$$CDT = 15\ m + 0{,}289\ m + 5.703\ m$$

$$CDT = 21\ m$$

En unidad inglesa

$$CDT = 21\ m * \frac{3{,}28084\ ft}{1\ m}$$

$$CDT = 68.89\ ft$$

2.2.11 Selección de la bomba

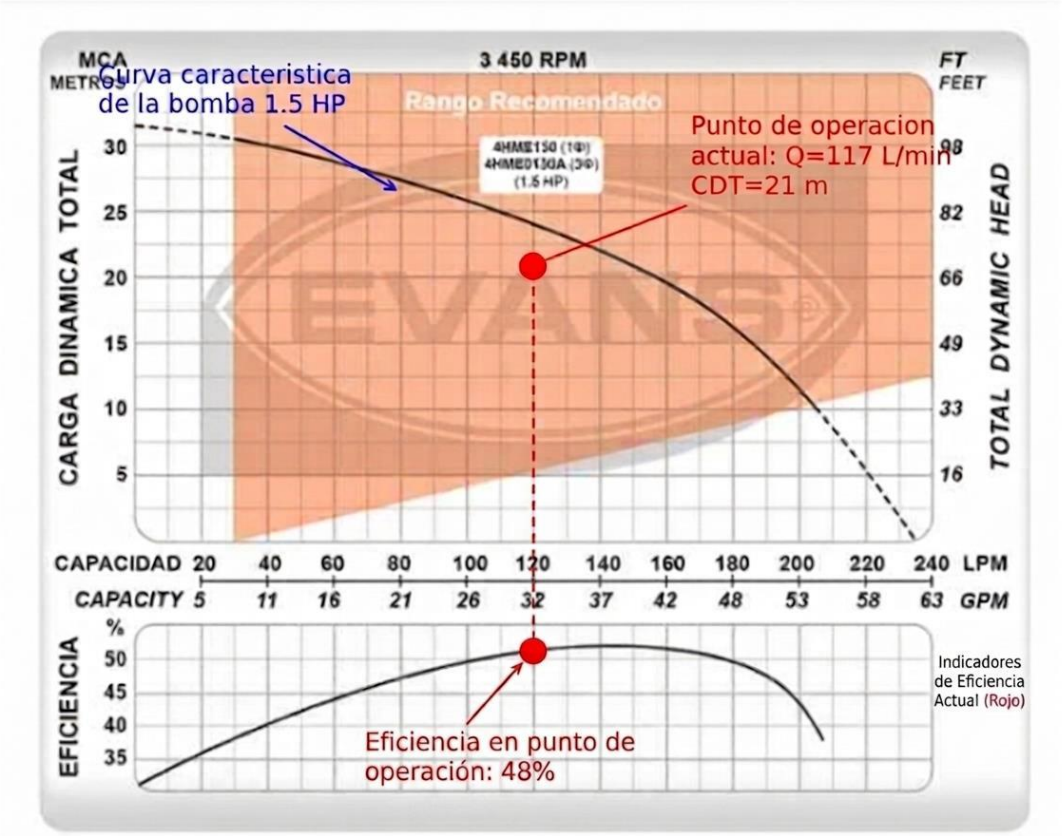


Figura 31. Diagrama de la curva de presentaciones hidráulicas [29]

Elaborado por: Edisson Amaguaña – Erik Toapanta

Curva característica de la bomba centrífuga de 1,5 HP y ubicación del punto de operación del banco hidráulico didáctico.

La curva de rendimiento de la bomba centrífuga escogida para el banco hidráulico didáctico se muestra en la Figura 23. Un caudal de diseño de 117 L/min y una carga dinámica total de 21 m corresponden al punto de operación que se obtiene a través del cálculo hidráulico. Cuando se contraponen estos valores con la curva característica del fabricante, se confirma que la bomba puede proveer el caudal demandado sobrepasando la carga dinámica estimada y funcionando dentro de la zona de operación sugerida. La elección de la bomba de 1,5 HP queda validada desde un punto de vista técnica gracias a estos resultados.

2.2.12 Cálculo de las cargas aplicadas en la máquina

a. Carga del tanque de 8-40 L

$48\ L = 0.048\ m^3$

$m = 1000 \frac{kg}{m^3} * 0.048\ m^3$

$m = 48\ kg$

$F = m * g$

$F = 48\ kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$

$F = 470.88\ N$

b. Carga de tanque de 120L

$120\ L = 0.12\ m^3$

$m = 1000 \frac{kg}{m^3} * 0.12\ m^3$

$m = 120\ kg$

$F = m * g$

$F = 120\ kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$

$F = 1177.2\ N$

c. Carga de la bomba

$F = m * g$

$F = 22\ kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$

$F = 215.82\ N$

2.3 Enfoque experimental y alcance de la investigación

Esta investigación es de enfoque práctico, ya que involucra el diseño, la construcción y la evaluación de un banco hidráulico didáctico mediante pruebas de funcionamiento en laboratorio. Esta perspectiva facilita ver directamente cómo se comporta el sistema y verificar si los elementos elegidos funcionan apropiadamente mientras se realiza.

El estudio es aplicado porque, además de realizar un análisis teórico, busca desarrollar un equipo funcional que se pueda emplear en actividades prácticas. En este caso, el banco hidráulico se propone como un instrumento de soporte para la educación, ya que facilita el análisis de variables relevantes como la presión, el caudal y la estabilidad del sistema.

Además, el estudio tiene un enfoque explicativo y de validación. Se muestra detallado ya que explica las características del banco hidráulico, los materiales utilizados, los equipos escogidos y la estructura de sus componentes. Resulta validador ya que, tras la construcción del banco, se llevan a cabo pruebas experimentales para confirmar su buen funcionamiento y establecer si satisface los requerimientos necesarios para ser usado en el laboratorio.

La investigación incluye la selección de los componentes del sistema, como las válvulas de control, el caudalímetro digital, la bomba y el indicador de nivel. Además, incluye la elaboración de la estructura, el ensamblaje del circuito de recirculación y la incorporación de ruedas que haga más sencilla su movilidad. Por último, se llevan a cabo ensayos con agua para evaluar el funcionamiento del banco y verificar su rendimiento en condiciones reales de operación.

El diseño y la validación de un banco hidráulico didáctico para laboratorio constituyen el alcance de este proyecto, de modo que no está dirigido a aplicaciones industriales a gran escala. Su objetivo principal es contar con un equipo que sea seguro, funcional y apropiado para llevar a cabo prácticas experimentales que mejoren el aprendizaje de los conceptos fundamentales de la hidráulica.

2.3.1 Descripción de equipos y herramientas

La realización y funcionamiento del banco hidráulico didáctico requirió la utilización de una variedad de herramientas y equipos, que facilitaron llevar a cabo las fases de diseño, fabricación, montaje y experimentación. Estos componentes fueron elegidos basándose en su precisión, acceso fácil y aplicación en el sistema hidráulico, asegurando así un funcionamiento apropiado y la obtención de resultados confiables.

Tabla III. Equipos y herramientas.

Equipos y herramientas utilizadas en la fabricación del banco hidráulico		
Nº	**Denominación**	**Imagen**
1	Computadora	
2	Equipo de soldadura GMAW	
3	Amoladora angular	
4	Sierra o equipo de corte	

5	Llaves mecánicas fijas y ajustable	
6	Destornilladores	
7	Alicates	

8	Cinta métrica	
9	Calibrador Vernier	
10	Nivel de burbuja	
11	Prensa	

2.4 Métodos

Tabla IV. Métodos.

Fase 1.	Análisis de los componentes del sistema y de bancos hidráulicos.
Fase 2.	Elección de los elementos y materiales primordiales del banco hidráulico.
Fase 3.	Modelación y diseño del banco hidráulico en el programa SolidWorks.
Fase 4.	Cálculos hidráulicos y determinación de las dimensiones del sistema.
Fase 5.	Elaboración de planos constructivos y especificaciones de fabricación.
Fase 6.	Construcción y ensamblaje del banco hidráulico.
Fase 7.	. Incorporación del sistema de recirculación de agua.
Fase 8.	Validación experimental y pruebas de operación.
Fase 9.	Desarrollo del informe final y análisis de los resultados.

2.4.1 Procedimiento de las fases de la metodología

A. Fase 1

En esta fase inicial del proyecto, se llevó a cabo la recopilación y el análisis de datos técnicos sobre bancos hidráulicos de laboratorio y elementos que se emplean en circuitos de recirculación de agua. Asimismo, se examinaron precedentes de proyectos semejantes, artículos técnicos y principios de diseño utilizados en sistemas hidráulicos experimentales.

Después se determinaron las variables fundamentales de operación requeridas para desarrollar el banco hidráulico, incluyendo la presión, el caudal y la estabilidad del

sistema. Esta fase facilitó la elaboración de una base técnica para determinar las propiedades generales que el prototipo debía tener.

B. Fase 2

En esta fase se eligieron los componentes y materiales principales del banco hidráulico, tomando en cuenta la compatibilidad hidráulica, la resistencia a la corrosión, la resistencia mecánica y la facilidad del mantenimiento.

Debido a su durabilidad y resistencia en entornos húmedos, se eligió el acero inoxidable AISI 304 para las estructuras, los tanques. Además, se establecieron los elementos hidráulicos y medición requeridos para que el sistema opere, como son la bomba centrifuga, las válvulas, el manómetro, el caudalímetro digital, los visores de nivel y los accesorios de conexión.

Asimismo, se comprobó que los elementos escogidos sean aptos para operar en condiciones de recirculación de agua y faciliten realizar prácticas experimentales de forma segura.

C. Fase 3

Después de que se definieron los componentes principales, el diseño y modelado del banco hidráulico se realizó utilizando SolidWorks. En este periodo se definieron las dimensiones globales de la estructura, la ubicación de los tanques, el trazado de las tuberías y la colocación de los instrumentos para medir y controlar.

El modelado facilitó observar cómo funciona el sistema antes de que se fabrique, lo que proporciona la distribución apropiada de las piezas y la adaptación del espacio en el banco hidráulico. También se consideró añadir ruedas para que el equipo del laboratorio sea más fácil de mover.

D. Fase 4

Durante esta etapa, se llevaron a cabo los cálculos requeridos para asegurar que el banco hidráulico funcione adecuadamente, las condiciones de presión y caudal necesarias para las prácticas experimentales, así como las pérdidas de carga en tuberías y accesorios, se establecieron.

Después, se eligió la bomba centrífuga tomando en cuenta el caudal necesario y la altura dinámica total del sistema. Para garantizar un flujo apropiado dentro del circuito,

se comprobó además el tamaño de las tuberías y los accesorios hidráulicos. Asimismo, se llevaron a cabo comprobaciones estructurales elementales para asegurar que la estructura pueda soportar el peso de los tanques, los componentes y el agua del sistema mientras esté en funcionamiento.

E. Fase 5

En la presente se desarrollaron los planos de ensamblaje y de construcción del banco hidráulico, los planos abarcaban las dimensiones generales, la disposición de los elementos hidráulicos, detalles estructurales y las especificaciones requeridas para el proceso de producción.

También se crearon vistas y detalles que ayudaron a ensamblar la estructura correctamente, así como a colocar las tuberías y los instrumentos de control y medición.

F. Fase 6

La construcción y el ensamblaje del banco hidráulico didáctico se llevaron a cabo en esta etapa siguiendo los planos y diseños que se habían definido con anterioridad. En primer lugar, se realizó el corte de los perfiles de acero inoxidable AISI 304 que se emplean para la estructura principal del banco, tomando en cuenta las dimensiones establecidas en el diseño estructural.

Luego, se llevó a cabo la soldadura y el montaje de la estructura metálica, incorporando los travesaños laterales, soportes fundamentales y bases de apoyo requeridos para asegurar que el sistema funcione con estabilidad y resistencia. Asimismo, se colocaron las ruedas con freno para que el banco pudiera moverse fácilmente por el laboratorio y garantizar su estabilidad en las prácticas de experimentación.

Después de que la estructura fue construida, se instaló los tanques de almacenamiento de agua. Se verificó su alineación y sujeción correcta dentro del sistema. A continuación, se llevó a cabo la instalación de las tuberías y los elementos hidráulicos, que incluyen válvulas de bola, válvulas de globo, conexiones necesarias para el circuito de recirculación del agua y acoples tipo Tee.

Luego, se montó la bomba centrífuga monofásica de 1.5 HP, garantizando su adecuada fijación y conexión con las conducciones hidráulicas del sistema. Además, se

añadieron los instrumentos de control y medición, como los visores de nivel, el caudalímetro digital y el manómetro, para posibilitar la supervisión de las variables hidráulicas mientras el banco está en funcionamiento.

Después, se incorporó una botonera de control de 110 V para activar la bomba con seguridad, y se comprobaron las conexiones eléctricas requeridas para su funcionamiento. Por último, antes de comenzar los ensayos experimentales del sistema, se llevó a cabo la revisión del ajuste y alineamiento de cada uno de los componentes instalados, confirmando que las tuberías, accesorios y componentes estructurales estuvieran adecuadamente conectados.

G. Fase 7

En esta fase se incorporó el sistema de recirculación de agua para posibilitar que el banco hidráulico funcionará sin interrupciones durante las prácticas experimentales y para evitar derrochar este recurso. En primer lugar, se corroboró que las tuberías de retorno y alimentación estuvieran conectadas correctamente entre la bomba centrífuga, el tanque principal y los elementos hidráulicos del sistema. Luego, se verificó que las válvulas, conexiones y accesorios estuvieran correctamente acoplados para asegurar un flujo constante y seguro dentro del circuito hidráulico.

A continuación, se llevó a cabo un llenado inicial del sistema con agua para comprobar la conducta del flujo y encontrar eventuales escapes en las uniones de accesorios y tuberías. Si ocurren pérdidas, se realizan las adaptaciones y enmiendas necesarias para garantizar la estanqueidad del sistema. Después de comprobar que el circuito era hermético, se activó la bomba centrífuga para analizar cómo fluía el agua por dentro del banco hidráulico. Se monitoreó el comportamiento del caudal, la estabilidad del flujo y la recirculación del agua al tanque principal a lo largo de esta prueba.

Por último, se verificó que el sistema de recirculación funcione constante y establemente, posibilitando la reutilización del agua a lo largo de las prácticas experimentales sin producir desecho del recurso.

H. Fase 8

La construcción del banco hidráulico, se llevaron a cabo ensayos experimentales para analizar cómo funciona el sistema en distintas condiciones operativas.

El caudalímetro digital y el manómetro que se encuentran en el sistema fueron empleados para medir las variables de presión, caudal y estabilidad operacional durante las pruebas. Además, se comprobó la reacción de los controles hidráulicos, el funcionamiento adecuado de la bomba centrífuga y cómo fluía el agua por las tuberías.

Después, se compararon los resultados experimentales conseguidos con las cifras teóricas previamente calculadas. Esto posibilitó la validación de la efectividad y funcionalidad del banco hidráulico para prácticas en laboratorios.

I. Fase 9

Finalmente, se estudiaron los resultados adquiridos durante las pruebas experimentales con el objetivo de verificar si los objetivos establecidos en el proyecto fueron cumplidos y evaluar la conducta general del banco hidráulico.

Se examinó el desempeño hidráulico, la estabilidad de la estructura y el funcionamiento de los dispositivos para medir y controlar. Después, se realizó el informe técnico final que contenía el análisis de los resultados, las conclusiones y las sugerencias relacionadas con la creación, edificación y validación del banco hidráulico didáctico.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Descripción de las partes del equipo

3.1.1 Procedimiento de las fases de la metodología

El banco hidráulico didáctico está constituido por varias partes que permiten el correcto funcionamiento como se muestra en la figura 23, en el cual se da a conocer los sistemas y subsistemas.

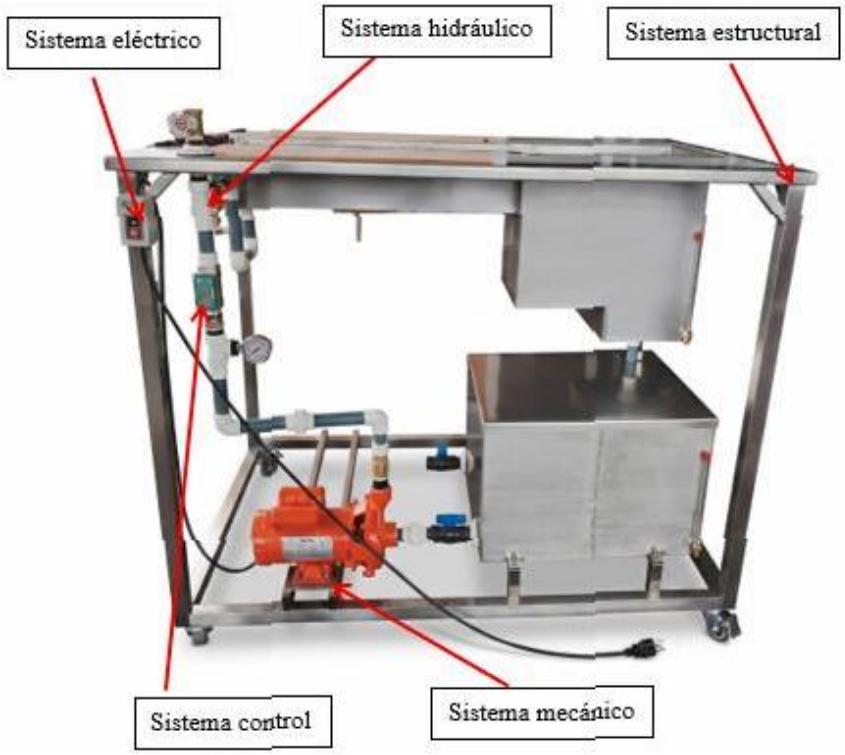


Figura 32. Banco hidráulico didáctico.

A. Componentes del banco hidráulico didáctico

El Banco hidráulico didáctico se divide en cinco sistemas principales el cual se presenta a continuación.

a. Sistema hidráulico.

Este sistema es el encargado de controlar y trasportar el fluido a través del banco hidráulico permitiendo determinar el caudal, la presión y pérdidas de energías. En la siguiente tabla V, se presenta los componentes de este equipo que simulan el comportamiento del sistema.

Tabla V. Sistema hidráulico

Sistema hidráulico	Componentes
1.	Bomba Centrífuga
2.	Tubería PVC de 1 in
3.	Válvulas de globo
4.	Válvulas de compuerta
5.	Válvula de Check
6.	Válvula de bola
7.	Codos
8.	Acoples Tee
9.	Depósitos de almacenamiento

b. Sistema estructural.

Es la base para soportar todos los componentes hidráulicos el cual está conformado en la siguiente tabla VI, donde se determinó el diseño tomando en cuenta la estabilidad, rigidez y evitando las deformaciones que puedan afectar en la estabilidad de operación del equipo.

Tabla VI. Sistema estructural

Sistema estructural	Componentes
1.	Bastidor de tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304
2.	Láminas de acero inoxidable AISI 304
3.	Soporte soldado
4.	Ruedas de nylon con freno

c. Sistema mecánico.

Son los elementos en cargados a mantener estables y fijos, las cuales se presentan en la tabla VII, mediante el cual ayudo a la bomba centrifuga, a tener un buen funcionamiento al momento de realizar la succión del depósito de 120 litros y trasportar el fluido hacia la parte superior del mismo evitando las desalineaciones de la bomba y las tuberías.

Tabla VII. Sistema mecánico

Sistema mecánico	Componentes
1.	Acoplamientos mecánicos rígidos de bomba
2.	Bridas de sujeción
3.	Pernos de anclaje

d. Sistema eléctrico.

Es la parte fundamental y responsable de suministrar la energía eléctrica a la bomba mediante el motor eléctrico. Además, está constituido con los componentes que se muestran en la tabla VIII, que permiten el encendido y apagado de la misma, evitando daños que afectando a la parte principal que es la bomba.

Tabla VIII. Sistema eléctrico

Sistema eléctrico	Componentes
1.	Motor de inducción monofásico
2.	Cableado
3.	Interruptor

e. Sistema de control.

En este sistema se encuentra los componentes que se observa en la tabla IX, ya que son los encargados de la medición, regulación y monitoreo del sistema hidráulico, con las cuales facilitan la obtención de los datos que ayudan a la evaluación del funcionamiento del banco hidráulico didáctico.

Tabla IX. Sistema control

Sistema control	Componentes
1.	Manómetro amortiguado por glicerina
2.	Caudalímetro digital
3.	Regletas milimétricas transparentes para control visual de nivel.

3.2 Análisis de la estructura

El análisis estructural del banco hidráulico didáctico tiene como objetivo verificar el comportamiento de las cargas que se encuentran en la estructura, determinando la capacidad de resistir esfuerzos y deformaciones. Lo cual permitió identificar si existen zonas críticas en las cuales pueden dar un problema en la estabilidad y seguridad del equipo. Logrando de esta manera determinar el material, las medidas de los tubos cuadrados que se utilizó en el diseño y construcción de este dando como resultado un soporte adecuado para el peso de los componentes, las fuerzas provocadas por el fluido y además las vibraciones generadas durante el funcionamiento.



Figura 33. Estructura del banco hidráulico didáctico.

3.2.1 Verificación de resultados por medio de simulación de la estructura

Para realizar el análisis estructural se desarrolló en un software de diseño, el cual permite determinar el material con el que se encuentra elaborado la estructura del banco hidráulico didáctico, en caso de no encontrar en la librería del software, se procederá a ingresar las propiedades de manera manual como se muestra a continuación.

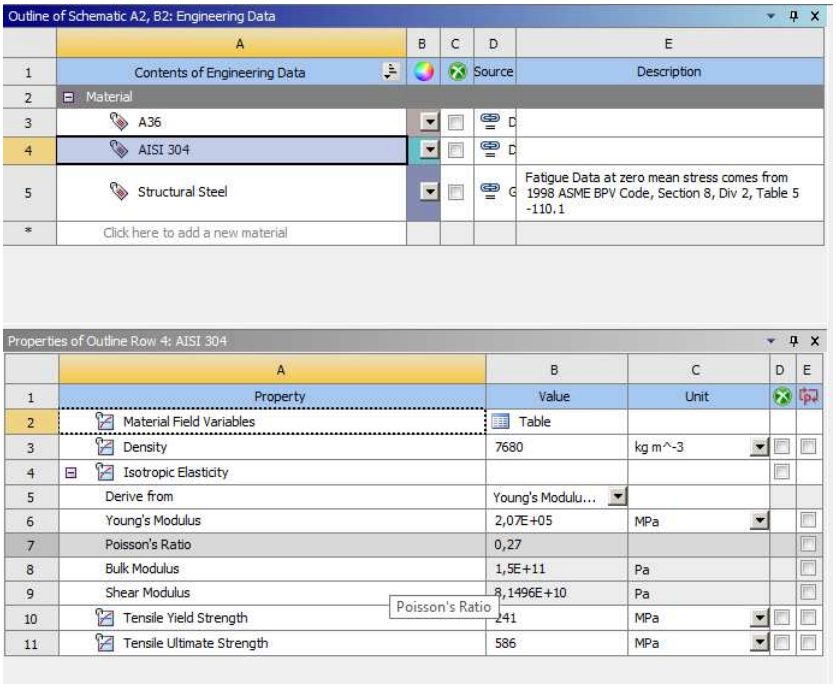


Figura 34. Propiedades del material acero inoxidable AISI 304.

Después, como se muestra en la figura 26 se realizó un mallado por defecto obteniendo como resultado 55102 nodos y 25320 elementos, mediante este proceso se puede evaluar el comportamiento estructural, facilitando identificar de las zonas críticas.

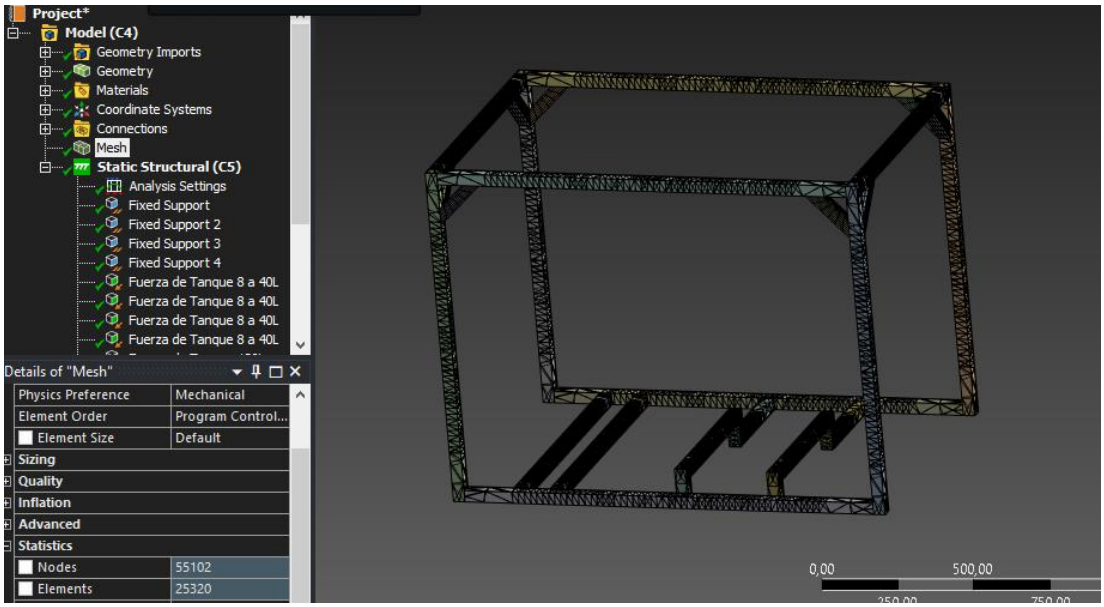


Figura 35. Mallado de la estructura del banco hidráulico.

Posteriormente, se determinó realizar las restricciones necesarias, como el soporte fijo, el cual impide el desplazamiento del banco hidráulico. Esta restricción simula un anclaje fijo al suelo, donde permite evaluar las condiciones de carga que se encuentran

al momento de ensamblar completamente. Además, se determinaron las fuerzas aplicadas tanto del depósito de 8, 40 y 120 litros, la bomba centrífuga de 1.5 Hp, como se muestra en la figura 27.

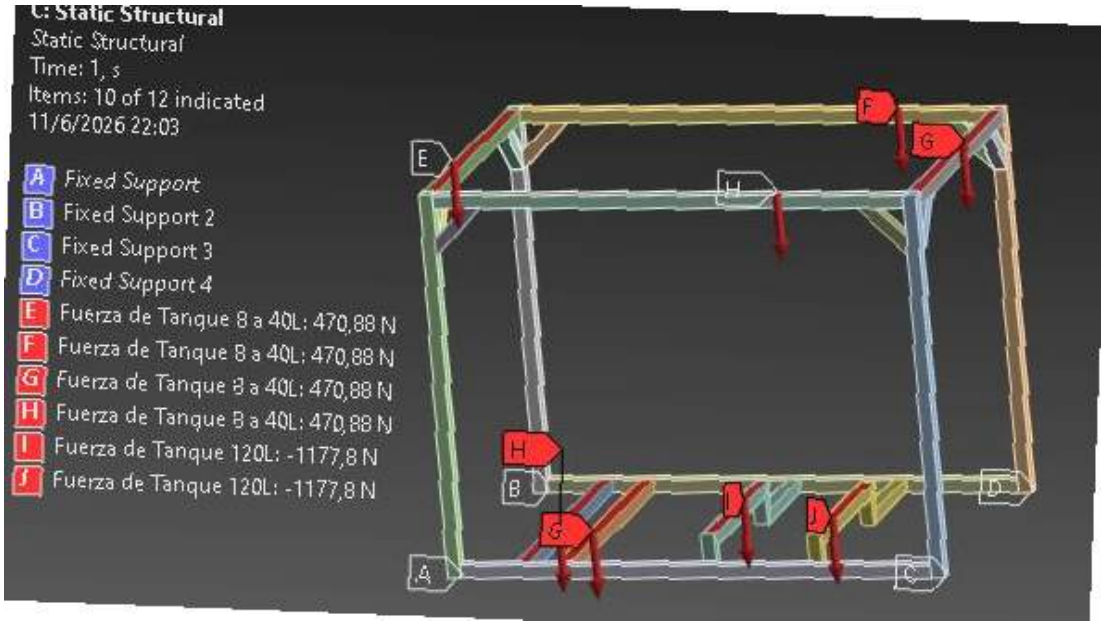


Figura 36. Restricciones y Aplicación de fuerzas en la estructura.

Al mismo tiempo, se desarrolla el análisis del esfuerzo equivalente de Von Mises tomando en cuenta que el material de los tubos cuadrados es el acero inoxidable AISI 304, que tiene como límite de afluencia de 241 MPa, y se obtuvo un resultado de 136.68 MPa, localizado principalmente en la zona inferior de la estructura en el análisis, como se muestra en la figura 28. Determinando esto, se obtiene un factor de seguridad de 1.76, concluyendo que esta estructura es capaz de soportar las cargas aplicadas tanto de los dos depósitos como el de la bomba.

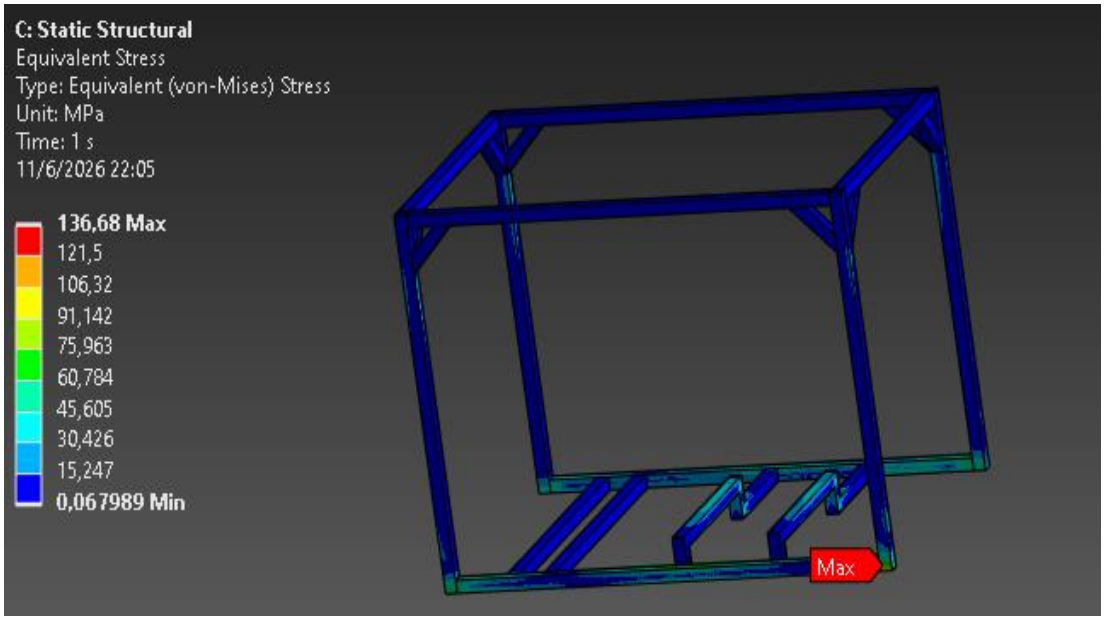


Figura 37. Simulación del esfuerzo equivalente de Von Mises.

La deformación total se localizó en la parte inferior de la estructura donde se implementó el depósito de 120 litros, con un resultado de 2.37 mm, como se muestra en la figura 29. Esta deformación no afectaría mucho a la estructura debido a que se encuentra con una bomba centrífuga y esta, gracias a su operación de absorción, aliviaría la carga, obteniendo como resultado que no se afecte significativamente a la estructura ni a su desempeño.

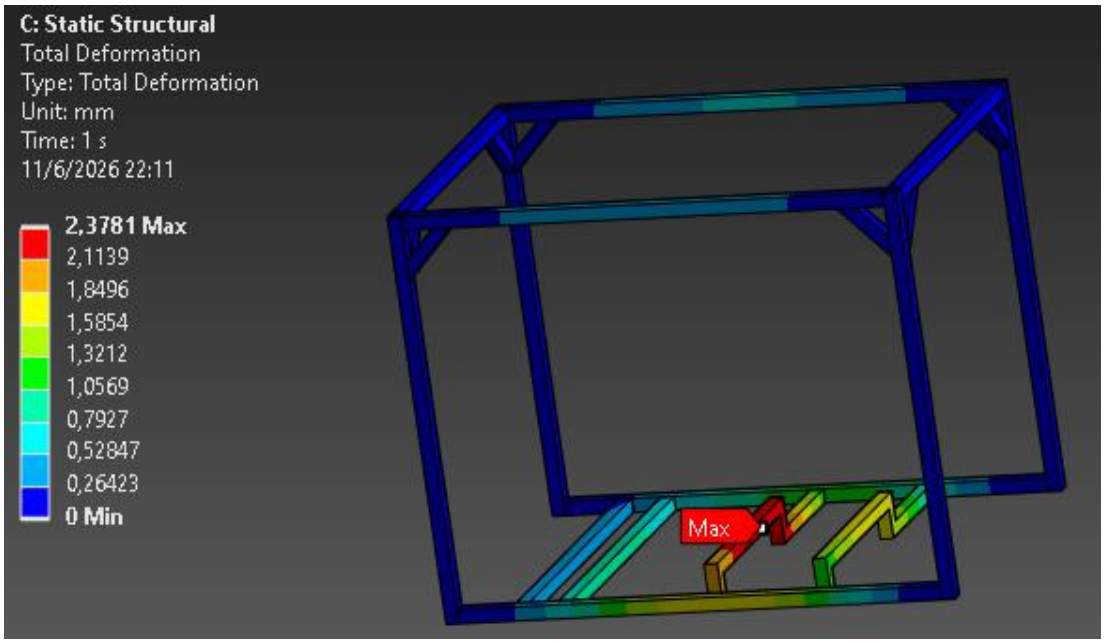


Figura 38. Simulación de la deformación total.

El análisis del factor de seguridad realizado permite evaluar la capacidad de resistencia frente a las cargas aplicadas durante su operación, en donde se obtiene un factor de seguridad mínima de 1.76 y esto se localiza en la parte inferior de la estructura, como se muestra en la figura 30, lo que determina ser un material conocido sujeto a cargas. Además, el material con el cual se está trabajando resulta ser funcional y operacional bajo las condiciones y es recomendado para aplicaciones mecánicas.

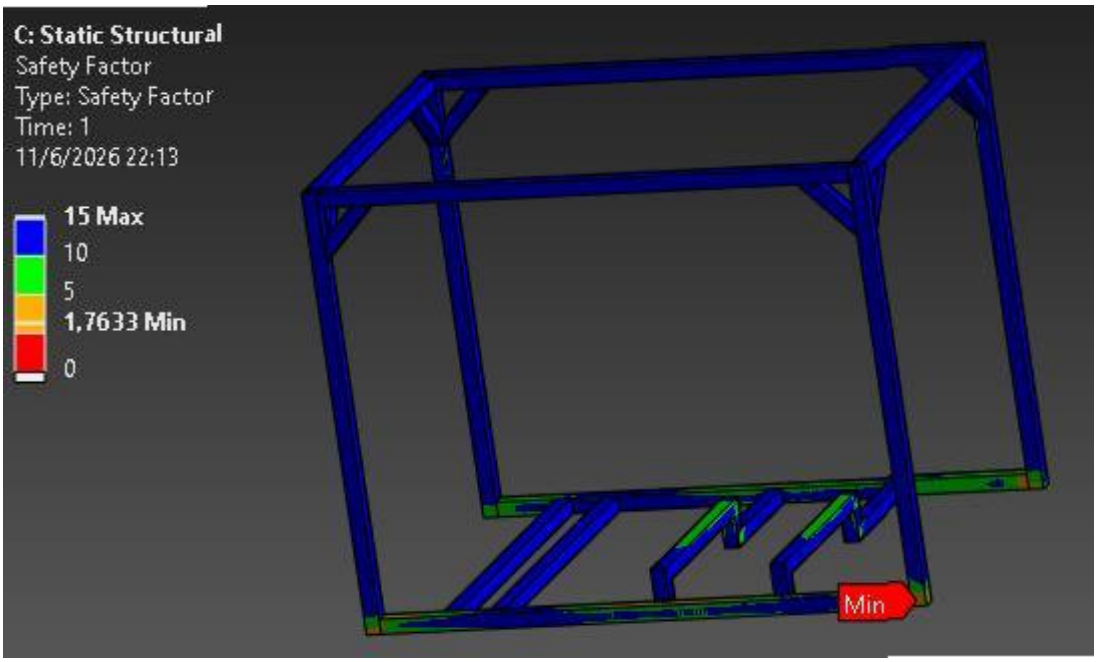


Figura 39. Simulación del factor de seguridad.

3.2.2 Tabla de resumen de resultados

En la siguiente tabla X, se presenta el resumen obtenido mediante la simulación de la estructura del banco hidráulico didáctico

Tabla X. Tabla de resultados

	Máximo	**Mínimo**
Esfuerzo equivalente Von Mises	136.68 MPa	0.067 MPa
Deformación	2.37 mm	0 mm
Factor de seguridad	15	1.76

3.3 Descripción y funcionamiento de los prototipos

El banco hidráulico didáctico está diseñado y construido para el estudio del análisis del comportamiento del fluido dentro del sistema hidráulico controlado. Con la

finalidad de permitir comprender la práctica de los principios esenciales de la mecánica de fluidos, los cuales son el caudal, presión, velocidad y la pérdida de carga.

3.3.1 Funcionamiento del tanque de almacenamiento

Es la parte principal donde se realiza el almacenamiento del fluido antes de entrar en marcha. Este tanque desempeña la función de abastecer y reservar de manera constante el fluido con el objetivo de realizar la recirculación. Asegurando el funcionamiento adecuado y evitando los bajos niveles del fluido, ya que, si no se toma en cuenta esto, puede provocar el ingreso de aire al sistema, fallando el rendimiento de la bomba centrífuga.

3.3.2 Indicador de nivel de los tanques de almacenamiento

Permite visualizar y controlar la cantidad de fluido que se encuentra en el depósito o tanque de 120 y de 40 litros, ayudando de esta manera a evitar daños en la bomba centrífuga.

3.3.3 Funcionamiento de la bomba centrífuga

Este entra en operación cuando se acciona el motor eléctrico gracias al dispositivo de control de encendido y apagado. La bomba transforma la energía mecánica en energía hidráulica, impulsando el fluido a través del sistema de tuberías. Además, se debe prevenir que este dispositivo se quede sin fluido para no provocar que exista el sobrecalentamiento, cavitación y daños en el impulsor.

3.3.4 Medición y control de variables hidráulicas

En el trascurso del ciclo que cumple el fluido a través del sistema hidráulico permite monitorear y controlar la presión y el caudal. Logrando con este control obtener las mediciones que se utilizó para el análisis experimental del fluido.

3.3.5 Funcionamiento del manómetro

Es el equipo encargado de medir la presión del fluido, logrando visualizar las diferentes variaciones producidas por la bomba centrífuga. Dicho resultado permite analizar el comportamiento y prevenir el mal funcionamiento del banco hidráulico didáctico.

3.3.6 Funcionamiento del caudalímetro digital

El caudalímetro digital se utiliza para medir el caudal que circula por el sistema hidráulico. Este al ser digital proporciona lecturas precisas obteniendo datos con un porcentaje de error mínimo que permite realizar los cálculos hidráulicos.

3.3.7 Circulación del fluido en el sistema hidráulico

Una vez proporcionado el impulso por la bomba centrífuga esta circula por la tubería y accesorios. Al momento de circular por el sistema hidráulico se experimenta cambios en la velocidad, presión y pérdidas de energía producidas en las paredes de las tuberías y accesorios. Si se evita fugas se obtiene un flujo estable y eficiente en el banco.

3.3.8 Sistema de recirculación del agua

Finalmente, el fluido pasa por el tanque de almacenamiento de 40 litros recorriendo por la tubería y llegando al tanque principal de 120 litros estableciendo un circuito cerrado de recirculación continua. Este sistema permite el ahorro de fluido y la repetitividad de la práctica experimental.

3.3.9 Comportamiento estructural del banco hidráulico

El banco hidráulico debe mantener rigidez y estabilidad para soportar las cargas generadas por el peso del agua, la bomba y los accesorios.

3.4 Resultados de pérdidas

Con el objetivo de validar el banco hidráulico didáctico, se llevaron a cabo ensayos experimentales con la finalidad de calcular los parámetros de estabilidad operativa del sistema, presión y caudal. Se realizaron tres mediciones para cada condición de ensayo, con el propósito de comprobar la repetibilidad de los resultados conseguidos. Además, se definieron diversos porcentajes de apertura de la válvula de control, lo que facilitó el análisis del comportamiento hidráulico del sistema y la visualización de las pérdidas producidas en diferentes circunstancias de flujo.

3.4.1 Resultados de la validación del banco hidráulico didáctico

Los resultados de caudal obtenidos en las pruebas de validación del banco hidráulico didáctico para varios porcentajes de apertura de la válvula se muestran en la tabla XI. Los datos obtenidos permiten examinar cómo se comporta el flujo.

Tabla XI. Ensayos de apertura de válvula

Apertura de válvula	Ensayo 1 L/min	Ensayo 2 L/min	Ensayo 3 L/min	Promedio L/min
25 %	0.041	0.044	0.039	0.041
50 %	0.054	0.057	0.053	0.054
100 %	0.068	0.066	0.070	0.068

Los datos de presión obtenidos durante los ensayos experimentales se presentan en la tabla XII. Estas mediciones posibilitan comprobar que la bomba, los instrumentos y los componentes de control colocados en el banco didáctico hidráulico están funcionando adecuadamente y permiten valorar el rendimiento hidráulico del sistema.

Tabla XII. Ensayos de presión

Apertura de válvula	Ensayo 1 psi	Ensayo 2 psi	Ensayo 3 psi	Promedio psi
25 %	45.50	46.41	47.32	46.41
50 %	45.58	47.02	46.41	46.41
100 %	46.41	45.90	46.92	46.41

Las observaciones cualitativas que se hicieron durante las pruebas de funcionamiento están resumidas en la tabla XIII. Se examinaron elementos vinculados a la estabilidad del flujo, la presencia de vibraciones, las fugas y la conducta general del sistema bajo distintas situaciones de apertura de la válvula.

Tabla XIII. Ensayos de observaciones

Apertura de válvula	Observaciones
25 %	Se notó un flujo restringido y constante como resultado de la apertura reducida de la válvula. La circulación del agua fue constante, sin que se produjeran vibraciones ni escapes en la estructura del banco hidráulico. La presión se mantuvo uniforme a lo largo de toda la prueba.

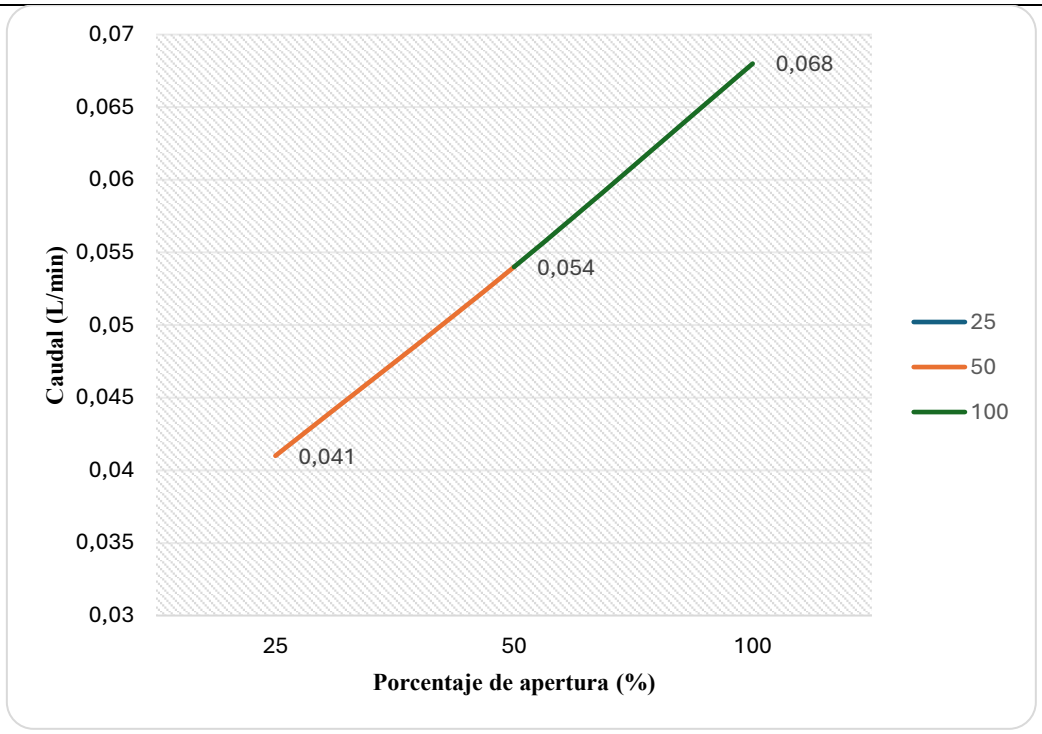
50 %	El aumento de la apertura propició que el caudal circulante se incrementara. El flujo mostró una estabilidad y continuidad, sin cambios de presión notables. No se observaron vibraciones ni movimientos irregulares en las partes hidráulicas.
100 %	El mayor caudal operativo del sistema se logró con la válvula totalmente abierta. Se notaron vibraciones a causa del incremento de la velocidad del fluido en las tuberías, pero estas no tuvieron impacto en el desempeño del banco hidráulico ni en la estabilidad estructural.

En la siguiente tabla XIV, se presenta la ficha técnica de validación del banco hidráulico didáctico. Mediante los diferentes porcentajes de apertura de la válvula de bola determinar el caudal, la presión y las observaciones.

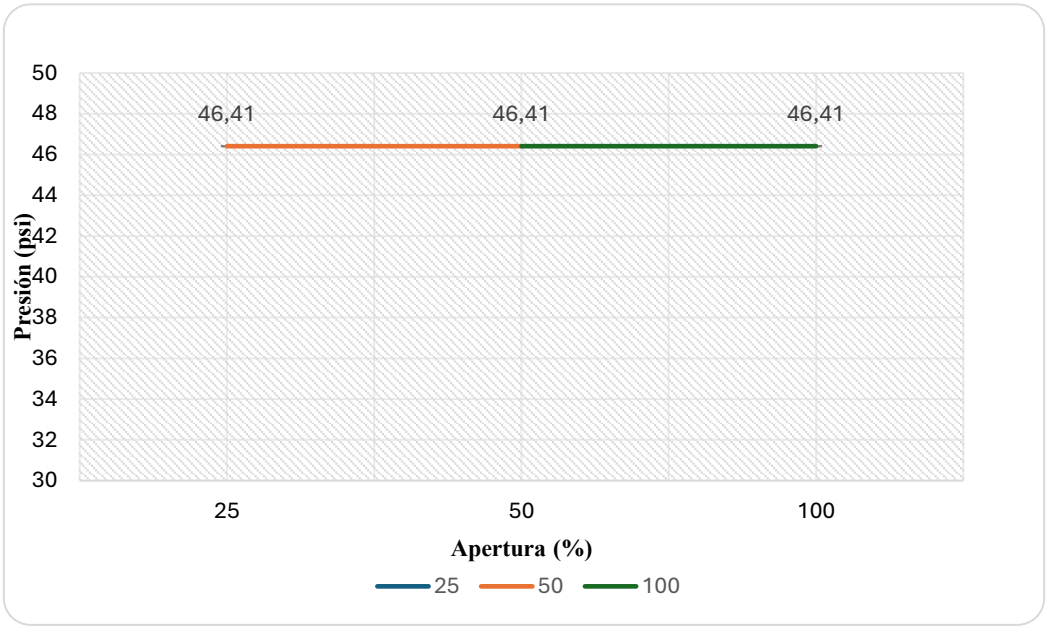
Tabla XIV. Ficha técnica de validación del banco hidráulico didáctico

UNIVERSIDAD TÉCINA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE MECÁNICA**						
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio:	Trabajo experimental		**Codificación:**	BHD-AT-001		
Fecha de ejecución:	1/06/2026		**Equipo:**	Banco hidráulico didáctico		
Realizado por:	Edisson Amaguaña Erik Toapanta		**Revisado por:**	Ing. Gonzalo López		
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato					
RESULTADOS DE VALIDACIÓN						
Ensayo	**Apertura de válvula**	**Caudal final** L/min	**Caudal inicial** L/min	**Presión final** psi	**Presión inicial** psi	**Observaciones**

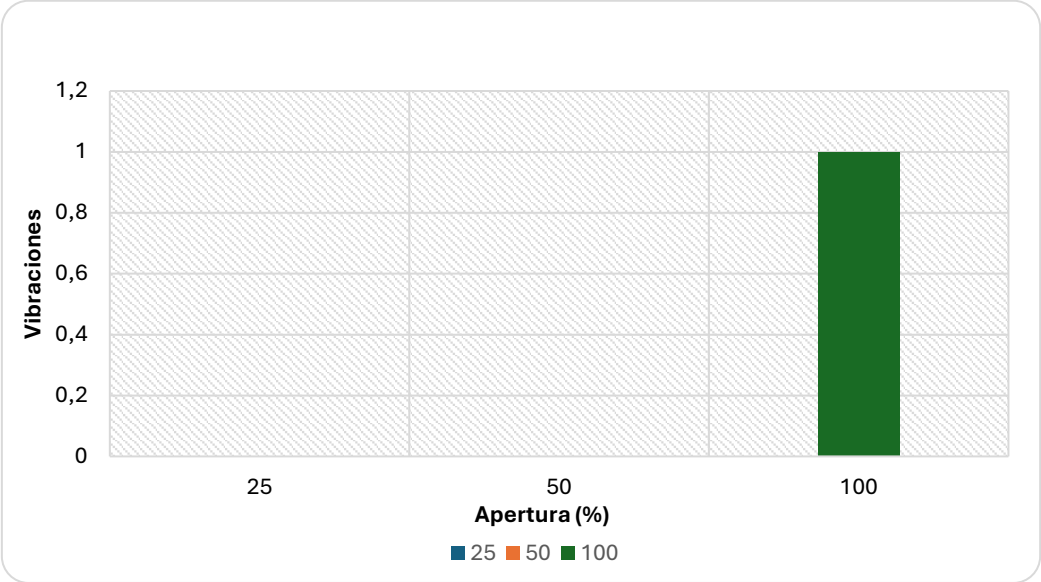
1	25%	0	0.041	0	46.41	Flujo restrictivo estable. Ausencia total de vibraciones en la estructura.
2	50%	0	0.054	0	46.41	Desarrollo de flujo constante. Estabilidad de presión sin fluctuaciones.
3	100%	0	0.068	0	46.41	Caudal máximo de descarga. Presencia de vibraciones leves por velocidad de flujo.
GRÁFICAS						
• **CAUDAL vs. PORCENTAJE DE APERTURA**						



- **PRESIÓN vs. PORCENTAJE DE APERTURA**



- **VIBRACIONES vs. PORCENTAJE DE APERTURA**



OBSERVACIÓN

1. Cuando se aumenta la apertura de la válvula del 25 al 100 %, el caudal sube de 0,041 a 0,068 L/min. Este comportamiento indica que el banco hidráulico reacciona apropiadamente a los cambios en la apertura, permitiendo un flujo más amplio de fluido conforme disminuye la restricción en la línea de conducción. Las observaciones demuestran que los componentes hidráulicos y el sistema de bombeo funcionan con eficacia, asegurando un flujo constante de agua a lo largo de las pruebas de validación.
2. La presión en función del porcentaje de apertura refleja el comportamiento hidráulico esperado del sistema durante su funcionamiento. Se constató que, al iniciar la bomba centrífuga con la válvula de compuerta cerrada, la presión alcanzó un valor de 46,41 psi debido a la acumulación de energía hidráulica en la tubería de conducción. Luego, al abrir la válvula y permitir que el agua fluyera a través del circuito hidráulico, la presión bajó a niveles cercanos a 0 psi, como resultado de la liberación del fluido y la disminución de la presión estática en el sistema. Este comportamiento indica que la bomba, la válvula de compuerta y el manómetro operan correctamente, permitiendo el control y la visualización de las variaciones de presión que ocurren durante la circulación del agua.
3. Finalmente se muestra con un 25 y un 50 % de apertura válvula de compuerta no se observaron vibraciones significativas, pero cuando se trabajó a una apertura

del 100 %, el sistema evidenció vibraciones. Este comportamiento actitud puede ser atribuida al aumento del caudal y de la rapidez del fluido dentro de las tuberías, lo que genera un mayor esfuerzo dinámico en los componentes hidráulicos y la estructura. Sin embargo, en las pruebas efectuadas no se detectaron alteraciones, movimientos ni problemas estructurales que puedan poner en riesgo la seguridad o el funcionamiento del banco hidráulico.	
Elaborado por:	Edisson Amaguaña – Erik Toapanta
Revisado por:	Ing. Gonzalo López
Aprobado por:	Ing. Gonzalo López
Validado por:	Ing. Gonzalo López

3.5 Costos

3.5.1 Costo de material hidráulico

En la tabla XV, se dan a conocer los materiales con los cuales se dio forma al sistema hidráulico del banco didáctico, los cuales fueron seleccionados considerando criterios de funcionalidad, resistencia, compatibilidad hidráulica y facilidad de integración dentro del sistema. Estos componentes cumplen un papel fundamental en la conducción y control del fluido, permitiendo establecer un circuito de circulación continuo durante la operación del banco.

Tabla XV. Costos de materiales los hidráulicos

Costos de los materiales hidráulicos			
Cantidad	**Característica**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
6	Adaptador de tanque	$3.6957	$22.17
2	Tee Rosca 1 in	$1.50	$3.00
9	Neplo 1 in	$0.60	$5.40
8	Adaptador macho 1 in PVC	$0.3478	$2.78
2	Universal roscable 1 in	$1.7391	$3.48
1	Universal pegable 1 in	$1.7391	$1.74
1	Válvula de compuerta	$15.00	$15.00
1	Válvula de globo	$15.00	$15.00
1	Bushing 1 in 1/4 x 1 in	$1.0435	$1.04

1	Neplo 11/2 a 1 in	$0.75	$0.75
2	Válvula de bola 1 in	$3.00	$6.00
4	Teflón grande	$1.1304	$4.52
1	Pega 1/16 GALON AMERICANA WELD 705	$5.2174	$5.22
1	Bushing 1 x 1/2 in	$0.50	$0.50
1	Bushing 1/2 x 1/4 in	$0.90	$0.90
1	Válvula de check 1 in	$10.4348	$10.43
1 m	Tubo roscable 1 in	$3.25	$3.25
5	Codo 90º PVC	$0.5652	$2.83
SUB TOTAL			$104.01
IVA 15 %			$15.60
TOTAL			$119.61

3.5.2 Costo de material estructural

En la tabla XVI, se dan a conocer los materiales con los cuales se construyó la armadura del banco hidráulico didáctico, los cuales fueron seleccionados considerando criterios de resistencia mecánica, estabilidad estructural y condiciones de operación del sistema. Esta constituye el elemento principal de soporte del banco, ya que tiene la función de sostener y distribuir adecuadamente las cargas generadas por el peso de los tanques, la bomba centrífuga, el sistema de tuberías y demás componentes hidráulicos instalados.

Tabla XVI. Costos de materiales estructurales

Costos de materiales estructurales			
Cantidad	**Característica**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
4	Tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304	$95	$380
2	Plancha de acero inoxidable AISI 304	$230	$460
1	Plancha de Tol galvanizado	$20	$20
-	Ruedas con freno	$21.74	$21.74

SUB TOTAL	$881.74
IVA 15%	$132.26
TOTAL	$1014.01

3.5.3 Costo de equipos

En la tabla XVII, se dan a conocer los equipos necesarios con los cuales se llevó a cabo la construcción del banco hidráulico didáctico. Estos equipos fueron seleccionados en función de los procesos de fabricación, ensamblaje, instalación y puesta en marcha del sistema, permitiendo garantizar una adecuada integración de los componentes estructurales e hidráulicos. Además, varios de estos equipos cumplen una función fundamental durante la etapa de validación y operación del banco, ya que permiten obtener y registrar resultados experimentales relacionados con el comportamiento del flujo, la presión y el caudal.

Tabla XVII. Costos de equipos

Costos de equipos			
Cantidad	**Característica**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
1	Manómetro ¼ in NPT	$9.97	$9.97
1	Caudalímetro digital	$50.78	$50.78
1	Bomba centrífuga 1.5 Hp EVANS	$278	$278
2	Indicador de nivel	$70.48	$70.82
SUB TOTAL			$409.57
IVA 15 %			$71.96
TOTAL			$551.67

3.5.4 Costo de materiales eléctricos

En la tabla XVIII, se presentan los materiales eléctricos empleados en la construcción y puesta en marcha del banco hidráulico didáctico. La selección de estos componentes se realizó teniendo en cuenta criterios de seguridad, fiabilidad, eficiencia energética y compatibilidad con los equipos electromecánicos del sistema. Los elementos eléctricos desempeñan un papel fundamental en el suministro, control y protección de la energía

necesaria para el funcionamiento del banco, asegurando la operación correcta de la bomba centrífuga, los dispositivos de control y los sistemas de medición durante las prácticas experimentales.

Tabla XVIII. Costos de materiales eléctricos

Costos de materiales eléctricos			
Cantidad	**Característica**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
1	Botonera trifásica CSC 30ª METALICA	$6.0435	$6.95
-	Cable concéntrico 2 x 12 (P2 100 MT)	$1.9391	$2.23
-	Enchufe (760534) COOPER 2P VINIL	$2.18	$2.5115
SUB TOTAL			$11.6915
IVA 15 %			$1.75
TOTAL			$13.44

3.5.5 Costo de mano de obra y recursos

En la tabla XIX, Se especifican los costos de mano de obra, agua, energía eléctrica, necesarios para la fabricación, el ensamblaje, validación y la instalación de las partes que componen el banco hidráulico didáctico, tomando en cuenta las labores requeridas para su adecuada operación.

Tabla XIX. Costos de mano de obra y recursos

Costos de mano de obra			
Cantidad	**Característica**	**Costo Unitario**	**Descripción**
-	Agua (Llenado de tanque)	$0.15	El depósito principal fue diseñado con una capacidad útil de 120 L
-	Electricidad	$0.98	Diseñado para proporcionar la energía a la bomba centrifuga que posee 1.12 kW de potencia.

-	Mano de obra	$250	Se considera para garantizar la correcta fabricación, ensamblaje e instalación de los componentes
TOTAL			$251.30

3.5.6 Costo total del proyecto

Tabla XX. Costo total

Costo total del proyecto		
Cantidad	**Característica**	**Costo Unitario**
-	Costo de material hidráulicos	$119.61
-	Costos de materiales estructurales	$1014.01
-	Costo de equipos	$551.67
-	Costos de materiales eléctricos	$13.44
-	Costos de mano de obra	$251.13
TOTAL		$1949.86

CAPÍTULO IV

4.1 CONCLUSIONES

- Con base en el análisis realizado, se diseñó, construyó y validó satisfactoriamente un banco hidráulico didáctico destinado al desarrollo de prácticas experimentales de laboratorio. La adecuada selección de una electrobomba de 1.5 HP, un caudalímetro digital de respuesta directa y válvulas de control, permitió consolidar un sistema modular capaz de operar a una presión estática controlada máxima 46.41 PSI y regular caudales continuos estables de flujo de 0.041 L/min hasta 0.068 L/min de manera eficiente en el laboratorio.
- Se concluye que la estructura fabricada con perfiles cuadrados de acero inoxidable AISI 304 presenta un comportamiento mecánico óptimo y seguro frente a las solicitaciones de carga estática total 160 L de agua nominal. Los resultados numéricos por elementos finitos evidenciaron un esfuerzo máximo controlado de 136.68 MPa, garantizando un factor de seguridad estructural de 1.76 frente al límite de fluencia elástica del material. La deformación elástica máxima se restringió a 2.37 mm, asegurando la rigidez estructural.
- La validación experimental de campo permitió comprobar la alta coincidencia operativa del banco hidráulico respecto a las curvas teóricas de diseño formuladas bajo las ecuaciones de Darcy-Weisbach. El balance financiero final del proyecto arrojó una inversión total consolidada de 1949.86, resultando en una alternativa viable frente a los altos costos comerciales de adquisición, constituyendo una herramienta didáctica e industrial confiable para la formación de los futuros profesionales de la carrera.

4.2 RECOMENDACIONES

- Incorporar en futuras mejoras sensores electrónicos de presión, nivel y temperatura, así como sistemas digitales de monitoreo, con el propósito de incrementar la precisión de las mediciones y ampliar las capacidades experimentales del banco hidráulico.
- Desarrollar nuevas guías de laboratorio orientadas al estudio de pérdidas de carga en tuberías y accesorios, curvas características de bombas centrífugas, análisis de sistemas hidráulicos en serie y paralelo, y evaluación del comportamiento de diferentes elementos de control de flujo, con el fin de ampliar las aplicaciones académicas del equipo.
- Implementar sistemas de adquisición y almacenamiento de datos en tiempo real mediante interfaces electrónicas y software de supervisión, permitiendo automatizar el registro de variables hidráulicas y facilitando el análisis experimental avanzado para futuras investigaciones y actividades de docencia.

REFERENCIAS

[1] M. Rodríguez-Laffita, J. Herrera-Puebla, R. Cun-González, Y. Chaterlán-Durruthy, y Z. Placeres-Miranda, «Propuesta de diseño de bancos de prueba para la evaluación hidráulica de elementos de riego Proposal for the design of test benches for the hydraulic evaluation of irrigation elements», *Revista Ingeniería Agrícola*, vol. 14, n.º 3, jul. 2024, [En línea]. Disponible en: https://cu-id.com/2284/v14n3e10

[2] A. Prada Rueda y K. A. Socarráz Rico, «Construcción de un Banco de Pruebas Hidráulicas para el Laboratorio de la Universidad de Antonio Nariño», 2020.

[3] M. R. Pereira de Paiva, G. F. Fagundes, y R. J. Cavallaro, «Projeto de bancada didática para determinar perda de carga em tubulação e conexões», *Research, Society and Development*, vol. 9, n.º 10, p. e8289109127, oct. 2020, doi: 10.33448/rsd-v9i10.9127.

[4] E. E. Reyna, M. Bracco, Gañán Nicolás A, y Alasino Noelia, «Nuevo Banco de Ensayo de Pérdidas de Carga en Componentes Hidráulicos», vol. 6, mar. 2019.

[5] H. R. Lirio Fructuoso, «DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN BANCO HIDRÁULICO EN CIRCUITO CERRADO PARA EL ESTUDIO DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA. LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS Y MÁQUINAS TÉRMICAS FIME – UNAC», Callao, 2019.

[6] R. F. Chanquinga Cortés y Núñez Escobar Tarquino Adriano, «Construcción de un banco hidráulico para perdidas localizadas e implementación de su sistema automatizado de medición», Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2005.

[7] HRE Automation, «MECÁNICA DE FLUIDOS», jun. 2026. Accedido: 4 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: https://hre.es/didactica/cat/Equipos-Mecanica-Fluidos.pdf

[8] A. Raviolo, P. Carabelli, y T. Ekkert, «Aprendizaje del concepto de densidad: la comprensión de las relaciones entre las variables», *Am. J. Phys. Educ*, vol. 16, n.º 2, 2022, [En línea]. Disponible en: http://www.lajpe.org

[9] R. L. Mott y J. A. Untener, *Mecánica de fluidos*, 7.ª ed. Pearson Educación, 2015.

[10] L. Delugo, C. A. Cabrera, y P. F. Provasi, «Flujo viscoso: diseño y construcción de un dispositivo para determinar el coeficiente de viscosidad dinámica del agua», *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, vol. 7, p. 108, may 2021, doi: 10.30972/eitt.704769.

[11] Y. A. Çengel y J. M. Cimbala, *Mecánica de Fluidos*, 1.ª ed. México, D.F., 2006.

[12] L. Enrique Ortiz Vidal, D. Eugenio Cabanillas Maury, y R. Abel Fierro Chipana, «HYDRAULIC BALANCE ON MINE PUMPING SYSTEMS: A CASE STUDY», 2010.

[13] RIVAL, «MANUAL DE FLUJO DE TUBERIAS A PRESION».

[14] L. I. Gonzalo Machado-Vallejo, «Selección y Aplicaciones Industriales de Bombas Selection and Industrial Applications of Pumps Seleção e aplicações industriais de bombas», vol. 5, pp. 1309-1320, 2020, doi: 10.23857/pc.v5i8.1663.

[15] Salvador de las Heras, *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas Salvador de las Heras*, 1.ª ed. Iniciativa Digital Politècnica, 2011.

[16] Grundfos Ecademy, «Las curvas de bomba», may 2026. Accedido: 4 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: https://www.grundfos.com/content/dam/global/page-assets/learn/ecademy/pdfs/es-36-module-4-las-curvas-de-bomba.pdf

[17] G. Bar-Meir, «Fluid Mechanics», may 2023, doi: 10.5281/zenodo.6632723.

[18] Enertek Global, «Ficha técnica Reglas limnimétricas», jun. 2026. Accedido: 4 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: https://www.scribd.com/document/888671225/Ficha-Tecnica-Regla-Limnimetrica-V2-4-1)

[19] W. M. Dominguez Zúñiga, «Impacto social de la eficiencia hidráulica en sistemas de riego: El caso de la red de canales del sistema San Jacinto», *e-*

Revista Multidisciplinaria del Saber, pp. 1-13, oct. 2025, doi: 10.61286/e-rms.v3i.278.

[20] N. Silverio y H. Benavides Muñoz, «Determinación de pérdidas de carga en accesorios “k” de Sistemas Domiciliarios», *Ecuadorian Science Journal*, vol. 4, n.º 2, pp. 7-11, sep. 2020, doi: 10.46480/esj.4.2.58.

[21] H. E. Castellanos, C. A. Collazos, J. C. Farfan, y F. Meléndez-Pertuz, «Diseño y construcción de un canal hidráulico de pendiente variable», *Informacion Tecnologica*, vol. 28, n.º 6, pp. 103-114, 2017, doi: 10.4067/S0718-07642017000600012.

[22] EUROPER, «FICHAS-TECNICA-ACERO-INOX.304-304L», Accedido: 3 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: www.europer.cl

[23] IMPORT ACEROS, «PLANCHAS GALVANIZADAS», jun. 2026. Accedido: 4 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: https://www.importaceros.com/wp-content/uploads/2021/01/importaceros-planchas-galvanizadas.pdf

[24] S. Seitl, V. Horník, G. Lesiuk, y L. Kunz, «Influence of Micro-structure of selected components made from AISI 304 on the mechanical properties», en *Procedia Structural Integrity*, Elsevier B.V., 2023, pp. 113-118. doi: 10.1016/j.prostr.2022.12.244.

[25] S. Gudić, L. Vrsalović, y M. Gojić, «Comparison of the corrosion behavior of AISI 304, AISI 316L and duplex steel in chloride solution», *Zastita Materijala*, vol. 59, n.º 2, pp. 307-315, jun. 2018, doi: 10.5937/zasmat1802307g.

[26] F. J. Baldenebro-Lopez *et al.*, «Influence of size on the microstructure and mechanical properties of an AISI 304L stainless steel-a Comparison between bulk and fibers», *Materials*, vol. 8, n.º 2, pp. 451-461, 2015, doi: 10.3390/ma8020451.

[27] A. Wavin®, «MANUAL TÉCNICO DE SISTEMAS DE TUBERÍAS EN EDIFICACIONES», 2022. [En línea]. Disponible en: www.wavin.com/es-gt

[28] Morris Alan S., «Measurement and Instrumentation Principles», 2001.

[29] EVANS, «Bomba Doméstica 1.5 HP», jun. 2026. Accedido: 4 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: evans.com.mx

[30] Manometría Instrumentación, «technical-data-sheet-glycerin-pressure-gauge-dn-40-50-63-with-double-range-bar-and-psi-p6053140801 (1)», Accedido: 3 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: www.mei.es

[31] GRYVOZE, «PRODUCT MANUAL Digital Turbine Fuel Flow Meter».

[32] RIVAL, «RIVAL-PVC-TuberiasPresionTipoRoscable», ago. 2018.

[33] IMPORT ACEROS, «PLANCHAS INOXIDABLES».

[34] IMPORT ACEROS, «TUBERÍA CUADRADA ACERO INOXIDABLE 304».

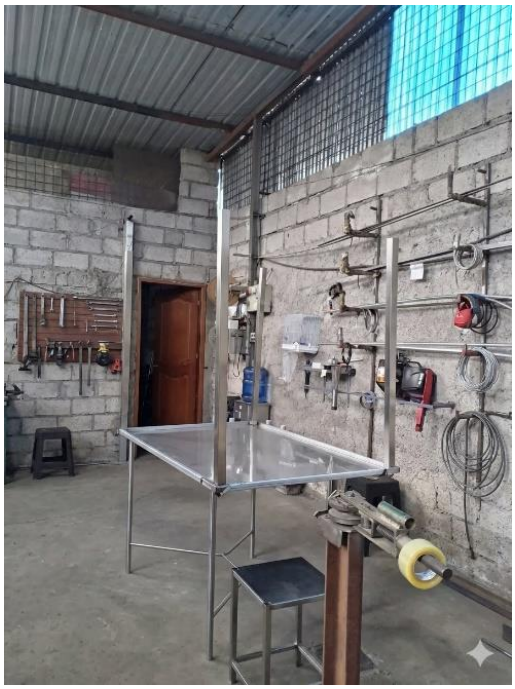
[35] Cía. General de Aceros, «Ficha-Tecnica-Acero-Inoxidable-304-304L», Accedido: 4 de junio de 2026. [En línea]. Disponible en: https://www.cga.com.co/wp-content/uploads/2024/10/Ficha-Tecnica-Acero-Inoxidable-304-304L.pdf

ANEXO

Anexo A. Imágenes de la construcción del banco hidráulico didáctico
















VICTORIA

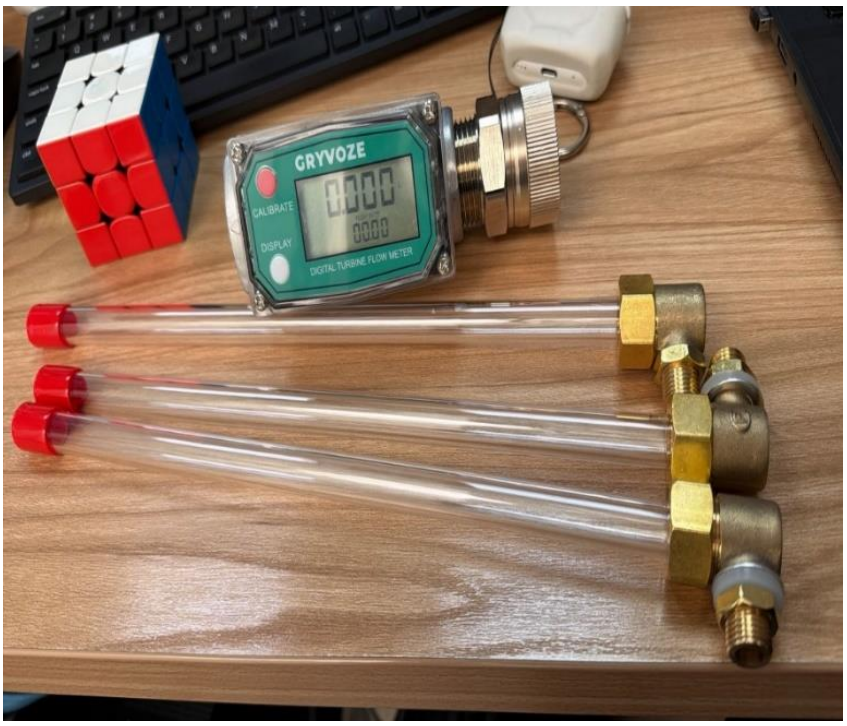






Anexo B. Preparación de componentes para el ensamblaje hidráulico





Anexo C. Ensamblaje del Banco hidráulico didáctico





Anexo D. Ficha técnica del banco hidráulico didáctico

<table>
<tr><td colspan="6">FICHA TÉCNICA DE BANCO HIDRÁULICO DIDÁCTICO</td></tr>
<tr><td colspan="6">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</td></tr>
<tr><td colspan="6">FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</td></tr>
<tr><td colspan="6">CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</td></tr>
<tr><td colspan="2">FICHA DE:</td><td>MÁQUINA</td><td>X</td><td>EQUIPO</td><td>SISTEMA</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="3"></td><td colspan="3">Banco Hidráulico Didáctico</td></tr>
<tr><td colspan="3">CÓDIGO:</td></tr>
<tr><td colspan="3">BHD-001-DO</td></tr>
<tr><td colspan="6">CARACTERÍSTICAS GENERALES</td></tr>
<tr><td>TIPO DE SISTEMA:</td><td colspan="2">Sistema hidráulico de recirculación de agua</td><td>CAPACIDAD DEL TANQUE PRINCIPAL:</td><td colspan="2">120 L</td></tr>
<tr><td>TIPO DE BOMBA:</td><td colspan="2">Centrifuga monofásica</td><td>CAPACIDAD DEL TANQUE AUXILIAR:</td><td colspan="2">8-40 L</td></tr>
<tr><td>LONGITUD TOTAL:</td><td colspan="2">1500 mm</td><td colspan="2">POTENCIA DE LA BOMBA:</td><td>1.5 HP</td></tr>
<tr><td>ALTURA TOTAL:</td><td colspan="2">1150 mm</td><td colspan="2">ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA</td><td>110 V</td></tr>
<tr><td colspan="6">COMPONENTES PRINCIPALES</td></tr>
<tr><td colspan="2">SISTEMA MECÁNICOS</td><td>SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN</td><td colspan="3">SISTEMA HIDRÁULICO</td></tr>
<tr><td colspan="2">• Estructura de acero inoxidable AISI 304
• Tanque principal
• Tanque auxiliar
• Visores de nivel en acrílico Ruedas con freno de nylon</td><td>• Manómetro de 1/4 in NP
• Caudalímetro digital
• Botonera</td><td colspan="3">• Bomba centrífuga monofásica
• Tuberías PVC de 1 pulgada
• Válvula de bola PVC de 1 pulgada
• Válvula de globo de 1 pulgada
• Válvula check de 1 de inoxidable AISI 304
• Válvula compuerta de 1</td></tr>
</table>

		pulgada en acero pulgada
FUNCIÓN DE LA MÁQUINA		
• La función del banco hidráulico didáctico es permitir la realización de practica experimentales de hidráulica mediante la medición de caudal, presión y comportamiento del flujo en un sistema de recirculación de agua, además será utilizado para la realización de		

Anexo E. Plancha de acero inoxidable AISI 304 [33]



DESCRIPCIÓN

Norma: AISI 304

Especificaciones Generales del acero inoxidable 304:

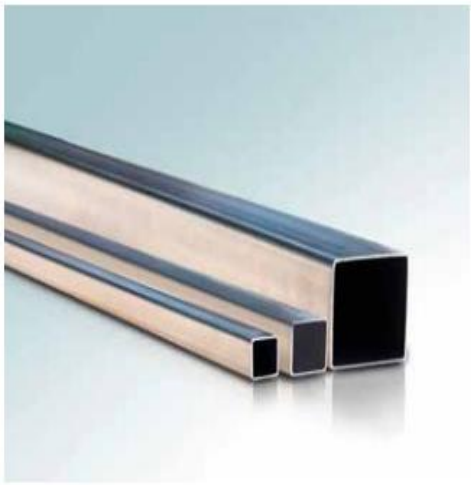
ESPESORES	desde 0.40 – 15mm	
ACABADOS	2B – N4 – N1	
DIMENSIONES	1220 x 2440 mm (estándar)	
	1220 x otros (largos especial)	
DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A LA NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301



— 8 —

Anexo F. Tubo cuadrado de acero inoxidable AISI 304 [34]

TUBERÍA INOXIDABLE 304

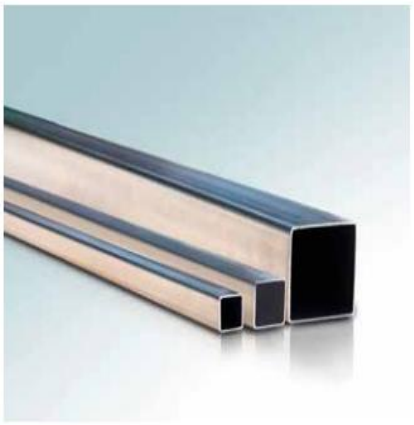


TUBERÍA CUADRADA ACERO INOXIDABLE 304

Los tubos cuadrados de acero inoxidable son ampliamente utilizados en la industria y el entorno doméstico. Amplia variedad de opciones en medidas van desde 12mm hasta 200 milímetros y espesores que van desde 1mm, 1.2mm, 1.5mm 2mm. Y 3mm.

En su uso industrial se les valora por su resistencia y capacidad de soportar temperaturas y presión extremas, así como elementos destructivos. Además, el coste de producción de este tipo de material es relativamente bajo. En el ámbito doméstico, el tubo de acero lo podemos encontrar en electrodomésticos, muebles, equipos, estructuras, pasamanos, escaleras y decoración de interiores y exteriores.

TUBERÍA INOXIDABLE 304



TUBERÍA CUADRADA ACERO INOXIDABLE 304

Los tubos cuadrados de acero inoxidable son ampliamente utilizados en la industria y el entorno doméstico. Amplia variedad de opciones en medidas van desde 12mm hasta 200 milímetros y espesores que van desde 1mm, 1.2mm, 1.5mm 2mm. Y 3mm.

En su uso industrial se les valora por su resistencia y capacidad de soportar temperaturas y presión extremas, así como elementos destructivos. Además, el coste de producción de este tipo de material es relativamente bajo. En el ámbito doméstico, el tubo de acero lo podemos encontrar en electrodomésticos, muebles, equipos, estructuras, pasamanos, escaleras y decoración de interiores y exteriores.

Anexo G. Ficha técnica de la bomba ½ HP 40m-45 lpm [29]

Bomba Doméstica 1.5 HP

Motobomba residencial con motor 1.5 Hp. Succión de 1.5 pulgadas y descarga de 1.25 pulg.

EVANS



Código	4HME0150A
Marca	EVANS
Categoria	Residencial
Caracteristica Especial	Eficiente y ahorradora de energia



INFORMACION COMERCIAL	
Tipo de Motor	Electrico
Marca del motor	Evans
Potencia del Motor	1.50 HP
RPM DEL MOTOR	245.00 RPM
Encendido	Electrico
Voltaje	220 / 440 V
Fases del motor	Trifasico
Corriente	(5.2 / 2.6) A
BOMBA	
Tipo de Bomba	Superficie
Flujo Maximo	240.00 LPM
Presión Máxima	33.00 m
Flujo Optimo	140.00 LPM
Altura Optima	22.00 m
Numero de etapas	1 etapas
Diametro de succion	1.50 pulg
Diametro de descarga	1.25 pulg
Tipo de impulsor	Cerrado
Material del cuerpo	Hierro fundido
Material del impulsor	Nylon/Noryl
Material del sello mecanico	Cerámica, carbón, acero inoxidable y/o buna
Temperatura Maxima del Agua	40 C
INFORMACION ADICIONAL	

Usos

La solución para el abastecimiento de agua limpia en el hogar, departamentos, granjas pequeñas, etc.
Para instalación en cisterna y llenado de tinaco, desagüe de fosas.

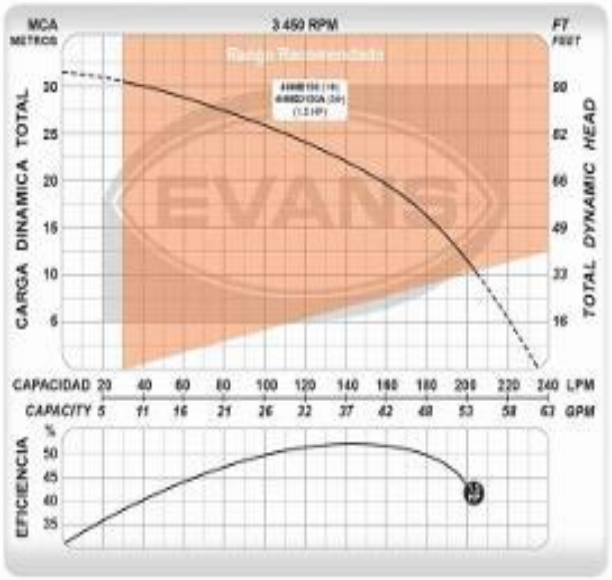
Beneficios

Ahorro de energía eléctrica.
Abastecimiento de agua.
Protección térmica.
Durable por su material de hierro fundido.

Bomba Doméstica 1.5 HP

Motobomba residencial con motor 1.5 Hp. Succión de 1.5 pulgadas y descarga de 1.25 pulg.

Garantia	1 año
Certificacion	CONUEE / ANCE / NOM
Dimensiones del empaque (Largo*Ancho*Alto)	39.00 X 19.00 X 23.00 cm
Peso	22.00 kg



Código

4HME0150A

Marca

EVANS

Categoria

Residencial

Caracteristica Especial

Eficiente y ahorradora de energia



Usos

La solución para el abastecimiento de agua limpia en el hogar, departamentos, granjas pequeñas,etc.
Para instalación en cisterna y llenado de tinaco desagüe de fosas.

Beneficios

Ahorro de energía eléctrica.
Abastecimiento de agua.
Protección térmica.
Durable por su material de hierro fundido.

Anexo H. Ficha técnica del manómetro [30]

Manometría e Instrumentación

AENOR ER Empresa Registrada

P605/606 MGM 40-50-63

GLYCERIN PRESSURE GAUGE DN 40, 50 & 63

GLYCERIN PRESSURE GAUGE DN 40, 50 & 63 WITH DOUBLE RANGE BAR & PSI

Pressure gauges made for use in pumps, presses, compressors, turbines, diesel engines, in the chemical, petrochemical industry and in installations or plants with pulsating pressures and mechanical vibrations. They can be used with liquid or gaseous fluids that do not attack the copper alloy, do not have a high viscosity, and do not crystallize.
They are reliable and economical and manufactured according to EN-837-1. They comply with CE standards, pressure equipment directive 2014/68 / UE, PS> 200 bar; module A, pressure accessory.



Constructive and functional characteristics:

Accuracy: 1,6% according to EN 837-1.

Ranges: -1..0 to 0..600 bar or any other equivalent unit of pressure or vacuum, standard ranges according to DIN 16 128.

Room temperature: -20...+65 ° C.

Process fluid temperature: Max. +65° C.

Temperature error:
Additional error when the temperature of the pressure element deviates from 20ºC. +/-0,3 % every 10 ºC of change.

Working pressure:
Steady: Max 75% of E.S.
Fluctuating: 2/3 of E.S.

Temporary overpressure: +25% ≤ 100 bar scales.
+15% for □ 100 bar scales.

Protection degree: IP 65 as per IEC 529.

Process connection fitting: In brass.

Tubular spring: Phosphoric bronze. In "C" for ≤ 40 bar scales. In spiral for >40 bar scales.

Case: In stainless steel AISI 304.

Bezel: Roll formed, in AISI 304.

Window: clear plastic 4 mm thickness.

Movement: In brass.

Pointer: Painted black aluminum.

Sealing gasket, filling plug and safety cap: in EPDM.

Liquid: glycerin 98%.

Other options:

Tin-silver welding
Glass window.
Special connections.

Manometría Instrumentación

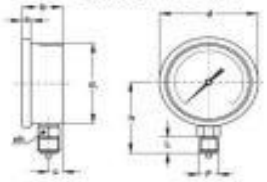
AENOR ER Empresa Registrada

P605/606 MGM 40-50-63

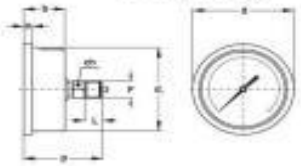
GLYCERIN PRESSURE GAUGE
DN 40, 50 & 63

DIMENSIONS
(mm)

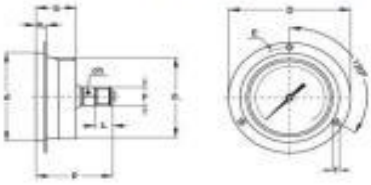
TYPE 1
Local assembly
Lower pressure entry

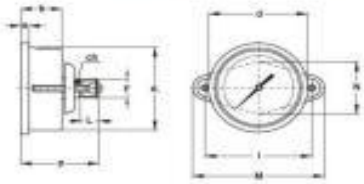


TYPE 2
Local assembly
Back pressure entry



DN	TYPE	a	b	c	ch	d	d1	F	h	L	p
63	1	6,2	29	10	14	68	61,5	1/4BSP	55,5	13	
63	2	6,2	29		14	68	61,5	1/4BSP		13	54
50	1	6,2	29	10	14	57,5	51,5	1/4BSP	50,5	13	
50	2	6,2	29		14	57,5	51,5	1/4BSP		13	54
40	1	5,6	26,5	8	11	47	41	1/8BSP	39,5	10	
40	2	5,6	26,5		11	47	41	1/8BSP		10	45,5





TYPE 4
Panel assembly
Lower pressure entry
With frontal flange

TYPE 6
Panel assembly
Back pressure entry
With camp

DN	TYPE	a	a_2	b	ch	D	d	d1	F	L	p	E	f	i	M	N
63	4		7,5	29	14	86		61,5	1/4BSP	13	54	75	3,6			
63	6	6,2		29	14		68	61,5	1/4BSP	13	54			72	90	38
50	4		7,5	29	14	71		51,5	1/4BSP	13	54	60	3,6			
50	6	6,2		29	14		57,5	51,5	1/4BSP	13	54			67	71	30
40	4		6,9	26,5	11	61		41	1/8BSP	10	45,5	51	3,6			
40	6	5,6		26,5	11		47	41	1/8BSP	10	45,5			46	57	24

This publication does not try to establish the bases of a contract and the company keeps the right to modify without previous notice the design and the specifications of the instruments, in accordance with his politics of continued development.

MEI Manometría e Instrumentación, s.l.
Pol. Ind. "Gelidense" 3, nave 19 (08790) Gelida Barcelona
Tf. +34 93 779 35 21 www.mei.es export@grupoheca.es

Anexo I. Especificaciones del caudalímetro digital [31].

Flow Meter Panel



Specifications

Main Body Material	Aluminum alloy
Chamber Material	303 stainless steel
Pressure Rating	6 bar (0.6 MPa)
Accuracy	±1%
Waterproof Rating	Not waterproof
EMI Protection	Supported, can be used even next to motors.
Measurement Units	QTS, PTS, L, GAL(US), m³
Suitable Liquids	Diesel, gasoline, kerosene, water, and other liquids (not suitable for drinking water, corrosive, or viscous liquids)
Battery	Two 1.5V AAA alkaline batteries are expected to last for one year.
Standby Function	Supported, with automatic sleep after 10 minutes of inactivity. It wakes up automatically with water flow or by pressing any button.
Operating Temperature	-10°C to +80°C (14°F to 176°F)

Anexo J. Propiedades del acero inoxidable AISI 304 [35]

ACEROS ESPECIALES
Para aplicaciones Industriales

Cía. General de Aceros

Acero Grado Inoxidable

Referencia:
Maxdur 304 - 304 L

Propiedades físicas medias de los aceros austeníticos AISI 304 y 304L

Densidad Kg/m³	7,9
Módulo de elasticidad Gpa	193
Módulo de Poisson	0,26
Calor específico J/kg °K	500
Conductividad térmica W/mK	A 100°C 16,2
	A 500°C 21,5
Resistividad Eléctrica 10ηΩm	725
Coeficiente de expansión térmica µm/mK	0-100°C 16,5
	0-315°C 17,2
	0-540°C 17,9
	0-700°C 18,5
Propiedades magnéticas	No es magnético, aunque se convierte en ligeramente magnético cuando es trabajado en frío.

Propiedades mecánicas a temperatura ambiente AISI 304 y 304L

Grado	Resistencia a la tracción, Min. (MPa)	Límite de fluencia, Min. (MPa)	Elongación, Min. (% en 50 mm)	Dureza Brinell Max.	Propiedades para trabajo en frío
AISI 304	515	205	40	201	Muy Buena
AISI 304L	485	170	40	201	Muy Buena

* Resistencia a la tracción en MPa a elevadas temperaturas con exposiciones cortas					
Grado	Temperatura (°C)				
	100	300	500	700	900
304 y 304L	530	480	400	270	90

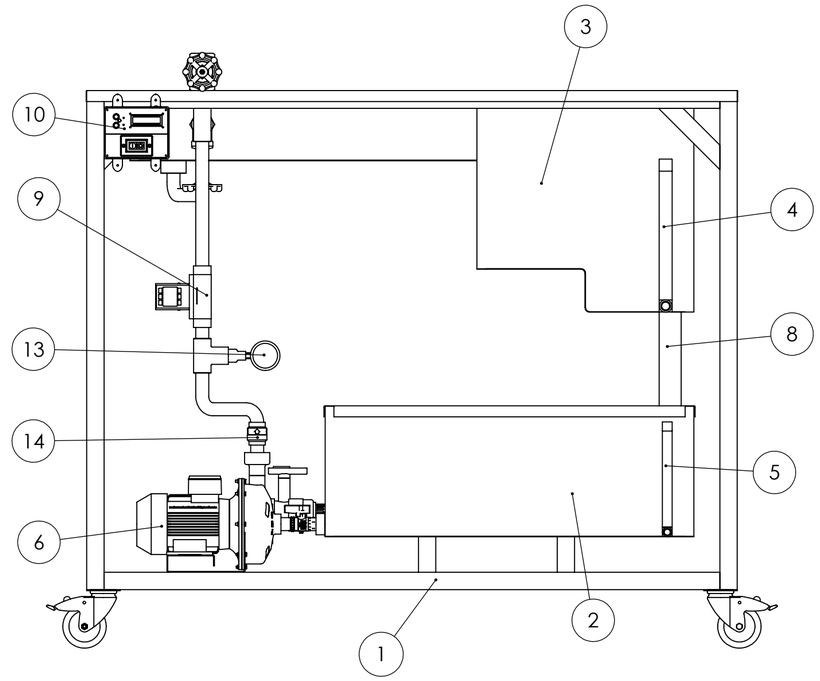
* Máxima temperatura de servicio recomendada en condiciones oxidantes		
Grado	Servicio continuo (°C)	Servicio intermitente (°C)
304 y 304L	925	850

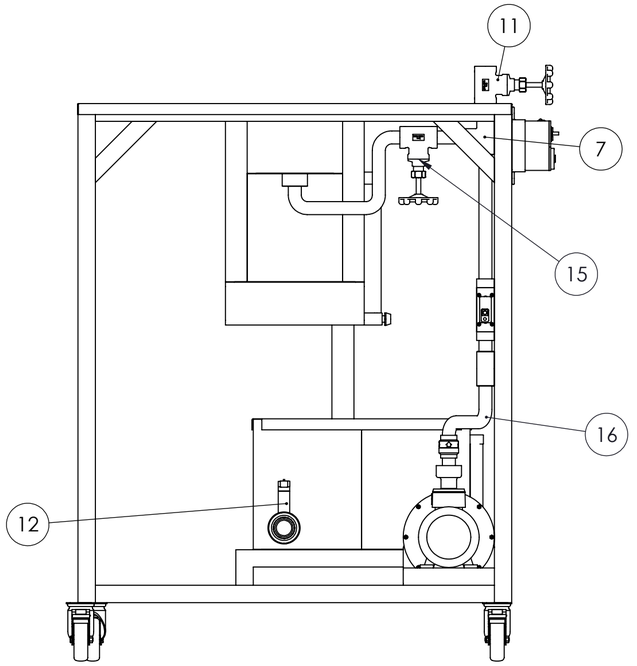
Anexo K. Plan de manteamiento

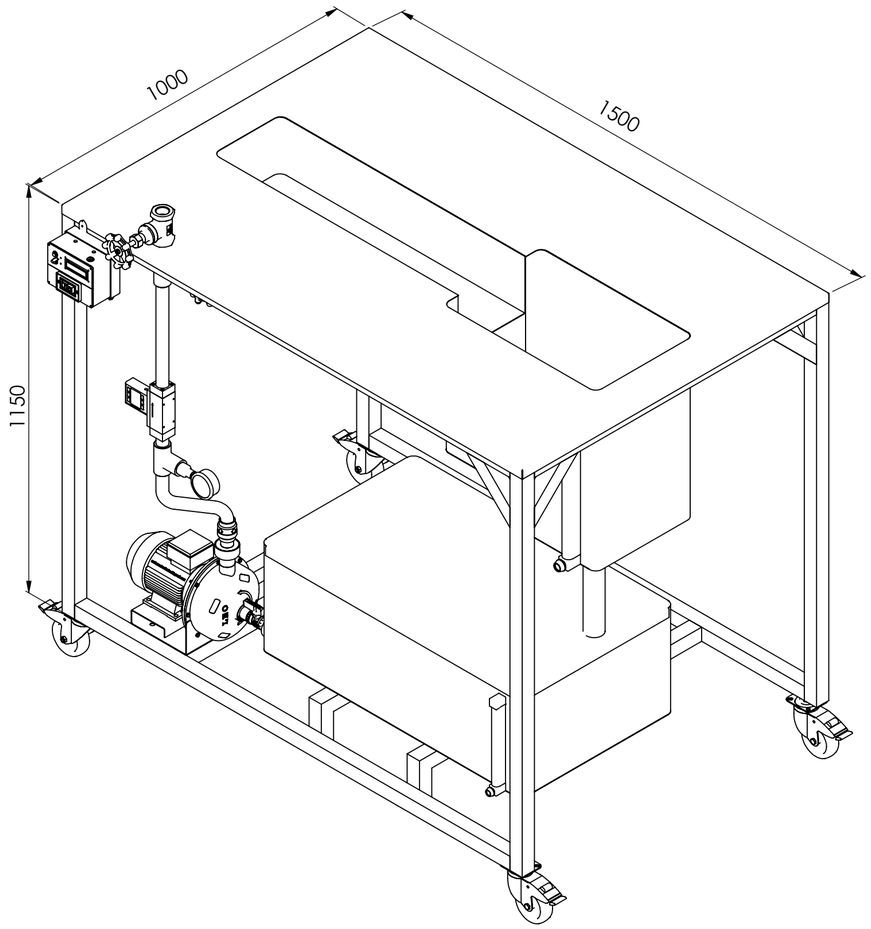
Mantenimiento preventivo del banco hidraulico didactico			
			
Componente	**Actividad de manetimiento**	**Fecuencia**	**Responsable**
Bomba centrifuga 1.5 HP	Comprobar si hay ruidos, fugas, vibraciones y temperatura de funcionamiento.	Mensual	Operador/ Técnico
Manómetro	Comprobar la lectura correcta y la condición física.	Mensual	Operador
Caudalimetro digital	Verificar la lectura, limpiar el sensor y chequear las conexiones.	Mensual	Operador
Valvula de bola 1 in PVC	Comprobar si la apertura y el cierre son correctos, así como inspeccionar las fugas.	Mensual	Operador

Valvula de globo 1 in AISI 304	Comprobar la regulación del flujo y la posibilidad de fugas.	Mensual	Operador
Valvula check 1 in AISI 304	Verificar el funcionamiento y prevenir la reversión del flujo.	Trimestral	Técnico
Valvula de compuerta 1 in AISI 304	Comprobar la apertura completa y la condición general.	Trimestral	Técnico
Acople Tee 1 in PVC	Comprobar el sellado y las conexiones.	Mensual	Operador
Tuberias 1 in PVC	Revisar fugas, fisuras y uniones	Mensual	Operador
Tanque principal 120 L	Limpiar los sedimentos y comprobar la condición estructural.	Trimestral	Técnico
Tanque 8-40 L	Limpiar y comprobar el estado de la estructura.	Trimestral	Técnico
Visor de nivel en acrílico	Comprobar la transparencia y limpiar la superficie.	Mensual	Operador
Botonera de control	Comprobar el funcionamiento del encendido y el apagado.	Mensual	Tecnico
Rueda con freno nylon	Comprobar el estado de freno, la movilidad y la fijación.	Mensual	Operador

PLANOS







No. de Orden	Denominación	No. de Pieza	Material	No. de Norma/Dibujo	Peso Kg	Observaciones
16	Codo 90º	5	PVC	1 in	0,5	Adquirido
15	válvula compuerta	1	Bronce	1 in	1,65	Adquirido
14	Válvula check	1	Bronce	1 in	1,65	Adquirido
13	Manómetro	1	Acero inoxidable AISI 304	1/4 in NPT	0,8	Adquirido
12	Válvula de bola	2	Bronce	1 in	2,05	Adquirido
11	Válvula de globo	1	Bronce	1 in	1,65	Adquirido
10	Botonera de control	1	Varios	110 V	0,43	Adquirido
9	Caudalímetro	1	Varios	200 L/min	0,36	Adquirido
8	Tubería	1	PVC	1 in	3,34	Adquirido
7	Acople Tee	2	PVC	1 in	0,5	Adquirido
6	Bomba centrífuga	1	Varios	1,5HP - 110 V Monofásica	18	Adquirido
5	Visor de nivel	1	Acrílico	Visor 120 L	0,12	Adquirido
4	Visor de nivel	1	Acrílico	Visor de 8 a 40 L	0,3	Adquirido
3	Tanque de 8 a 40 L	1	Acero inoxidable AISI 304	07 de 13	21	
2	Tanque de 120 L	1	Acero inoxidable AISI 304	03 de 13	13,87	
1	Estructura	1	Acero inoxidable AISI 304	02 de 13	49,67	

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0,1

(Peso): 86,32 Kg

Materiales: Acero Inoxidable AISI 304

	Fecha	Nombre
Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.
Revisó:	31/03/26	Ing. López G.
Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.

UTA
Ingeniería Mecánica

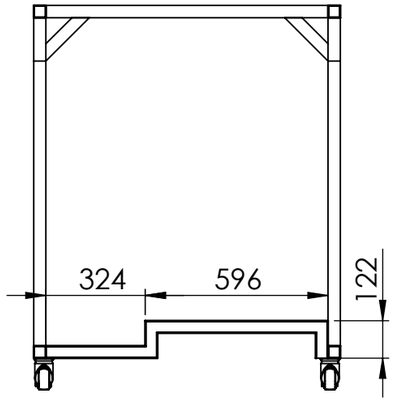
Denominación: Banco Hidráulico

Escala: 1:10

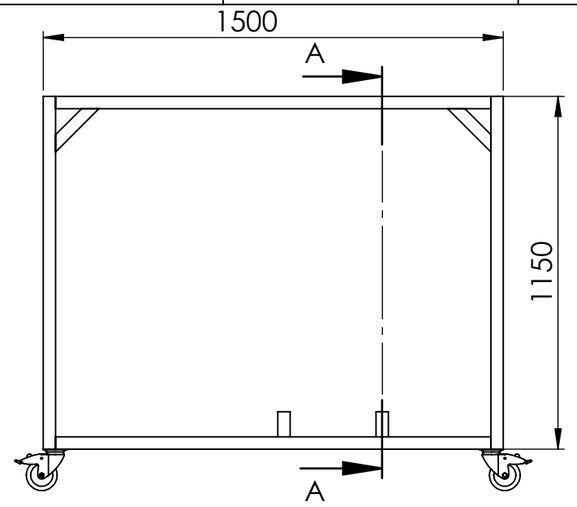
Número del dibujo: 01 de 13

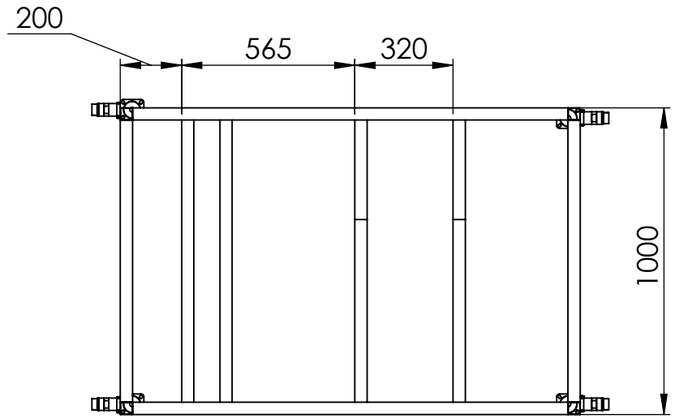
(Sustitución)

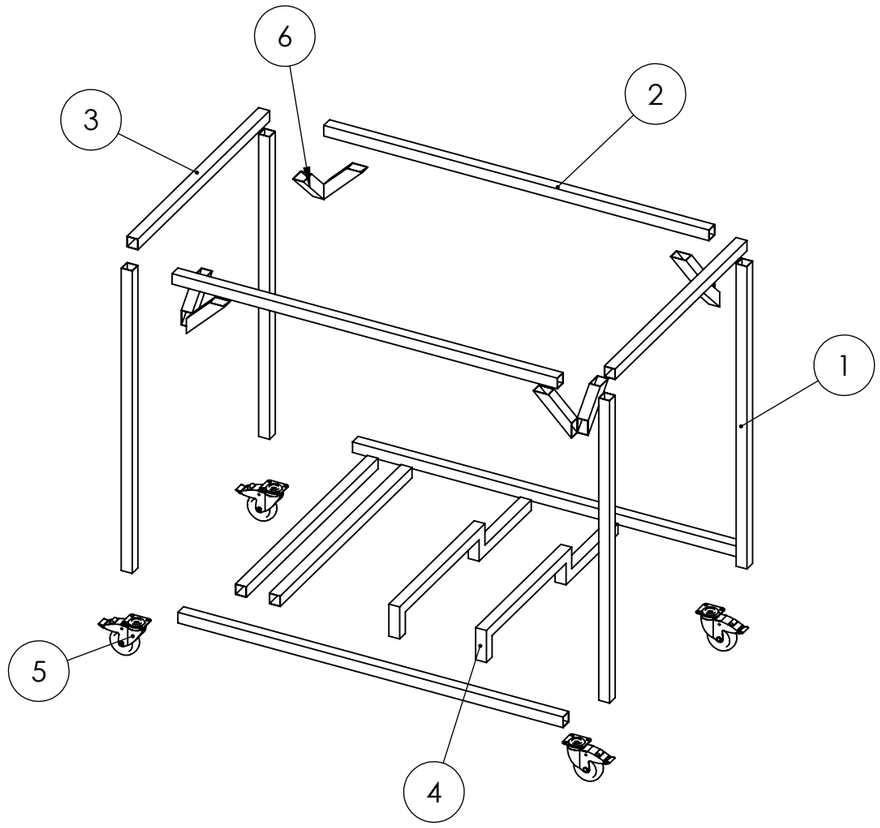
Tubo cuadrado de 40x40x1.2



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 20







No. de Orden	Denominación	No. de pieza	Material	No. de Dibujo/norma	Peso Kg	Observaciones
6	Rigidizadores	8	Acero inoxidable AISI 304	TC 40X40X200	0.3	
5	Ruedas con freno	4	Nylon	2 in 85 kg	0.28	Adquirido
4	Soporte del tanque	2	Acero inoxidable AISI 304	TC 40X40X1204	2.64	
3	Travesaño lateral del bastidor	4	Acero inoxidable AISI 304	TC 40X40X920	1.37	
2	Travesaño horizontal del bastidor	4	Acero inoxidable AISI 304	TC 40X40X1420	2.12	
1	Montsajes verticales	4	Acero inoxidable AISI 304	TC 40X40X1150	1.71	

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0,1

(Peso): 29,6 Kg

Materiales: Acero inoxidable AISI 304

	Fecha	Nombre
Dibujo:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.
Revisó:	31/03/26	Ing. López G.
Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.

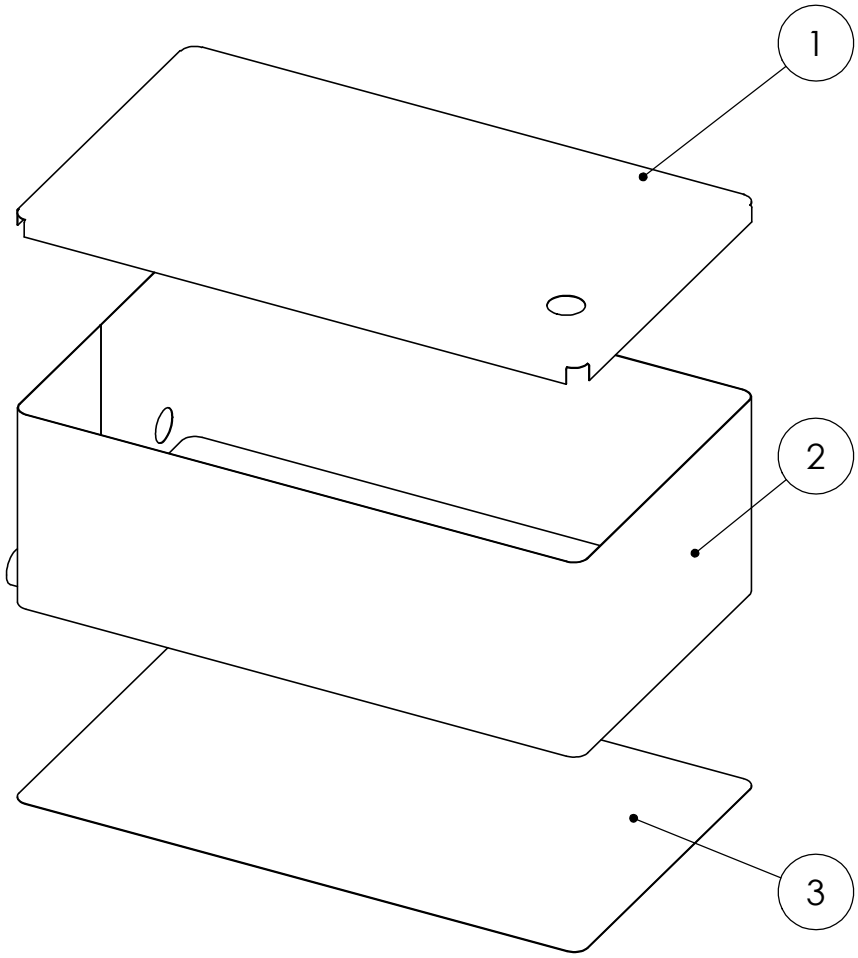
UTA
Ingeniería Mecánica

Denominación:
ESTRUCTURA

Escala: 1:20

Número del dibujo: 02 de 13

(Sustitución)



No. de Orden	Denominación	No. de Pieza	Material	No. de Norma/Dibujo	Peso Kg	Observaciones
3	Chapa de fondo	1	Acero inoxidable AISI 304	06 de 13	3,40	
2	Chapa lateral	1	Acero inoxidable AISI 304	05 de 13	6,56	
1	Tapa	1	Acero inoxidable AISI 304	04 de 13	3,91	

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0,1

(Peso): 13,87 Kg

Materiales: Acero AISI 304 - 4m

	Fecha	Nombre
Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.
Revisó:	31/03/26	Ing. López G.
Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.

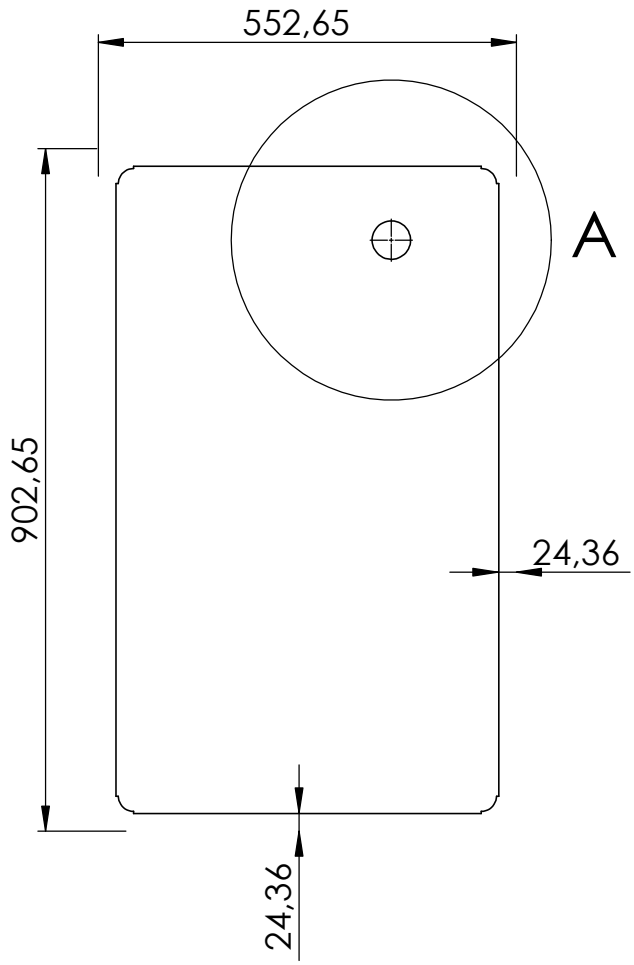
UTA
Ingeniería Mecánica

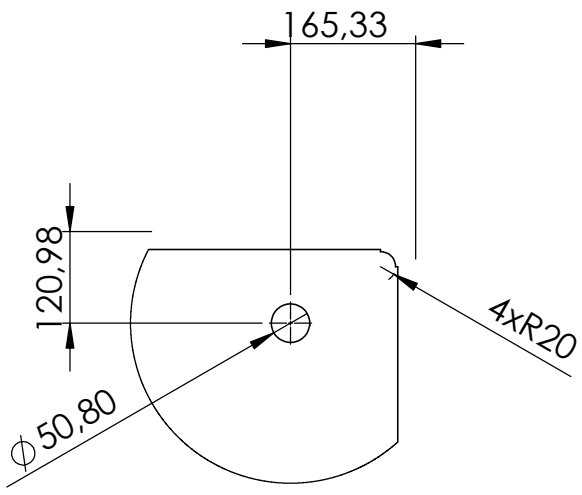
Denominación: TANQUE 120 L

Escala: 1:10

Número del dibujo: 03 de 13

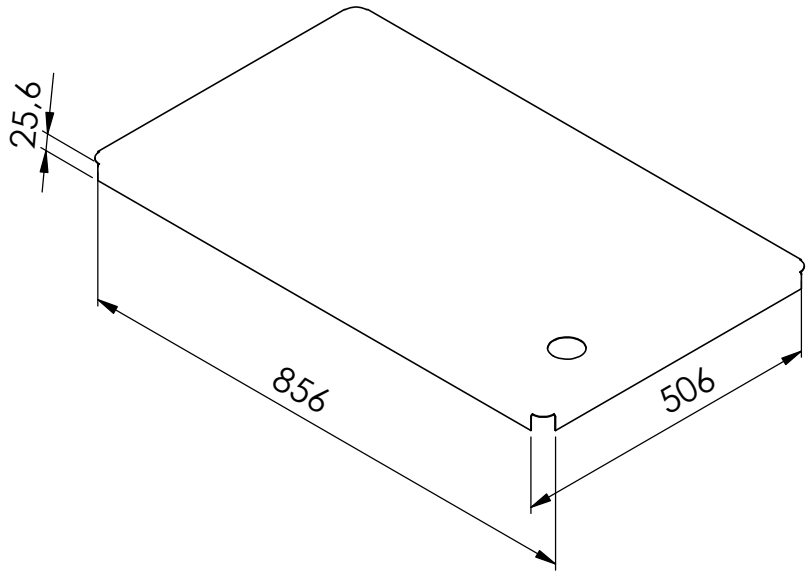
(Sustitución)





DETALLE A

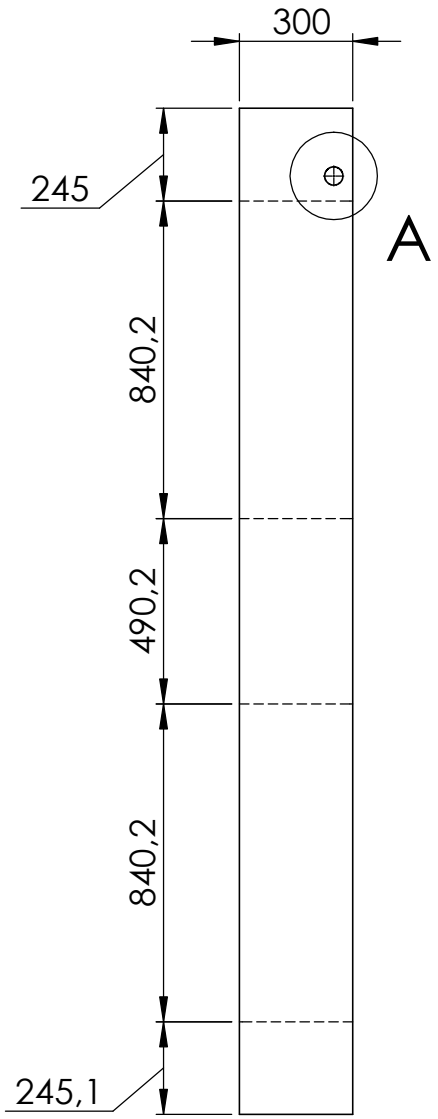
ESCALA 1 : 10

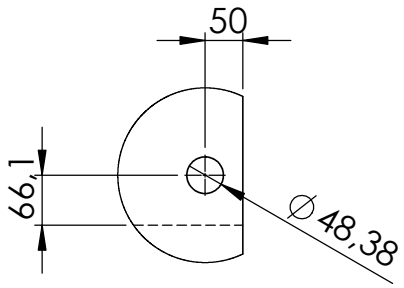


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	3,92 Kg	Acero AISI 304 - 4mm
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E.- Toapanta E.
				Revisó:	31/03/26	Ing. López G.
				Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 04 de 13
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)

Denominación: TAPA

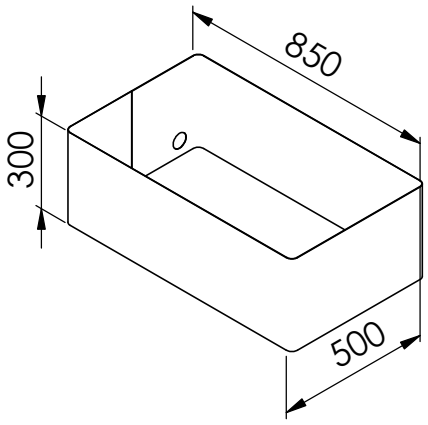
Escala: 1:10





DETALLE A

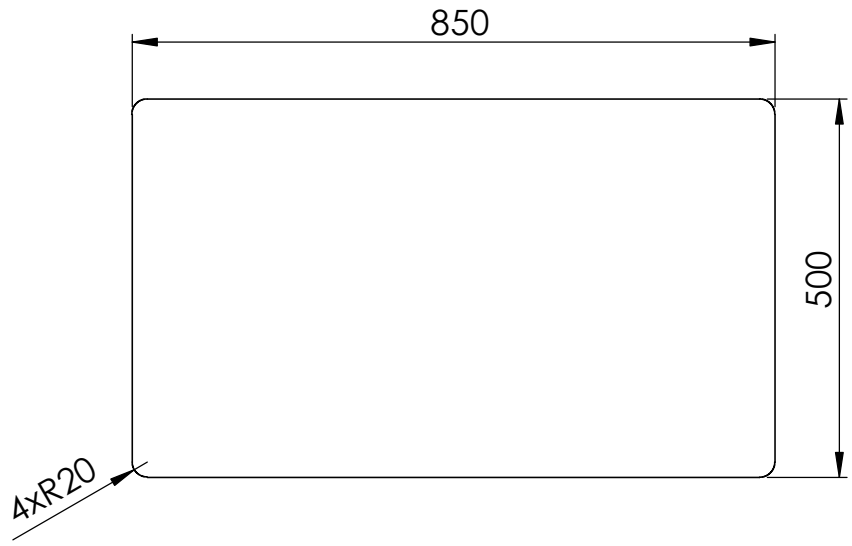
ESCALA 1 : 10

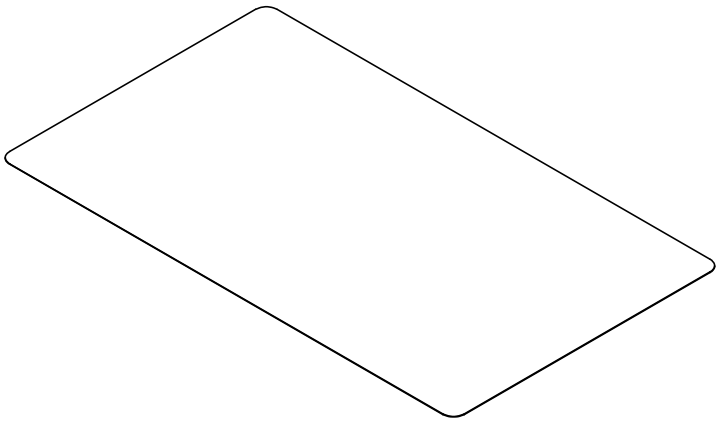


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	6,37 Kg	Acero AISI 304 - 4mm
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.
				Revisó:	31/03/26	Ing. López G.
				Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 05 de 13
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)

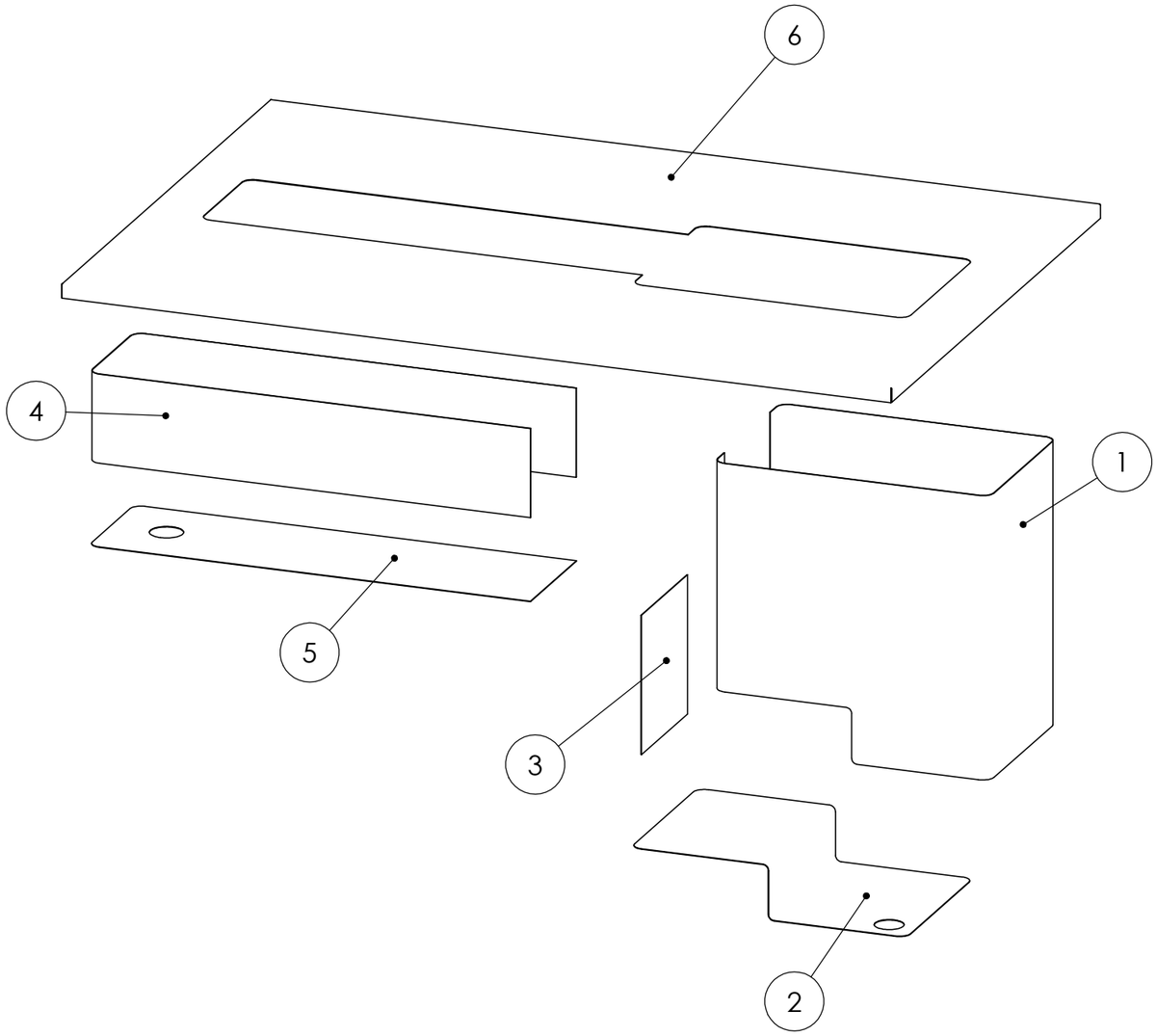
Denominación: CHAPA LATERAL TANQUE 120L

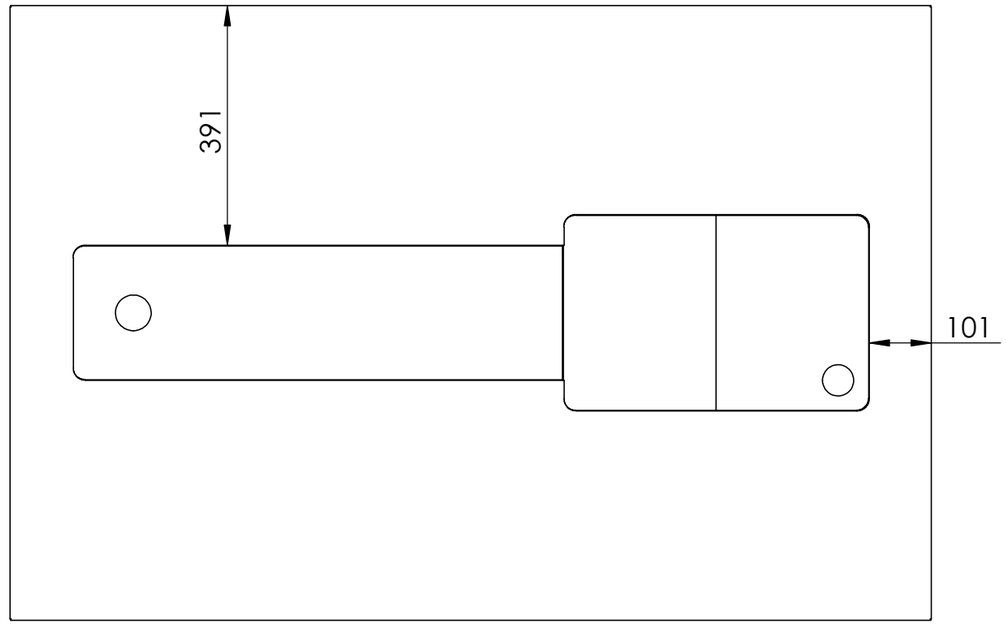
Escala: 1:20





				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		3,39 Kg	Acero AISI 304 - 4mm
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.	CHAPA DE FONDO TANQUE 120L / 1:10
				Revisó:	31/03/26	Ing. López G.	
				Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 06 de 13 (Sustitución)





No. de Orden	Denominación	No. de Pieza	Material	No de Norma/Dibujo	Peso Kg	Observaciones
6	Chapa superior mesa de trabajo	1	Acero inoxidable AISI 304	13 de 13	10,31	
5	Chapa de fondo del canal	1	Acero inoxidable AISI 304	12 de 13	1,39	
4	Chapa frontal del canal	1	Acero inoxidable AISI 304	11 de 13	2,3	
3	Chapa lateral tanque 8 a 40 litros	1	Acero inoxidable AISI 304	10 de 13	0,4	
2	Chapa de fondo tanque 8 a 40 litros	1	Acero inoxidable AISI 304	09 de 13	1,5	
1	Chapa frontal tanque 8 a 40 litros	1	Acero inoxidable AISI 304	08 de 13	5,2	

Edición	Modificación	Fecha	Nombre

Tolerancia: ±0,1

(Peso): 21 Kg

Materiales: Acero AISI 304 - 4mm

	Fecha	Nombre
Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.
Revisó:	31/03/26	Ing. López G.
Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.

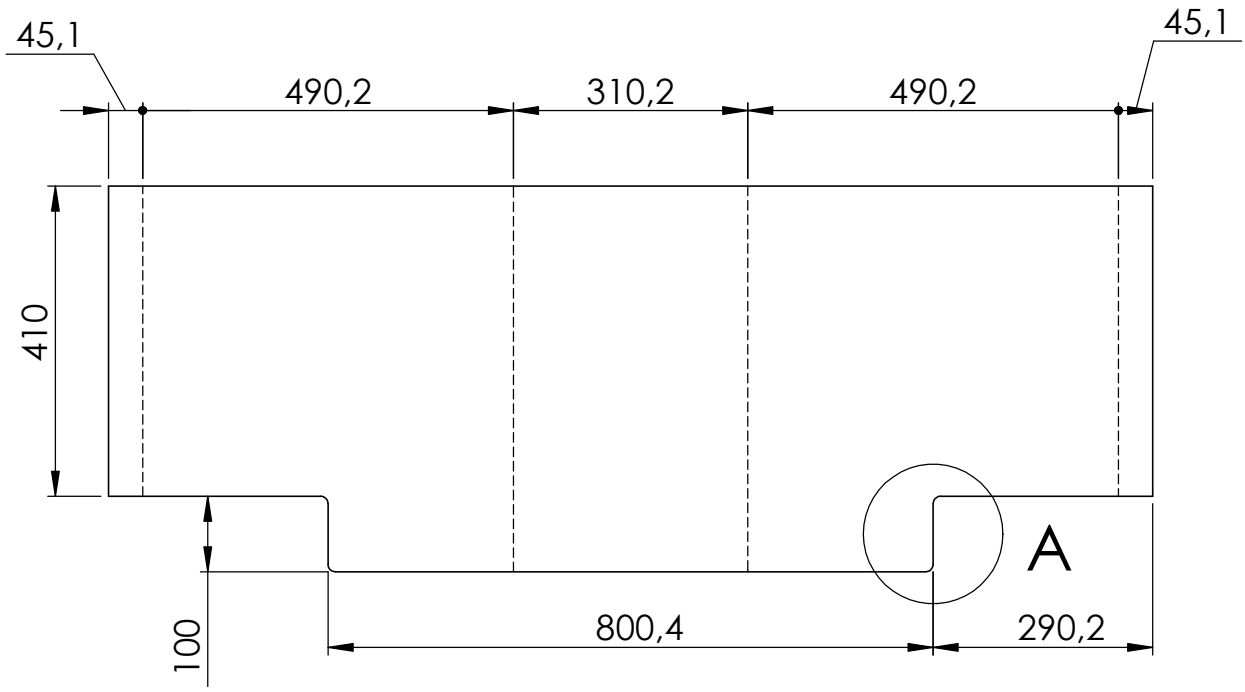
UTA
Ingeniería Mecánica

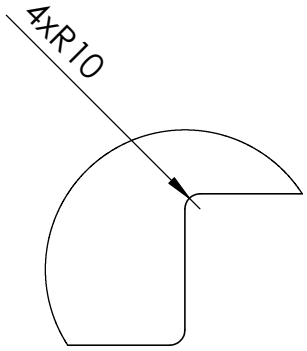
Denominación: TANQUE DE 8 a 40L

Escala: 1:10

Número del dibujo: 07 de 13

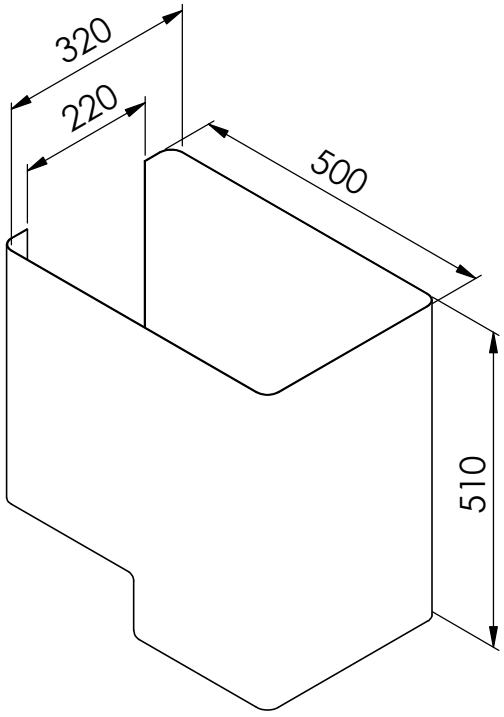
(Sustitución)



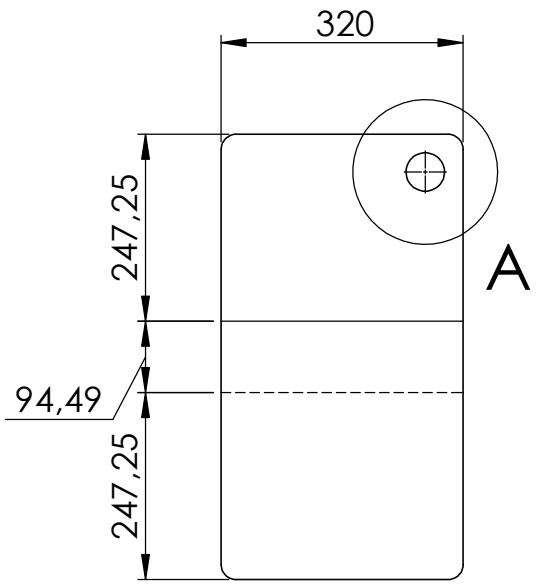


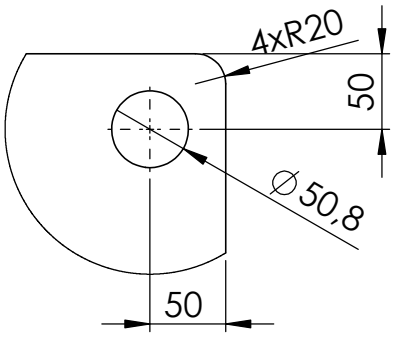
DETALLE A

ESCALA 1 : 5



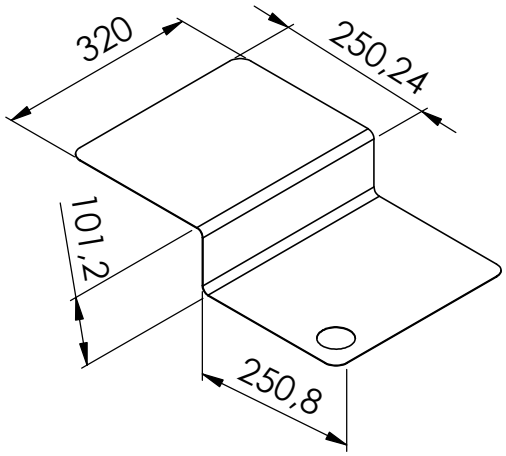
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		5,2 Kg	Acero AISI 304 - 4mm
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.	CHAPA FRONTAL TANQUE DE 8 a 40L / 1:10
				Revisó:	31/03/26	Ing. López G.	
				Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 08 de 13 / (Sustitución)





DETALLE A

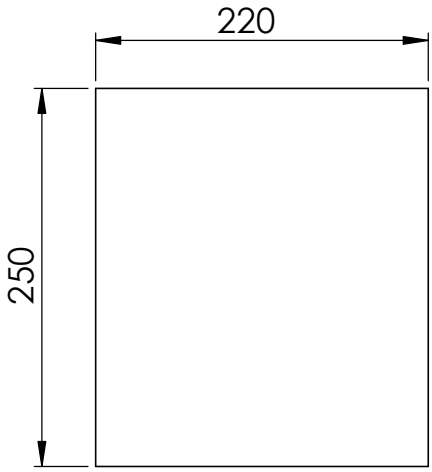
ESCALA 1 : 5

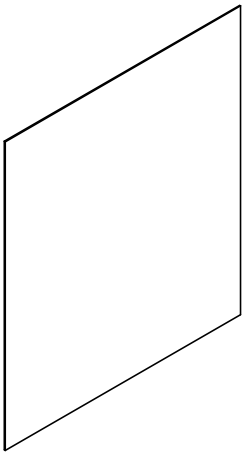


				Tolerancia	(Peso)	Materiales:
				±0,1	1,5 Kg	Acero AISI 304 - 4mm
					Fecha	Nombre
				Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.
				Revisó:	31/03/26	Ing. López G.
				Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo: 09 de 13
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)

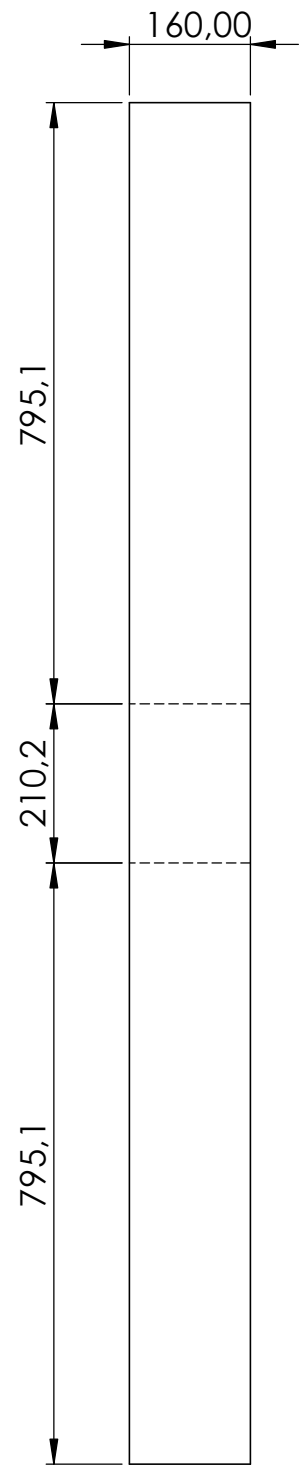
Denominación: CHAPA DE FONDO TANQUE 8 a 40L

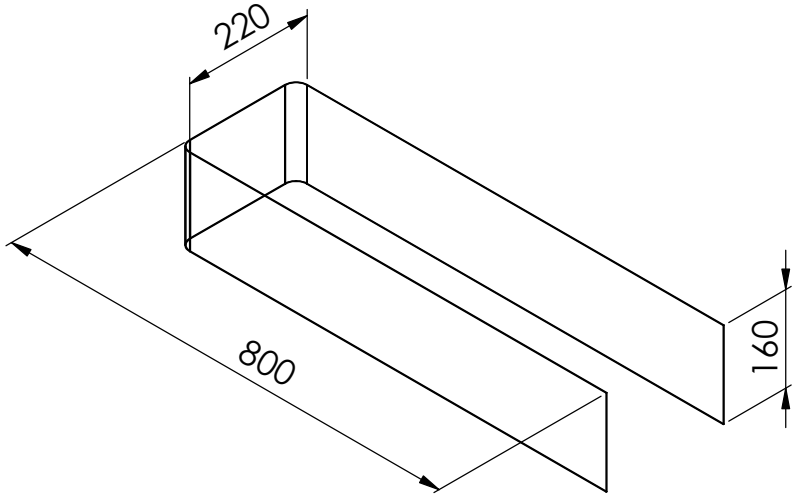
Escala: 1:10



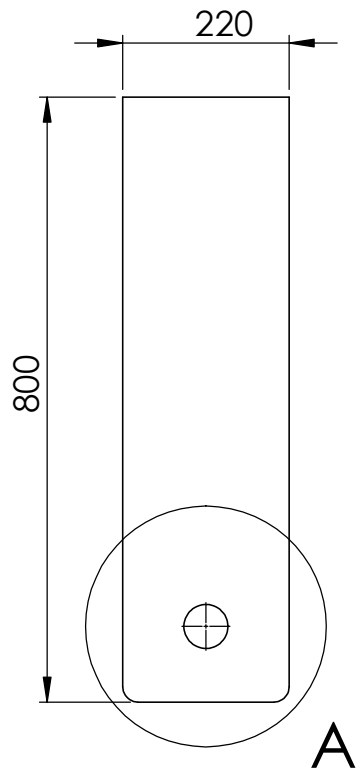


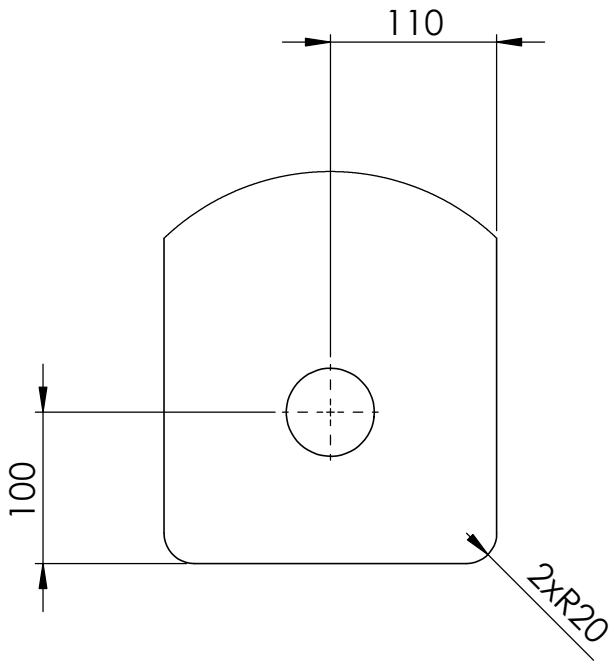
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		0,4 Kg	Acero AISI 304 - 4mm
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.	
				Revisó:	31/03/26	Ing. López G.	CHAPALATERAL TANQUE DE 8 a 40L / 1:5
				Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.	
				UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 10 de 13
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)





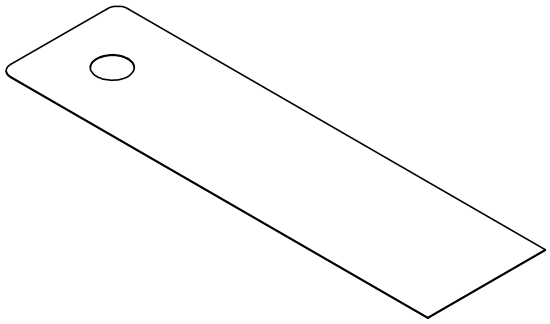
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		2,3 Kg	Acero AISI 304 - 4mm
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.	
				Revisó:	31/03/26	Ing. López G.	CHAPA FRONTAL DEL CANAL — 1:10
				Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.	
				UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 11 de 13
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)



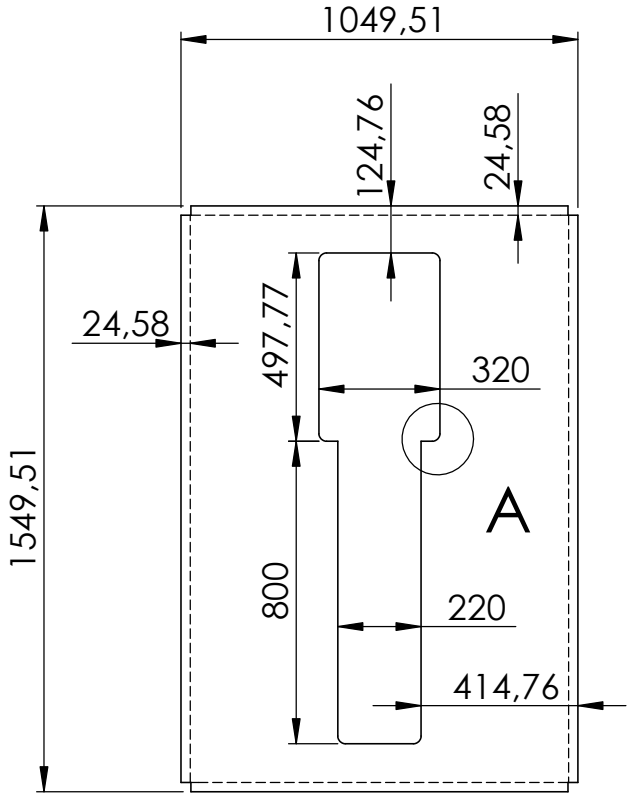


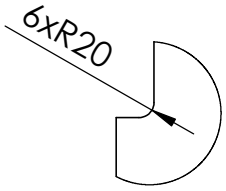
DETALLE A

ESCALA 1 : 5



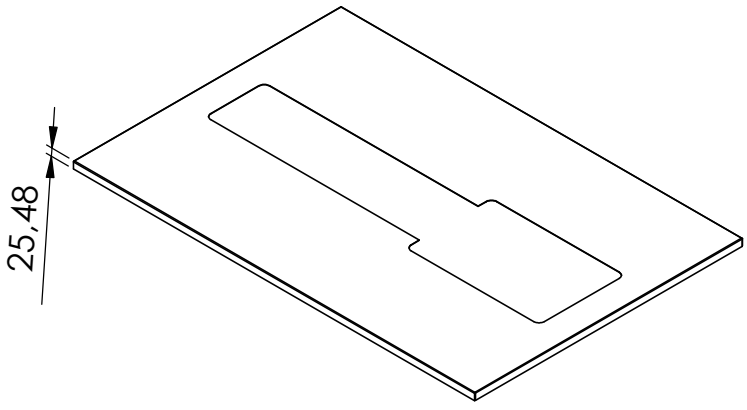
				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		1,39 Kg	Acero AISI 304 - 4mm
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.	CHAPA DE FONDO DE CANAL / 1:10
				Revisó:	31/03/26	Ing. López G.	
				Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 12 de 13 (Sustitución)





DETALLE A

ESCALA 1 : 10



				Tolerancia		(Peso)	Materiales:
				±0,1		10,31 Kg	Acero AISI 304 - 4mm
					Fecha	Nombre	Denominación: / Escala:
				Dibujó:	26/03/26	Amaguaña E. - Toapanta E.	
				Revisó:	31/03/26	Ing. López G.	CHAPA SUPERIOR MESA DE TRABAJO — 1:20
				Aprobó:	31/03/26	Ing. López G.	
				UTA Ingeniería Mecánica			Número del dibujo: 13 de 13
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				(Sustitución)