



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**“BANCO DE ENSAYOS DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS”**

**Trabajo de grado previo a la obtención de título de Ingeniero en Mecatrónica**

**Línea de investigación:** Producción Industrial y Tecnología Sostenible

**Autor:**

John Kevin Córdova Díaz

**Director:**

David Alberto Ojeda Peña

**Asesor:**

Carlos Xavier Rosero Chandi

Ibarra, febrero de 2025



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

## IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100484065-6		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Córdova Díaz John Kevin		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Imbabura, Ilumán Bajo		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:jkcordovad@utn.edu.ec">jkcordovad@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	(06)-2946759	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0979850324

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	BANCO DE ENSAYOS DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS
<b>AUTOR (ES):</b>	Córdova Díaz John Kevin
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	25 de febrero de 2025
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>DIRECTOR / ASESOR:</b>	David Ojeda / Xavier Rosero

## 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de febrero de 2024

### EL AUTOR:

(Firma).....  
Nombre: John Kevin Córdova Díaz



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

## **CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**


Ibarra, 25 de febrero de 2025

PhD. David Alberto Ojeda Peña

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final del Trabajo de Integración Curricular “Banco de ensayos de válvulas y accesorios”, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.


  
.....  
PhD. David Alberto Ojeda Peña  
C.C.: 1757898489

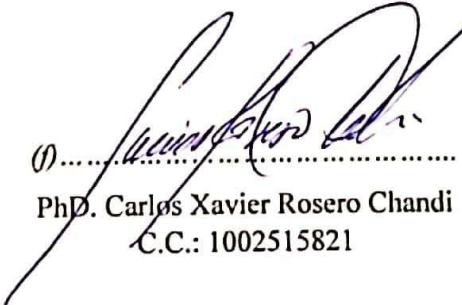


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR**

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “BANCO DE ENSAYOS DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS” elaborado por JOHN KEVIN CÓRDOVA DÍAZ, previo a la obtención del título de INGENIERO EN MECATRÓNICA, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

  
.....  
PhD. David Alberto Ojeda Peña  
C.C.: 1757898489

  
.....  
PhD. Carlos Xavier Rosero Chandi  
C.C.: 1002515821

## RESUMEN

Se presenta un banco de ensayos de válvulas y accesorios para desarrollar prácticas de laboratorio en los temas de mecánica de fluidos, comprendidos en el silabo de la asignatura Termodinámica de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica. El sistema tiene como objetivo analizar el rendimiento de válvulas y accesorios a través de la medición de parámetros tales como: caudal, presión, pérdidas de carga y el coeficiente de resistencia respectivo. Para ello se establecieron las especificaciones técnicas de diseño, posteriormente, se estableció el modelo conceptual utilizando herramientas de diseño asistido por computadora. Se seleccionaron componentes clave, como tuberías de PVC, un tanque de almacenamiento y sensores, asegurando su compatibilidad con los elementos del sistema. La construcción del prototipo incluyó el ensamblaje de componentes mecánicos y la integración de los sistemas de medición y control. Para la recopilación y procesamiento de los datos, de las variables medidas, se empleó un microcontrolador Arduino. Finalmente, se obtuvo un banco que reporta las pérdidas en accesorios y válvulas de forma automatizada haciendo uso del programa computacional desarrollado en Python.

Palabras clave: Banco de ensayos, Válvulas, Accesorios, Termodinámica, Coeficiente de resistencia, Arduino, Python.

## **ABSTRACT**

A test bench for valves and accessories is presented to develop laboratory practices in fluid mechanics, covered in the syllabus of the Thermodynamics course in the Mechatronics Engineering program. The system aims to analyze the performance of valves and accessories by measuring parameters such as flow rate, pressure, head losses, and the respective resistance coefficient. To achieve this, technical design specifications were established, followed by the conceptual model using computer-aided design tools. Key components such as PVC pipes, a storage tank, and sensors were selected, ensuring their compatibility with the system elements. The prototype construction involved assembling mechanical components and integrating measurement and control systems. For data collection and processing of the measured variables, an Arduino microcontroller was employed. Finally, a test bench was obtained that reports losses in accessories and valves automatically using the computational program developed in Python.

Keywords: Test bench, Valves, Accessories, Thermodynamics, Resistance coefficient, Arduino, Python.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	ii
CONSTANCIAS .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR .....	iv
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR .....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	<u>xi</u>
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 General .....	2
1.2.2 Específicos .....	2
1.3 Alcance y delimitación .....	2
1.4 Justificación .....	2
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 Antecedentes .....	4
2.2 Bases Teóricas .....	7
2.2.1 Válvulas y accesorios .....	7
2.2.2 Tipos de válvulas [12] .....	8
2.2.3 Tipos de accesorios .....	12
2.2.4 Propiedades del agua [1] .....	15
2.2.5 Ecuación de Bernoulli .....	16
2.2.6 Pérdida de carga en tuberías y accesorios .....	17



2.2.7	Numero de Reynolds .....	18
2.2.8	Ecuación de Darcy .....	19
2.2.9	Coefficiente de resistencia (K).....	23
2.2.10	Adquisición de datos [17] .....	23
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO .....		25
3.1	Modelo de investigación .....	25
3.2	Diseño de la Investigación .....	25
3.2.1	Fase 1: Análisis de las especificaciones técnicas de las válvulas y accesorios. ....	26
3.2.2	Fase 2: Diseño del banco de ensayos de válvulas y accesorios de acuerdo con las especificaciones.....	27
3.2.3	Fase 3: Construcción de un banco de ensayos de válvulas y accesorios. ....	28
3.2.4	Fase 4: Validación del funcionamiento del banco de ensayos de válvulas y accesorios.....	29
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS .....		30
4.1	Condiciones requeridas .....	30
4.1.1	Necesidades del banco de ensayos .....	30
4.1.2	Especificaciones técnicas .....	30
4.1.3	Limitaciones operativas.....	31
4.2	Propuesta de Solución .....	32
4.2.1	Explicación general .....	32
4.2.2	Elementos principales del sistema .....	33
4.3	Especificaciones de los componentes.....	34
4.3.1	Selección del microcontrolador .....	34
4.3.2	Selección sensor de presión .....	37
4.3.3	Selección sensor de caudal .....	40
4.3.4	Válvulas .....	43
4.3.5	Accesorios .....	46
4.3.6	Tubería PVC .....	49

4.3.7	Bomba centrífuga .....	50
4.3.8	Teflon .....	50
4.3.9	Terraja.....	51
4.3.10	Tanque de almacenamiento.....	51
4.3.11	Palet.....	52
4.3.12	Resistencia y borneras.....	52
4.3.13	Placa perforada.....	53
4.3.14	Caja de control, botón de parada de emergencia y botón selector .....	54
4.3.15	Programa .....	54
4.3.16	Diagrama de conexión de los componentes .....	55
4.3.17	Cálculos del coeficiente de resistencia.....	56
4.4	Programación .....	61
4.4.1	Software de programación.....	61
4.4.2	Incorporación de librerías.....	62
4.4.3	Diagrama de flujo .....	63
4.5	Diseño y ensamble de la carcasa .....	63
4.5.1	Software de modelado .....	64
4.5.2	Montaje y funcionamiento.....	65
4.5.3	Funcionamiento .....	68
4.6	Manual de usuario y manual de mantenimiento.....	72
4.7	Análisis de costos .....	73
4.8	Pruebas .....	74
CONCLUSIONES .....		77
RECOMENDACIONES .....		79
REFERENCIAS .....		80
ANEXOS.....		83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Tipo de válvula y accesorio: (a) válvula de globo, (b) codo 90° [11].	8
Figura 2.2. Válvula Check.	8
Figura 2.3. Válvula de mariposa.	9
Figura 2.4. Válvula de bola.	9
Figura 2.5. Válvula de globo.	10
Figura 2.6. Válvula de aguja.	11
Figura 2.7. Válvula macho.	11
Figura 2.8. Válvula de compuerta.	12
Figura 2.9. Tipos de codos: (a) CPHH 45 CODO PVC PRESIÓN H-H 45°.	13
Figura 2.10. Tipos de derivaciones: (a) DDP90 DERIVACION DOBLE PVC PRESIÓN 90°.	13
Figura 2.11. Tipos de mangos: (a) CRP CASQUILLO REDUCTOR PVC PRESIÓN.	14
Figura 2.12. Tipo de tapón y enlace: (a) E3PCSP ENLACE 3PCS PVC PRESIÓN.	14
Figura 2.13. Ecuación de Bernoulli.	17
Figura 2.14. Flujo laminar.	21
Figura 2.15. Flujo Turbulento.	22
Figura 2.16. Flujo Turbulento.	22
Figura 4.1. Solución planteada del diseño del banco de ensayos de válvulas y accesorios.	32
Figura 4.2. Vista isométrica explosionada de la solución planteada.	33
Figura 4.3. Arduino Uno.	36
Figura 4.4. Sensor transductor de presión 1/4" 1.6 [MPa] 232psi de acero inoxidable.	39
Figura 4.5. Sensor de caudal FS300A 3/4" 1-60 [l/min]	42
Figura 4.6. Válvula de compuerta de 3/4" .	44
Figura 4.7. Válvula de bola de 3/4" .	44
Figura 4.8. Válvula check de 3/4" .	45
Figura 4.9. Tee R/R polipropileno 3/4" x 1/2 " : (a) forma física y (b) forma de ensamble.	46
Figura 4.10. Codo PP R/R 3/4 x 90° .	47
Figura 4.11. Unión universal roscable h 3/4" .	47
Figura 4.12. Niple R/R PP 3/4" con tuerca.	48
Figura 4.13. Adaptador tanque polipropileno 3/4" .	48
Figura 4.14. Reductor buje: (a) forma física y (b) forma de ensamble de reductor en la bomba centrífuga	49
Figura 4.15. Tubo PVC 3/4" .	49
Figura 4.16. Bomba 1/2 HP Pedrollo PKM60 1"x1" .	50

Figura 4.17. Teflon.....	50
Figura 4.18. Terraja de 3/4". .....	51
Figura 4.19. Tanque de almacenamiento de 60 litros.....	51
Figura 4.20. Palet de 1200x800 [mm].....	52
Figura 4.21. Componentes: (a) conexión de la resistencia con el Arduino, (b) bornera 2 pines y (c) bornera de 4 pines.....	53
Figura 4.22. Placa perforada 120x100 [mm].....	54
Figura 4.23. Caja de control.....	54
Figura 4.24. Interfaz del programa con su grafica.....	55
Figura 4.25. Configuración en pull-up. ....	56
Figura 4.26. Diagrama de conexiones. ....	56
Figura 4.27. Lectura del monitor seria de los sensores. ....	59
Figura 4.28. Lectura del monitor seria de los sensores. ....	60
Figura 4.29. Interfaz del software Arduino IDE.....	61
Figura 4.30. Interfaz del software Visual Studio Code (Python). ....	62
Figura 4.31. Diagrama de flujo del programa. ....	63
Figura 4.32. Diseño del componente en SolidWorks 2025: (a) diseño de la carcasa y (b) vista explosionada de la carcasa con sus componentes electrónicos. ....	65
Figura 4.33. Componentes del sistema dl banco de ensayos de válvulas y accesorios. ....	65
Figura 4.34. Diagrama de P&ID del banco de ensayos de válvulas y accesorios. ....	66
Figura 4.35. Montaje de los componentes.....	66
Figura 4.36. Montaje del sistema en el palet. ....	67
Figura 4.37. Montaje: (a) montaje de componentes electrónicos en la carcasa y (b) montaje de la carcasa en el soporte. ....	68
Figura 4.38. Monitor serie del caudal.....	68
Figura 4.39. Verificación del caudal en 12 segundos.....	69
Figura 4.40. Verificación exitosa del caudal. ....	69
Figura 4.41. Lectura del manómetro. ....	71
Figura 4.42. Lectura del sensor de presión.....	71
Figura 4.43. Interfaz principal.....	74
Figura 4.44. Interfaz de recolección de datos.....	75
Figura 4.45. Interfaz de la gráfica K vs. Q.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Número de Reynolds [15]. .....	18
Tabla 4.1. Lista de componentes del banco de ensayos de bombas centrífugas .....	33
Tabla 4.2. Comparación de microcontrolador [20], [21], [22] y [23]. .....	35
Tabla 4.3. Especificaciones técnicas del Arduino UNO [24]. .....	36
Tabla 4.4. Comparación de sensores de presión [25], [26] y [27]. .....	38
Tabla 4.5. Especificaciones del sensor de presión [27]. .....	40
Tabla 4.6. Comparación de sensores de caudal [28], [29] y [30]. .....	41
Tabla 4.7. Especificaciones del sensor caudal [28]. .....	43
Tabla 4.8. Especificaciones de la válvula de compuerta [31]. .....	44
Tabla 4.9. Especificaciones de la válvula de bola [32]. .....	45
Tabla 4.10. Especificaciones de la válvula check [33]. .....	45
Tabla 4.11. Propiedades del PLA.[34] .....	64
Tabla 4.12. Costo de todos los componentes. ....	73

# CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

La malla curricular de Ingeniería Mecatrónica incluye asignaturas como Termodinámica y Mecánica de Fluidos. Esta última abarca tanto la teoría como la práctica relacionada con sistemas de bombeo, incluyendo el estudio de válvulas y accesorios. Estos ensayos son fundamentales para evaluar el rendimiento y las características de los componentes utilizados en sistemas mecatrónicos. Por lo cual, la implementación de un banco de ensayos permitiría a los estudiantes realizar experimentos prácticos que complementen la teoría, facilitando una comprensión más profunda de los conceptos relacionados con la termodinámica y la mecánica de fluidos.

La ausencia de un banco de pruebas específico podría estar relacionada con la falta de una planificación estratégica adecuada en la organización y con diversidad de enfoques en investigación y desarrollo. Este desafío no solo afecta a la ingeniería mecatrónica, sino también a otras disciplinas como la ingeniería mecánica, eléctrica y civil. Resolver esta problemática contribuiría al avance en la comprensión y aplicación de conceptos relacionados con la termodinámica y la mecánica de fluidos en el contexto de sistemas reales. Además, proporcionaría una herramienta esencial para la formación de estudiantes y facilitaría la investigación en áreas clave de la ingeniería.

Con base a lo anterior, el presente trabajo se centra en el diseño y construcción de un banco de ensayo específicamente destinado a evaluar el rendimiento, la eficiencia y las características de válvulas y accesorios utilizados en sistemas mecatrónicos y otros contextos industriales. Esto permitirá simular condiciones de operación reales y medir parámetros como caudal, presión y pérdidas. Además de su aplicación en la formación académica, este banco de pruebas pudiera

contribuir a la investigación y al diseño óptimo de sistemas de fluidos, relacionados con válvulas y accesorios.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 General**

Desarrollar un banco de ensayos de válvulas y accesorios para la CIME de la Universidad Técnica del Norte.

### **1.2.2 Específicos**

- Analizar las especificaciones técnicas de las válvulas y accesorios.
- Diseñar el banco de ensayos de válvulas y accesorios de acuerdo con las especificaciones.
- Construir un banco de ensayos de válvulas y accesorios.
- Validar el funcionamiento del banco de ensayos de válvulas y accesorios.

## **1.3 Alcance y delimitación**

Desarrollar el diseño y construcción de un banco de ensayos que cumplirá las especificaciones requeridas. El banco proporcionará la constante de resistencia de la válvula ( $K$ ). Al concluir con la construcción, se realizarán pruebas de funcionamiento y se presentarán dos prácticas de laboratorio para validar la usabilidad.

## **1.4 Justificación**

El banco de ensayos proporciona una valiosa herramienta educativa para los estudiantes de ingeniería. A través de pruebas prácticas, los estudiantes lograrían habilidades en la operación y evaluación de válvulas y accesorios. La experiencia en el Banco de Ensayos de Válvulas y Accesorios (BEVA), complementaría su formación teórica y los prepararía para enfrentar desafíos

reales en el campo. Además, la colaboración en el diseño y operación del BEVA favorecería un aprendizaje completo y variado.

Con el banco de ensayos, la Universidad Técnica del Norte, pudiera desarrollar investigaciones relacionadas con las válvulas y accesorios. Este recurso tendría la posibilidad de llevar a cabo estudios, investigaciones o proyectos que estén relacionados con válvulas y accesorios utilizados en diversos ámbitos industriales o mecatrónicos, por lo cual la implementación de un BEVA no solo beneficiaría la investigación universitaria, sino que también incitaría al avance técnico en el campo de las válvulas y accesorios.

Adicionalmente, la UTN podría ofrecer servicios especializados para evaluar la eficiencia de válvulas y accesorios. Mediante pruebas en el BEVA, proporcionaría datos importantes sobre el rendimiento de estos componentes. Esta iniciativa ayudaría a las empresas al ofrecerles datos importantes para elegir y mejorar sus equipos. Además, daría otra oportunidad para usar el conocimiento académico en la vida real.



## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Se analizan las pérdidas secundarias en sistemas de tuberías abordando la influencia de accesorios como válvulas y codos en la pérdida de energía del fluido. Para ello se emplean coeficientes de resistencia y se discuten métodos para calcular estas pérdidas; destacando la importancia de su consideración en el diseño de sistemas. Así mismo se proporcionan tablas y ábacos para determinar los coeficientes de pérdida, y se explican técnicas para expresar estas pérdidas en longitud equivalente. Finalmente se concluye acerca de la necesidad de clasificar y comprender los accesorios, así como garantizar una presión adecuada en sistemas tales como los aspersores mediante un diseño cuidadoso [1].

El artículo se centra en determinar las pérdidas de carga hidráulica en accesorios comunes de sistemas domiciliarios. A través de la construcción de un banco hidráulico con tuberías y accesorios de PVC, evaluando diferentes diámetros y caudales. Se recogieron datos de las presiones antes y después de cada accesorio para calcular el factor de la Constante de resistencia (K). Los resultados demostraron que la “K” varía con el diámetro de la tubería y el caudal circulante. Se observó que accesorios como el codo a 90° causan mayores pérdidas de carga. Se recomienda la eliminación de aire en las tuberías para mediciones y se destaca el uso del banco hidráulico como herramienta para el diseño de sistemas hidrosanitarios [2].

El artículo presenta una solución para mejorar una válvula que controla el flujo de líquidos en condiciones específicas. Ajustando la forma de una parte de la válvula para hacerla más eficiente. Usan simulaciones para evaluar el comportamiento del funcionamiento de la válvula antes y después de los cambios. Comparan estos resultados con pruebas reales y discuten la influencia de

las diferentes partes en el desempeño. Después de los ajustes, la válvula funciona mejor, con un error promedio del 5%. También se muestran varios detalles en la fabricación, los cuales pueden influir en el funcionamiento de la válvula [3].

El artículo se basa en la disminución de las pérdidas secundarias en el sistema de bombeo de agua en Tunshi, Chimborazo, se identificaron y evaluaron los accesorios utilizados, como codos y tuberías. Se calculó un total de 6.7 en coeficientes de pérdida. Mediante ecuaciones específicas, se determinaron las pérdidas primarias y secundarias, lo que permitió calcular la carga total de la bomba. Estas medidas ayudaron a dimensionar adecuadamente las tuberías y a seleccionar una bomba centrífuga con la potencia adecuada, asegurando así la eficiencia del sistema de bombeo y la purificación del agua en la comunidad [4].

El documento se centra en el diseño de un Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA) para medir pérdidas de carga en sistemas de flujo. Las pérdidas secundarias se deben a accesorios como válvulas y codos. Para solucionar la inexactitud en las mediciones, se implementó un sistema con sensores precisos y un módulo de pruebas para visualizar y comparar pérdidas reales con cálculos. Se logró un error mínimo entre los datos experimentales y matemáticos, mejorando la precisión en la identificación de pérdidas secundarias en sistemas de flujo [5].

El documento se basa en la creciente demanda industrial que impulsa el desarrollo de nuevas tecnologías, aunque muchas industrias aún usan métodos obsoletos y poco eficientes, especialmente las que trabajan con líquidos newtonianos. La mayoría de estas industrias almacena y transporta fluidos sin control adecuado del flujo debido a la alta inversión de tiempo y recursos que esto implica. En este contexto, se plantea la necesidad de optimizar el manejo de los sistemas de tuberías, enfocándose en la interacción de sus componentes, como las válvulas. Se resolvió

optimizando un banco de pruebas para caracterizar pérdidas de presión en válvulas de 2 pulgadas, validando el montaje y mejorando la precisión experimental [6].

El documento presenta el diseño de un banco de pruebas para verificar la presión de ajuste y el diferencial de cierre de válvulas de alivio con accionamiento por resorte directo y pilotadas de 3" en servicio de líquidos. El problema identificado fue la falta de un equipo adecuado para realizar estas pruebas de manera eficiente y precisa, lo cual podría llevar a errores en la calibración y funcionamiento de las válvulas de alivio, poniendo en riesgo la seguridad operativa. La solución propuesta fue la creación de un banco de pruebas específico, diseñado y conceptualizado para cumplir con los requisitos técnicos necesarios para asegurar la precisión y confiabilidad en la verificación de estas válvulas, mejorando así la seguridad y eficiencia en su uso [7].

Este trabajo se centró en optimizar el uso de equipos en desuso dentro del departamento de electricidad. La problemática inicial era la existencia de un caudalímetro y un variador de frecuencia que no estaban siendo utilizados, lo cual representaba un desperdicio de recursos. La solución implementada consistió en modificar la planta didáctica para incorporar estos instrumentos, asegurando su funcionamiento adecuado. Esta intervención no solo permitió aprovechar los recursos existentes, sino que también mejoró la capacidad de control y monitoreo de variables críticas en procesos industriales, así mejorando el banco de ensayos de válvulas [8].

Este proyecto comenzó con la creación de un banco de prácticas utilizando instrumentación de Siemens, como caudalímetros y transmisores de presión, para ser utilizado en las asignaturas de Mecánica de Fluidos II y Máquinas Hidráulicas. Durante el desarrollo, se identificaron problemas significativos, incluyendo errores de medición y calibración, fallos en el Control de la Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA), y problemas de comunicación con las bombas y válvulas. Para solucionar estos problemas, se llevaron a cabo reprogramaciones y ajustes en la maqueta, se

corrigieron los errores de conexión y medición, y se realizaron ensayos exhaustivos para asegurar su correcto funcionamiento [9].

El documento presenta el estudio del comportamiento de una bomba centrífuga, operando como turbina para generación de energía, mediante el uso de banco de pruebas. El principal desafío del proyecto fue crear un banco de pruebas para sistemas de generación hidroeléctrica, utilizando una bomba como turbina y comparándola con una turbina convencional para micro generación. La solución se realizó mediante el diseño conceptual, hidráulico y mecánico del banco de pruebas, seleccionando las turbomáquinas, accesorios y componentes del sistema hidráulico, incluyendo válvulas y tuberías. Se completó con la construcción y el ensamblaje del banco de pruebas, lo que permitió analizar experimentalmente la eficiencia y la potencia generada por el banco de pruebas [10].

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Válvulas y accesorios**

Las válvulas y accesorios son componentes fundamentales en los sistemas de tuberías utilizados en diversas aplicaciones industriales. Una válvula es un dispositivo que normaliza, guía o controla el flujo de un fluido al abrir, cerrar parcialmente diferentes canales. Los accesorios por otro lado incluyen elementos como codos, tes, reducciones y bridas, que se utiliza para conectar, desviar o agrandar el diámetro de las tuberías. Las características de las válvulas pueden variar ampliamente según el tipo de aplicación, pero generalmente incluyen la capacidad de soportar altas presiones y temperaturas, resistencia a la corrosión y facilidad de mantenimiento [1].

Estas deben ser duraderos y compatibles con los materiales de las tuberías para asegurar un funcionamiento seguro y eficiente del sistema, donde es crucial controlar el flujo de fluidos con precisión. La Figura 2.1 muestra un ejemplo de una válvula y un accesorio.



Figura 2.1. Tipo de válvula y accesorio: (a) válvula de globo, (b) codo 90° [11].

## 2.2.2 Tipos de válvulas [12]

Existen diversos tipos de válvulas, cada una con características específicas, utilizadas según su aplicación. A continuación, se describen los tipos más comunes de válvulas industriales.

### 2.2.2.1 Válvula check

En la Válvula Check., se muestra la válvula de check, estas válvulas son conocidas como válvulas Check, están diseñadas para permitir el flujo de líquidos y gases en una sola dirección. Se utilizan especialmente en aplicaciones de descarga de bombas industriales.



Figura 2.2. Válvula Check.

### 2.2.2.2 Válvula de mariposa

En la Fig. 2.3, se observa la válvula de mariposa, este tipo de válvula son usualmente utilizadas en la industria. Son de un cuarto de vuelta y controlan el flujo de los fluidos mediante un disco circular.

Este disco gira sobre su eje en ángulos en el sentido de la circulación, con la ayuda de una manija o volante.



Figura 2.3. Válvula de mariposa.

### 2.2.2.3 Válvula de bola

En la Válvula de bola., se muestra la válvula de bola, esta válvula industrial posee una bola con un orificio que gira por asientos elásticos. Permitiendo una circulación directa cuando está en posición abierta y corta el paso de los flujos al girar la bola noventa grados, cerrando así el conducto.



Figura 2.4. Válvula de bola.

#### 2.2.2.4 Válvula Globo

En la Válvula de globo., se muestra la válvula de globo, este tipo de válvula se distingue por el cierre de un tapón o disco que interrumpe el flujo del fluido en un asiento situado en una posición paralela al sentido de la tubería. Para su operación, es necesario girar la perilla varias veces.



Figura 2.5. Válvula de globo.

#### 2.2.2.5 Válvula de aguja

En la Válvula de aguja., se muestra la válvula de aguja, estas válvulas permiten la regulación eficiente de líquidos a alta presión en tuberías de pequeño tamaño. Poseen un eje de cierre cónico que actúa como tapón en una abertura reducida. Son especialmente valoradas en el sector hidráulico, donde se emplean en derivaciones, cortes de rutas y desvíos como baipás, dirigiendo el flujo hacia válvulas de bola o válvulas de mariposa antes de introducir el líquido en turbinas o motores. Estas válvulas son resistentes a fuertes contrastes de presión y ofrecen un buen sellado gracias a su diseño y estabilidad.



Figura 2.6. Válvula de aguja.

### 2.2.2.6 Válvula macho

En la Válvula macho., se observa la válvula macho, el cual tienen un obturador troncocónico que gira sobre su eje central. La apertura se realiza girando una palanca hasta alinear las ventanas del obturador y el cuerpo de la válvula. Su accionamiento es rápido, con solo un cuarto de vuelta. En posición abierta, la pérdida de carga es mínima, y se usan en instalaciones poco vigiladas sin palanca de accionamiento.



Figura 2.7. Válvula macho.



### 2.2.2.7 Válvula de compuerta

En la Válvula de compuerta., se observa la válvula de compuerta, este tipo de válvulas industriales se caracterizan por tener múltiples vueltas y un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento para cerrar la abertura. Funcionan de manera óptima cuando están completamente abiertas o cerradas, ya que no están diseñadas para regular el flujo de fluidos.



Figura 2.8. Válvula de compuerta.

### 2.2.3 Tipos de accesorios

Los accesorios son elementos esenciales para realizar conexiones, ya que permiten desviar, reducir, ampliar y dirigir el flujo de agua en tuberías. Se destacan por su durabilidad, facilidad de instalación y versatilidad en aplicaciones residenciales e industriales, garantizando una conducción eficiente y segura de diversos fluidos [13]. El cual se clasifica en dos tipos:

- Accesorios para saneamiento
- Accesorios para presión

En [14] mencionan una variedad de accesorios para presión, los cuales están diseñados para tuberías que transportan agua a alta presión. A continuación, se presentan algunos tipos de accesorios:

### 2.2.3.1 Codos

Los codos permiten cambiar la dirección del flujo de agua en sistemas hidráulicos, facilitando conexiones seguras y confiables para un rendimiento eficiente en aplicaciones domésticas e industriales [13]. En la Tipos de codos: (a) CPHH 45 CODO PVC PRESIÓN H-H 45°, se puede visualizar los tipos de codos.



Figura 2.9. Tipos de codos: (a) CPHH 45 CODO PVC PRESIÓN H-H 45°,  
(b) CPHH 90 CODO PVC PRESIÓN H-H 90° [13].

### 2.2.3.2 Derivaciones

Las derivaciones distribuyen el flujo de agua hacia diferentes direcciones, optimizando el sistema hidráulico y asegurando una distribución equitativa y eficiente en diversas configuraciones [13].

En la Figura 2.10, se puede visualizar los tipos de derivaciones.



Figura 2.10. Tipos de derivaciones: (a) DDP90 DERIVACION DOBLE PVC PRESIÓN 90°,  
(b) DPHH90 DERIVACION PVC PRESIÓN H-H 90°[13].

### 2.2.3.3 Maguitos

Los manguitos conectan tuberías de diferentes diámetros, evitando fugas y garantizando una instalación segura y duradera para un funcionamiento óptimo del sistema hidráulico.

En la Figura 2.11, se puede visualizar los tipos de derivaciones.

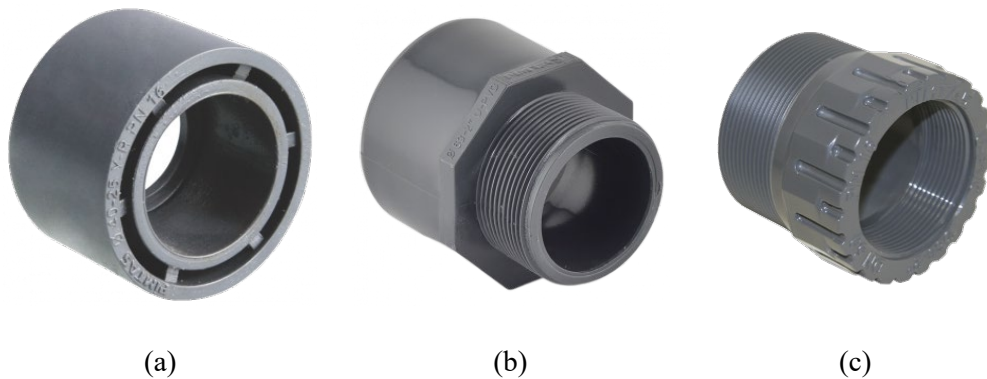


Figura 2.11. Tipos de mangos: (a) CRP CASQUILLO REDUCTOR PVC PRESIÓN,  
(b) MPH H MANGUITO PVC PRESIÓN H-H,  
(c) MPRH MANGUITO PVC PRESIÓN RH [13].

### 2.2.3.4 Tapón y enlace

Los tapones cierran conexiones y evitan derrames, mientras que las juntas universales permiten uniones seguras entre tuberías, asegurando un flujo constante y eficiente en el sistema hidráulico [13]. En la Figura 2.12, se puede ver el tapón y enlace.



Figura 2.12. Tipo de tapón y enlace: (a) E3PCSP ENLACE 3PCS PVC PRESIÓN,  
(b) TLP TAPÓN LISO PVC PRESIÓN [13].

## **2.2.4 Propiedades del agua [1]**

### **2.2.4.1 Densidad**

La densidad se refiere a la cantidad de masa contenida en cada unidad de volumen de una sustancia, mientras que el peso específico indica la fuerza de peso ejercida por cada unidad de volumen de esa misma sustancia. El volumen específico, es el inverso a la densidad, el cual indica el volumen ocupado por una unidad de masa.

### **2.2.4.2 Peso específico**

El peso es la fuerza con la cual un cuerpo es atraído hacia el centro de la Tierra debido a la acción de la gravedad. Por otro lado, el peso específico es la medida del peso por unidad de volumen de una sustancia, influenciada por la aceleración gravitacional presente en su entorno.

### **2.2.4.3 Densidad relativa, gravedad específica**

La gravedad específica se define como la relación entre la densidad o peso específico de una sustancia y los correspondientes valores del agua a 4 °C. Para medir normalmente se hace uso de un hidrómetro, el cual está fabricado de vidrio y un bulbo pesado, facilitando la medición al flotar verticalmente y variar su altura sumergida según la densidad del fluido en cuestión.

### **2.2.4.4 Temperatura**

La temperatura es una medida de la energía térmica que puede ser cuantificada con un termómetro. El agua tiene un punto de congelación a 0 °C y un punto de ebullición a 100 °C. El punto de ebullición marca el cambio de estado de líquido a gaseoso, mientras que el punto de fusión indica el cambio de estado de sólido a líquido en una sustancia.

#### 2.2.4.5 Presión

La presión se caracteriza por la fuerza aplicada sobre una superficie específica, actuando de forma perpendicular a esta área.

#### 2.2.5 Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli es una herramienta fundamental en la mecánica de fluidos, vinculando presión, velocidad y elevación en flujos estacionarios e incompresibles. Basada en el principio de conservación del momento lineal, esta ecuación es efectiva en regiones donde las fuerzas viscosas son mínimas en comparación con las inerciales, gravitacionales y de presión. Sin embargo, su aplicabilidad se limita a áreas fuera de capas límite y estelas, donde los efectos de la fricción son significativos. A pesar de estas limitaciones, la ecuación de Bernoulli facilita el análisis práctico de flujos en ingeniería y otras aplicaciones, proporcionando aproximaciones útiles para entender el comportamiento del fluido [15].

La [15], describe la conservación de energía en un flujo de fluido incompresible bajo condiciones ideales. En [15] se equilibra las presiones estáticas y dinámicas, junto con las alturas geométricas, entre dos puntos a lo largo de una tubería o canal. Esta relación muestra cómo la presión, la velocidad y la altura de un fluido varían entre dos puntos, indicando que cuando la velocidad aumenta, la presión disminuye y viceversa, siempre y cuando no haya pérdidas de energía significativas como fricción o dispositivos mecánicos. En la Figura 2.13, se puede observar de manera clara la ecuación de Bernoulli.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \quad \text{Ecuación 2.1. [15]}$$

donde

$P$  = presión del fluido en los puntos 1 y 2 [Pa].

$\gamma$  = Peso específico del fluido  $\left[\frac{\text{N}}{\text{m}^3}\right]$ .

$v$  = velocidades del fluido en los puntos 1 y 2  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]$ .

$Z$  = altura del fluido por encima de un nivel de referencia en los puntos 1 y 2 [m].

$g$  = Aceleración debida a la gravedad  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]$ .

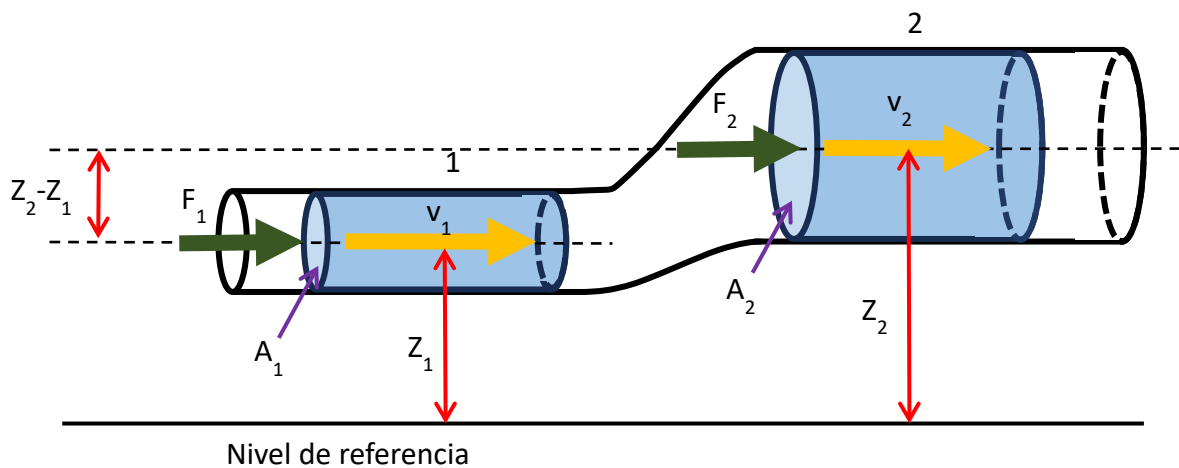


Figura 2.13. Ecuación de Bernoulli.

### 2.2.6 Pérdida de carga en tuberías y accesorios

En el análisis del flujo en sistemas de tuberías, las pérdidas de carga juegan un papel crucial. Estas pérdidas, representadas por la diferencia de presión, se deben a diversos factores como la fricción del fluido contra las paredes de la tubería y los cambios de dirección en los accesorios. La pérdida de carga, irreversible por naturaleza, implica una disminución de la energía del fluido debido a la resistencia viscosa y turbulenta en su recorrido. Esta pérdida, expresada como una altura de fluido equivalente  $h_L$ , el cual determina la energía adicional que una bomba debe suministrar para mantener el flujo, como se muestra en la Ecuación 2.2. La comprensión y minimización de estas

pérdidas son cruciales para el diseño eficiente de sistemas de transporte de fluidos, asegurando así una operación económica y efectiva [15].

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + h_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_L \quad \text{Ecuación 2.2. [15]}$$

donde

$h_B$  = Energía que se agrega al fluido [Bomba].

$h_L$  = Pérdida de energía por fricción (tuberías, accesorios y válvulas) [m].

### 2.2.7 Numero de Reynolds

El número de Reynolds, descubierto por Osborne Reynolds, es crucial para determinar el régimen de flujo en tuberías y conductos. Este número adimensional compara las fuerzas inerciales con las viscosas y varía según la geometría, rugosidad de la superficie, velocidad del flujo y tipo de fluido. En la Tabla 2.1, se muestra en tuberías circulares el flujo es laminar para  $Re \leq 2300$  transicional entre 2300 y 4000, y turbulento para  $Re \geq 4000$ . La transición depende también de perturbaciones externas como vibraciones y turbulencias en el flujo de entrada, siendo posible mantener el flujo laminar en condiciones ideales a Reynolds más altos [15].

Tabla 2.1. **Número de Reynolds [15].**

Número de Reynolds	Flujo
$Re \leq 2300$	flujo laminar
$2300 \leq Re \leq 4000$	flujo de transición
$Re \geq 4000$	flujo turbulento

También es un parámetro adimensional utilizado para determinar si el flujo de un fluido en una tubería será laminar o turbulento. Se calcula utilizando la velocidad media del flujo, el diámetro de

la tubería, la densidad del fluido y la viscosidad dinámica del fluido, como se muestra en la Ecuación 2.3.

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta} \quad \text{Ecuación 2.3. [16]}$$

donde

$N_R$  = Número de Reynolds

$v$  = velocidad promedio del flujo  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$ .

$D$  = diámetro del tubería [m]

$\rho$  = densidad del fluido  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$ .

$\eta$  = viscosidad dinámica [Pa · s].

$g$  = Aceleración debida a la gravedad  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]$ .

### 2.2.8 Ecuación de Darcy

Las pérdidas por fricción en tuberías son influenciadas principalmente por la viscosidad del fluido y el régimen de flujo, siendo particularmente significativas en tuberías largas. La ecuación de Darcy-Weisbach, desarrollada a partir de las contribuciones de numerosos investigadores como Chézy, Weisbach, Darcy, Poiseuille, Hagen, Prandtl, Blasius, von Kármán, Nikuradse, Colebrook, White, Rouse y Moody, calcula estas pérdidas considerando el factor de fricción, la velocidad de flujo, las dimensiones de la tubería y su rugosidad. Esta ecuación relaciona la pérdida de carga con el coeficiente de fricción, la longitud de la tubería, el caudal, la gravedad y el diámetro interno de la tubería [1], como se muestra en la Ecuación 2.4.



$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 2.4. [16]

donde

$h_L$  = pérdida de energía debida ala fricción [N, m].

$L$  = longitud de la corriente de flujo [m].

$D$  = diámetro del tubería [m].

$\rho$  = densidad del flujo  $\left[\frac{m}{s}\right]$ .

$\eta$  = viscosidad dinámica [adimensional]

$v$  = velocidad promedio del fluido  $\left[\frac{m}{s}\right]$ .

$g$  = Aceleración debida a la gravedad  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$ .

### 2.2.8.1 Flujo Laminar

El flujo laminar se caracteriza por líneas de corriente suaves y un movimiento ordenado del fluido, como se muestra en la Figura 2.14. En este régimen, típicamente observado en fluidos altamente viscosos como aceites en tuberías estrechas, las partículas fluidas se mueven en capas paralelas sin mezclarse significativamente entre sí. Este comportamiento laminar permite una fácil visualización mediante técnicas como la inyección de colorante, donde las líneas trazadas permanecen claras y sin dispersión notable, indicando una difusión molecular mínima y una baja transferencia de cantidad de movimiento entre las capas adyacentes de fluido [15]. A continuación, se muestra en la Ecuación 2.5 el factor de fricción para el flujo laminar.

$$f = \frac{64}{N_R}$$

Ecuación 2.5. [16]

donde

$f$  = factor de fricción de Darcy – Weisbach [adimensional]

$N_R$  = número de Reynolds [adimensional]

### Flujo laminar



Figura 2.14. Flujo laminar.

### 2.2.8.2 Flujo Turbulento

El flujo turbulento se caracteriza por fluctuaciones aleatorias en la velocidad y un movimiento desordenado del fluido. Este régimen se manifiesta a velocidades más altas o en condiciones donde el fluido experimenta perturbaciones significativas. Al inyectar colorante en un flujo turbulento, las líneas trazadas zigzaguean con rapidez y se dispersan rápidamente, reflejando la intensa mezcla entre las partículas fluidas y una alta transferencia de cantidad de movimiento, como se observa en la Figura 2.15. Este comportamiento aumenta la fricción en las superficies del tubo y conduce a mayores requerimientos de energía para bombear el fluido, destacando la importancia de entender y controlar las características del flujo para aplicaciones prácticas en ingeniería [15]. A continuación, se muestra en la Ecuación 2.6 el factor de fricción para el flujo turbulento.

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 \left( \frac{D}{\varepsilon} \right)} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ecuación 2.6. [16]}$$

donde

$f$  = factor de fricción de Darcy – Weisbach [adimensional]

$D$  = diámetro de la tubería [m]

$\varepsilon$  = rugosidad absoluta de la tubería [m]

$N_R$  = número de Reynolds [adimensional]

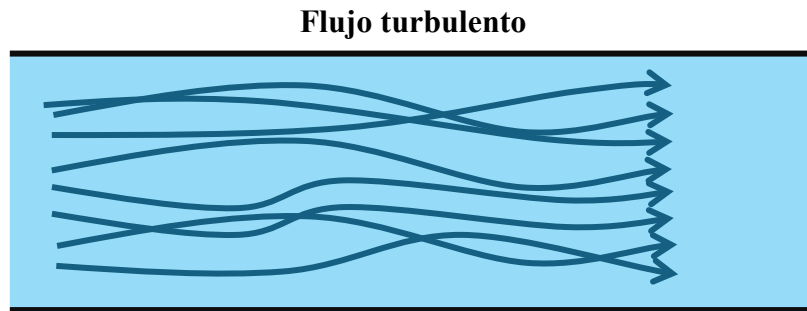


Figura 2.15. Flujo Turbulento.

En la Figura 2.16, se muestra el diagrama de Moody el cual se usa para determinar el valor del factor de fricción en el flujo turbulento.

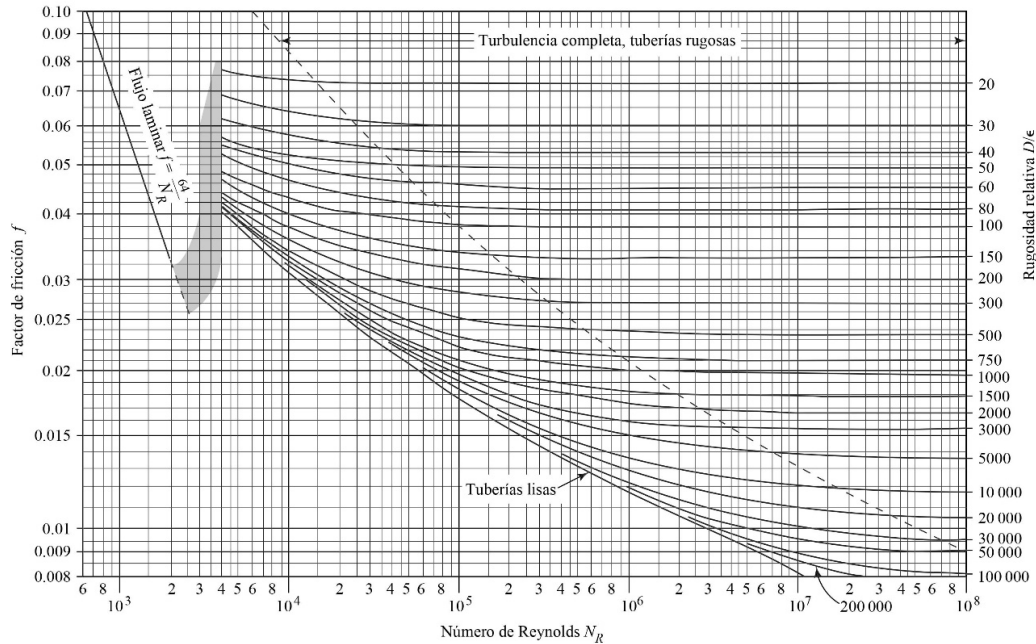


Figura 2.16. Flujo Turbulento.

### 2.2.9 Coeficiente de resistencia (K)

El coeficiente de resistencia se utiliza para cuantificar las pérdidas de energía que ocurren en diversos dispositivos dentro de sistemas de flujo de fluidos, como codos, expansiones, contracciones o válvulas. Estas pérdidas energéticas, descritas por la Ecuación 2.7, dependen de la velocidad promedio del fluido en las cercanías del punto de pérdida. Además, es una constante de proporcionalidad que carece de dimensiones físicas, determinada por la geometría específica del dispositivo y, a veces, por la velocidad del flujo. Esta relación facilita el cálculo preciso de las pérdidas energéticas en diversas condiciones, y se detallan tablas y explicaciones en referencias técnicas, proporcionando valores específicos de “K” para diferentes configuraciones de flujo.

$$h_L = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2.7. [16]}$$

donde

$K$  = Coeficiente de resistencia [adimensional]

$v$  = velocidad promedio del fluido  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

$g$  = Aceleración debida a la gravedad  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]$ .

### 2.2.10 Adquisición de datos [17]

Aborda la importancia del ajuste de curvas en la ingeniería, subrayando cómo los datos suelen presentarse como valores discretos a lo largo de un continuo. Cuando se requiere estimar un punto intermedio entre valores discretos, el ajuste de curvas se vuelve crucial. Este proceso no solo ayuda en la obtención de estimaciones intermedias, sino que también permite simplificar funciones complicadas calculando valores en puntos discretos y ajustando una función más sencilla a esos valores.

### **2.2.10.1 Regresión por mínimos cuadrados**

Es un procedimiento empleado cuando los datos contienen un elevado nivel de error o interferencia, lo que dificulta determinar una relación precisa entre las variables. En este caso, la meta principal no es que la curva atraviese exactamente cada punto de datos, sino identificar una tendencia general que represente de la mejor forma posible la conexión entre las variables. Este método reduce al mínimo la suma de los cuadrados de los errores, es decir, las discrepancias entre los valores medidos y los valores estimados por la ecuación ajustada. La regresión lineal, como caso específico, intenta adaptar una línea recta a los datos, mientras que la regresión polinómica permite ajustes más sofisticados, como curvas de segundo o tercer grado. Esta técnica es especialmente valiosa en ingeniería y disciplinas aplicadas cuando los datos experimentales presentan fluctuaciones debido a imprecisiones en la medición o factores incontrolables.

### **2.2.10.2 Interpolación**

Es un procedimiento matemático utilizado cuando se dispone de datos sumamente precisos y se necesita que la función atraviese exactamente cada uno de los puntos de referencia. La interpolación polinómica, por ejemplo, pretende encontrar un polinomio de grado  $n$  que se ajuste a  $n+1$  puntos específicos, asegurando que la curva resultante pase por cada uno de ellos. Hay diversos enfoques de interpolación, como el polinomio de Newton y el de Lagrange, los cuales se emplean según la distribución de los puntos y la facilidad de implementación computacional. Un caso particular de interpolación es el uso de trazadores cúbicos, que construyen segmentos de curvas suaves entre los puntos sin las oscilaciones indeseadas que pueden aparecer en polinomios de grado elevado. Esta técnica se aplica extensamente en gráficos por computadora, modelado de datos experimentales y procesamiento de señales.

## **CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Modelo de investigación**

En el desarrollo del presente trabajo se emplean diversos esquemas de investigación. Partiendo de la investigación documental, a través de la cual se recoge la información relacionada con los fenómenos de un banco de pruebas; así como de los y componentes requeridos para este equipo.

Una vez esquematizada la solución propuesta se aplica una investigación descriptiva, ya que por medio de esta se busca analizar y describir las especificaciones técnicas de las válvulas y accesorios, así como las dimensiones y requerimientos del banco de ensayos. Basado en la descripción, la etapa de construcción se enfoca en la materialización precisa del diseño en un prototipo operativo [18].

Por consiguiente, se lleva a cabo la construcción del banco de ensayos, un proceso que implica la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos y la materialización de las especificaciones técnicas identificadas. Este enfoque facilita crear parámetros claros de diseño y funcionamiento aspectos fundamentales para el desarrollo de un banco de ensayos que cumpla con las especificaciones requeridas.

Finalmente, la investigación adopta un enfoque experimental, ya que mediante la actividad intencional del investigador se verifica el funcionamiento del banco de ensayos mediante pruebas de funcionamiento [19]. Este proceso garantiza que el dispositivo cumpla con los objetivos propuestos y las expectativas de rendimiento.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

Para llevar a cabo este trabajo, se realizan un conjunto de actividades individuales con el fin de alcanzar los objetivos planteados. Asimismo, se describe el proceso secuencial del diseño y construcción de un banco de ensayos de válvulas y accesorios para los estudiantes de la CIME.

### **3.2.1 Fase 1: Análisis de las especificaciones técnicas de las válvulas y accesorios.**

La investigación documental se centra en la recopilación y análisis de información proveniente de diversas fuentes escritas y electrónicas. Este enfoque permite obtener especificaciones técnicas de las válvulas y accesorios, destacando sus características operativas, materiales, dimensiones, capacidades de presión y caudal.

#### ***Actividad 1: Investigación de los fabricantes y proveedores nacionales.***

Se hace una investigación exhaustiva de los fabricantes y proveedores nacionales de válvulas y accesorios; luego se obtienen las características de estos. Para ello se usan los catálogos y fichas técnicas con el fin de extraer los detalles más importantes sobre los productos, así como de la selección de estos.

#### ***Actividad 2: Revisión de antecedentes que dispongan de un banco de ensayos de válvulas y accesorios.***

Inicialmente, se usan las bases de datos de revistas científicas y patentes, con el propósito de establecer los antecedentes. De igual manera, se revisan trabajos previos sobre bancos de ensayos de válvulas y accesorios.

#### ***Actividad 3: Determinación de parámetros necesarios para el diseño***

Posteriormente, se definen las especificaciones del sistema a diseñar y junto con los responsables del uso del laboratorio, se definen los parámetros técnicos que el banco de ensayos deba contener; tales como presión, el caudal, pérdidas y la temperatura. Luego se establecen intervalos operativos, necesarios, para cada parámetro según las especificaciones anteriormente descritas.

### **3.2.2 Fase 2: Diseño del banco de ensayos de válvulas y accesorios de acuerdo con las especificaciones.**

Mediante la investigación descriptiva y haciendo uso de la información obtenida en las actividades anteriores, se procede al diseño del banco de ensayos de válvulas y accesorios, considerando una variedad de factores y estándares de diseño.

#### ***Actividad 4: Especificaciones del sistema a desarrollar***

Se presenta un único diseño que cumple con las restricciones y requisitos del proyecto. Mediante software CAD, se detallan las especificaciones del sistema, describiendo sus componentes y funcionamiento. La solución garantiza viabilidad técnica, optimización de costos y capacidad para satisfacer los objetivos establecidos en el desarrollo del proyecto.

#### ***Actividad 5: Elaboración del diseño CAD***

Haciendo uso de un programa basado en el método de los elementos finitos, se realiza el modelo detallado del banco de ensayos para luego realizar los análisis de ingeniería o simulaciones que se requieran.

#### ***Actividad 6: Cálculos numéricos y cálculos analíticos***

Se hace una clasificación de las piezas que requieran análisis numéricos y no. Esto con el propósito de obtener la resistencia de los elementos complejos. De igual manera se usan las ecuaciones de fluidos, tales como la de Darcy y la de Bernoulli, para la obtención de datos necesarios.

#### ***Actividad 7: Selección de materiales y equipos adecuados***

Se procede a la selección de materiales y componentes que mejor cumplan con las especificaciones técnicas y requerimientos de durabilidad del banco de ensayos. Por otro lado, se seleccionan y se



adquieren los equipos y sensores adecuados para la medición de parámetros, tales como presión, caudal y temperatura.

### **3.2.3 Fase 3: Construcción de un banco de ensayos de válvulas y accesorios.**

Además, a través de la investigación descriptiva se detalla la construcción de un banco de ensayos para válvulas y accesorios. Además, se incluye la integración de elementos electrónicos, así como válvulas y accesorios, con la finalidad de lograr un banco de ensayos funcional.

#### ***Actividad 8: Construcción del banco de ensayos de válvulas y accesorios***

Se procede con la fabricación y ensamblaje del banco de ensayos siguiendo el diseño detallado. Para esto se fabrican las piezas estructurales y las requeridas para el montaje de los componentes. Se supervisa el proceso de construcción para asegurar que se cumplan con todos los requerimientos de acuerdo con las especificaciones técnicas.

#### ***Actividad 9: Integración de elementos electrónicos***

Se integran los elementos electrónicos necesarios para el funcionamiento del banco de ensayos, como sensores, tuberías, válvulas y accesorios. Por lo cual se instalan y configuran los dispositivos electrónicos para la medición y control de los parámetros definidos.

#### ***Actividad 10: Desarrollo del algoritmo para generar la gráfica***

Se desarrolla un programa computacional necesario para la adquisición y procesamiento de datos obtenidos del banco de ensayos. Este software permite la visualización en tiempo real de los parámetros medidos, generando gráficas y reportes que faciliten el análisis y evaluación del desempeño de las válvulas y accesorios.

### **3.2.4 Fase 4: Validación del funcionamiento del banco de ensayos de válvulas y accesorios.**

Por medio de la investigación experimental se realizan pruebas controladas utilizando diferentes válvulas y accesorios en el banco de ensayos, analizando datos necesarios para determinar los parámetros requeridos.

#### ***Actividad 11: Realización de pruebas de funcionamiento***

Una vez construido e integrado el banco de ensayos, se realizan las pruebas iniciales para verificar su correcto funcionamiento. Evaluando cada componente y sistema, asegurando que todos operen dentro de los parámetros establecidos. Se realizan pruebas de calibración constantemente de los sensores. Se procede a documentar los resultados obtenidos.

#### ***Actividad 12: Ajustes o modificaciones de ser necesario***

Se identifican fallas o inconsistencias durante las pruebas iniciales y si existiesen, se realizan los ajustes o modificaciones necesarios para corregirlos. Esto puede incluir la recalibración de sensores, la modificación de componentes estructurales o ajustes en el software. Para esto se llevó a cabo nuevas pruebas para verificar la eficacia de las correcciones realizadas. Finalmente, se proponen dos prácticas de laboratorio para que los estudiantes de termodinámica fortalezcan sus conocimientos teóricos.

## CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Condiciones requeridas

#### 4.1.1 Necesidades del banco de ensayos

El diseño del banco de ensayos para válvulas y accesorios debe responder a una serie de necesidades técnicas y operativas que garanticen su funcionalidad y eficiencia. Estas necesidades se detallan a continuación:

- **Medición de parámetros críticos:** El sistema debe medir presión y caudal para evaluar el rendimiento de válvulas y accesorios, permitiendo calcular la pérdida de presión y el coeficiente de resistencia.
- **Adquisición y visualización de datos:** Se requiere un sistema que capture, almacene y grafique datos para facilitar su análisis.
- **Seguridad operativa:** Incluir un interruptor de encendido/apagado y un botón de parada de emergencia para garantizar operaciones seguras y confiables.
- **Adaptabilidad:** El sistema debe ser flexible, con conexiones universales que permitan probar diversos tipos de válvulas y accesorios de manera rápida y eficiente.

#### 4.1.2 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas del banco de ensayos definen los parámetros operativos y los componentes necesarios para su correcto funcionamiento. Estas especificaciones permiten que el sistema sea capaz de generar datos precisos y confiables para poder generar la curva coeficiente de resistencia versus caudal (K vs. Q).

- **Parámetros de operación:** El banco de ensayos opera con un rango de caudal de 0 a 60 L/min y una presión máxima de 1.6 MPa (232 psi), limitada por el sensor de presión. La pérdida de presión y el coeficiente de resistencia se calculan mediante software especializado, utilizando datos de los sensores y el sensor de caudal.
- **Componentes de medición:** El sistema incluye un sensor de presión con conexión G1/4, rango de 0 a 1.6 MPa y con una salida de 5V, también un sensor de caudal de 0 a 60 L/min para mediciones precisas. Un microprocesador que recopila y procesa las señales de los sensores en tiempo real.
- **Materiales y construcción:** Las tuberías, fabricadas en PVC resistente a presión y corrosión, están diseñadas para el transporte de fluidos, mientras que el tanque de almacenamiento de 60 litros, construido en polietileno de alta densidad, garantiza durabilidad. Además, las conexiones cuentan con adaptadores universales para facilitar la instalación y el desmontaje de los componentes del sistema.
- **Medidas de seguridad:** El sistema incluye un interruptor para gestionar el encendido y apagado de manera segura, junto con un botón de parada de emergencia que detiene inmediatamente la operación en caso de fallas o situaciones críticas.
- **Interfaz y procesamiento de datos:** El software de visualización desarrollado en Python, grafica el coeficiente de resistencia en función del caudal y almacena los datos mostrando las mediciones en tiempo real.

#### 4.1.3 Limitaciones operativas

El banco de ensayos presenta ciertas limitaciones que deben considerarse durante su operación:

- **Rango de medición:** Los sensores tienen límites operativos que pueden afectar la precisión de las mediciones si se exceden.

- **Condiciones ambientales:** Factores como la temperatura, la humedad y el entorno pueden influir en el desempeño del sistema.

## 4.2 Propuesta de Solución

### 4.2.1 Explicación general

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presenta la propuesta de la solución para el diseño del banco de ensayo de válvulas y accesorios. La solución incorpora componentes esenciales como la medición del caudal y presión, lo cual ayuda a recopilar datos para luego procesarlos y obtener la gráfica coeficiente de resistencia versus caudal ( $K$  vs.  $Q$ ). Se usan tuberías de PVC, un tanque de almacenamiento, una bomba centrífuga, sensores, válvulas y accesorios. Se incorpora un sensor de caudal y sensores de presión, conectados al sistema de control mediante un microcontrolador (Arduino), junto con un software libre (Python), que permite procesar y visualizar datos en tiempo real. Finalmente, se incluye un botón de parada de emergencia para asegurar la seguridad operativa del sistema al usuario.

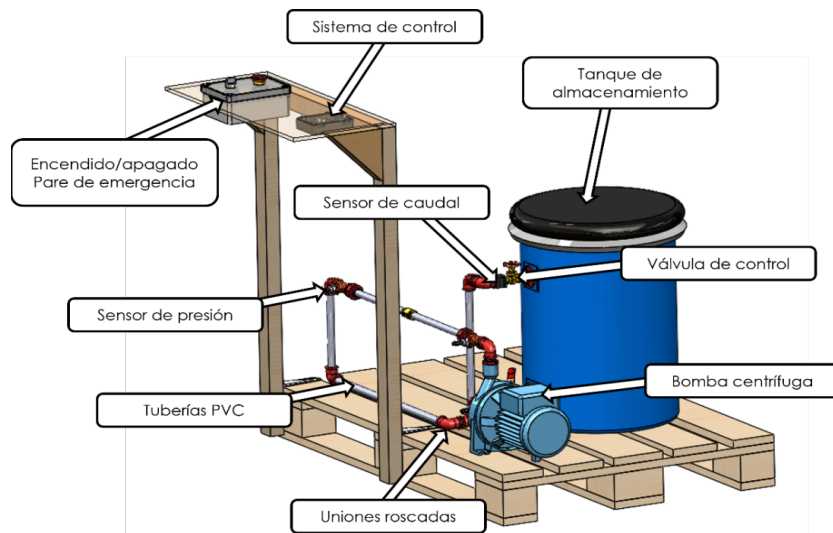


Figura 4.1. Solución planteada del diseño del banco de ensayos de válvulas y accesorios.

## 4.2.2 Elementos principales del sistema

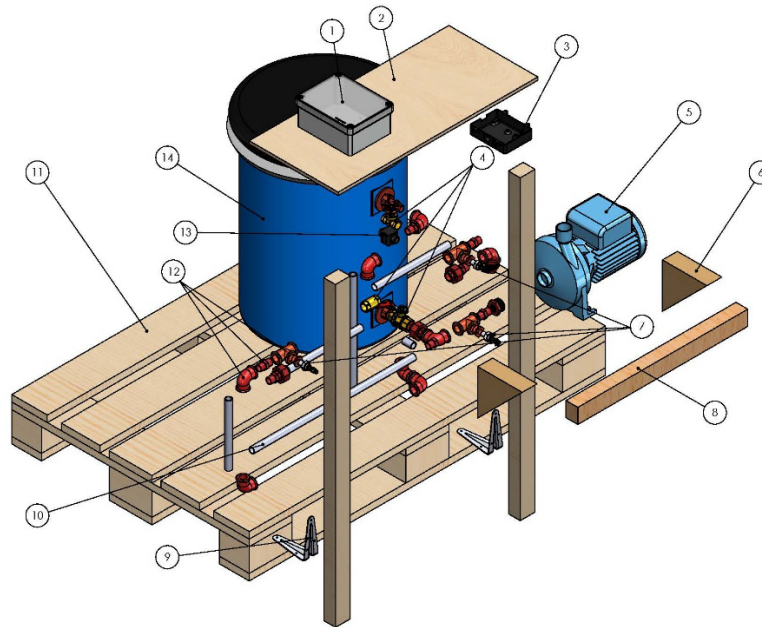


Figura 4.2. Vista isométrica explosionada de la solución planteada.

En la Tabla 4.1 se describen los componentes del banco de ensayos de válvulas y accesorios, detallando la cantidad y el material de cada una.

Tabla 4.1. Lista de componentes del banco de ensayos de bombas centrífugas

No.	Elementos	Cantidad	Material
1	Caja de interruptores	1	PVC
2	Tabla de madera	1	Roble
3	Carcasa	1	PLA
4	Válvulas de control	3	Latón
5	Bomba centrífuga	1	Acero inoxidable
6	Nervio de madera	2	Roble
7	Sensor de presión	3	Acero inoxidable
8	Liston de madera (m)	3	Roble
9	Pie de amigo	2	Acero
10	Tuberías (m)	3	PVC
11	Palet	1	Pino

12	Accesorios	34	Polipropileno
13	Sensor de caudal	1	Plástico negro
14	Tanque de almacenamiento	1	polietileno

### 4.3 Especificaciones de los componentes

A continuación, se describen cada componente que forma parte de la solución propuesta para el banco de ensayos de válvulas y accesorios.

#### 4.3.1 Selección del microcontrolador

La elección del microcontrolador es un aspecto clave, dado que será responsable de la adquisición de datos, el procesamiento de señales y la comunicación con otros dispositivos.

Para seleccionar el microcontrolador más adecuado, se consideraron los siguientes criterios:

- Debe contar con suficientes pines para conectar los sensores de presión y caudal.
- Tiene que ser capaz de leer señales tanto analógicas como digitales, realizar cálculos básicos y enviar información en tiempo real.
- Es esencial que sea compatible con herramientas de desarrollo accesibles y sencillas de implementar.
- Debe incluir una interfaz serial (UART) para transmitir datos a una computadora para su análisis y visualización.
- Se prefiere un consumo moderado para evitar sobrecargas en el sistema.
- La opción seleccionada debe ser económica y fácil de conseguir en el mercado.

#### Comparación de alternativas

Se evaluaron diversas opciones de microcontroladores, analizando sus características en la siguiente Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Comparación de microcontrolador [20], [21], [22] y [23].

Características	Arduino Uno	ESP32	Arduino Nano	Raspberry Pi 4
Pines	14 digitales 6 analógicas	34 digitales 6 analógicas	14 digitales 8 analógicas	40 digitales, sin ADC
Velocidad	16MHz	240 MHz	16MHz	1.5 GHz
Memoria RAM	2 KB	520 KB	2 KB	2 GB
Comunicación	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI, Wifi, Bluetooth	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI, Wifi, Bluetooth
Consumo energético	Bajo	Medio	Bajo	Alto
Facilidad de uso	Alta	Media	Alta	Media
Costo	Bajo	Medio	Bajo	Alto

### Justificación de la elección

Tras evaluar las diferentes opciones, se concluyó que el Arduino Uno es la mejor alternativa por las siguientes razones:

- Cuenta con los pines digitales y analógicos necesarios para conectar los sensores de presión y caudal.
- Su entorno de programación es intuitivo y cuenta con una comunidad amplia que brinda soporte.
- Es ideal para sistemas que requieren estabilidad sin un consumo energético elevado.
- Facilita la transmisión de datos a software de análisis, como Python, sin configuraciones complicadas.
- Es una opción accesible y de fácil adquisición.

Aunque el ESP32 ofrece mayor potencia de procesamiento y conectividad wifi y bluetooth, su complejidad y mayor consumo energético no lo hacen la mejor elección para este sistema.



El Arduino Nano, aunque similar al Uno, tiene menos pines, lo que podría representar una limitación.

Por otro lado, la Raspberry Pi 4, a pesar de su gran capacidad, requiere un sistema operativo y resulta innecesariamente compleja para una tarea de adquisición de datos.

#### 4.3.1.1 Arduino Uno

En la Figura 4.3 se presenta el Arduino Uno, el cual actúa como el núcleo del sistema de control y adquisición de datos. Este microcontrolador lee la información de los sensores de presión y caudal, facilitando la simulación de las condiciones de operación en tiempo real. Las especificaciones técnicas del Arduino Uno se especifican en la Tabla 4.3

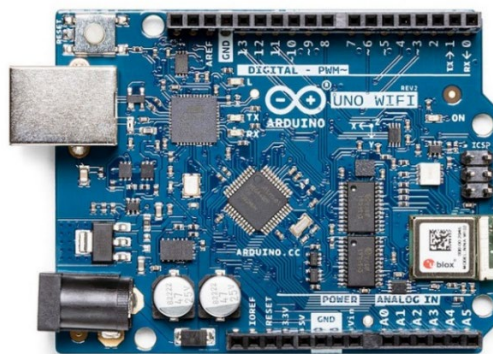


Figura 4.3. Arduino Uno.

Tabla 4.3. Especificaciones técnicas del Arduino UNO [24].

Característica	Descripción
Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de funcionamiento	5 [V]
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 [V]
Pines de E/S digitales PWM	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua por pin de E/S	20 [mA]
Memoria RAM	2 [KB] (ATmega328P)
Memoria EEPROM	1 [KB] (ATmega328P)

### **4.3.2 Selección sensor de presión**

La elección del sensor de presión es un elemento crucial, ya que su función principal será medir con exactitud la presión en diferentes puntos del sistema, lo que facilitará analizar el desempeño de los componentes en el sistema.

Para seleccionar el sensor de presión más adecuado, se consideraron los siguientes criterios:

- Debe ser suficiente para cubrir las pruebas sin riesgo de sobrepasar su límite máximo.
- Debe ser compatible con el sistema de adquisición de datos, permitiendo una integración sencilla con microcontroladores.
- Es importante que el sensor sea duradero y adecuado para trabajar con agua, aceites y gases no corrosivos.
- La medición debe ser confiable y reproducible, con un margen de error aceptable.
- Se prefiere un sensor que funcione con voltajes compatibles con el sistema sin requerir fuentes adicionales.
- La opción seleccionada debe ofrecer una buena relación calidad-precio y ser fácil de adquirir en el mercado.

Para realizar la selección del sensor de presión adecuado para el banco de ensayos de válvulas y accesorios, se llevó a cabo una comparación entre tres opciones de sensores disponibles en el país.

A continuación, se presentan las características y una justificación de la elección final:

#### **Comparación de Sensores de Presión**

Se examinaron diferentes alternativas de sensores de presión, comparando sus especificaciones en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Comparación de sensores de presión [25], [26] y [27].

No.	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
<b>Característica</b>	<b>Transductor presión sanitario zurich 10bar 4a20ma</b>	<b>Transductor sensor de presión Autonics Psan Tps30</b>	<b>Sensor transductor de presión 1/4" 1.6mpa de acero inoxidable</b>
<b>Rango de presión</b>	0 – 14,5 PSI	0 - 10 bar	0 – 1,6 MPa
<b>Señal de salida</b>	4-20 mA	4-20 mA	0,5-4,5 V
<b>Material</b>		Acero inoxidable AISI 304	Acero inoxidable
<b>Tipo de sensor</b>		Piezorresistivo	Extensométrico
<b>Temperatura del fluido</b>		-10 °C a 100 °C	0 °C a 85 °C
<b>Sobrepresión</b>		2 x fondo de escala	3,0 MPa
<b>Precisión</b>		0,1%	±1% FS
<b>Alimentación</b>	12-24 VDC	9-30 VDC	5 VDC
<b>Vida útil</b>	1 año de garantía	70 millones de ciclos	500.000 hrs
<b>Aplicaciones</b>	Aire, gas no corrosivo, líquidos, aceites	Alimentos, bebidas, productos lácteos, farmacéutico, químico	Gas, agua, aceite, aplicaciones hidráulicas y neumáticas

### Justificación de la Elección

Después de analizar las tres opciones, he decidido que el sensor 3 es el más adecuado para el desarrollo de mi banco de ensayos. A continuación, detallo los motivos de esta elección:

- **Rango de presión adecuado:** El sensor 3 tiene un rango de 0-1.6 MPa, ideal para aplicaciones industriales con presiones altas.
- **Salida analógica confiable:** Proporciona una señal de 0.5-4.5 V, facilitando lecturas precisas e integración con microcontroladores.
- **Durabilidad:** Con una vida útil de 500.000 horas, es resistente y reduce la necesidad de reemplazos frecuentes.

- **Costo accesible:** El sensor 3 es más económico comparado con los otros tipos de sensores.
- **Versatilidad:** Compatible con gases, agua y aceites no corrosivos, y fácil de integrar en sistemas hidráulicos y neumáticos.

Aunque el sensor 2 ofrece una excelente precisión (0.1%) y robustez, su alto costo y su diseño específico para procesos sanitarios lo hacen menos adecuado para este tipo de banco de ensayos. Además, la señal de salida de 4-20 mA no ofrece tanta flexibilidad como la señal analógica del sensor 3.

Por lo cual el sensor 3 es la opción que mejor se adapta a las necesidades del sistema, tanto por su costo accesible como por su capacidad para manejar rangos de presión más altos y su durabilidad, además este sensor ofrece la mejor relación entre precio y desempeño.

#### 4.3.2.1 Sensor de presión

El sensor de presión, mostrado en la Figura 4.4, proporciona datos esenciales para analizar la presión. Este dispositivo se conecta al Arduino mientras procesa los datos en tiempo real, lo que facilita el cálculo de parámetros como la pérdida de presión y el coeficiente de resistencia en válvulas. Sus especificaciones técnicas se detallan en la Tabla 4.5.



Figura 4.4. Sensor transductor de presión 1/4" 1.6 [MPa] 232psi de acero inoxidable.

Tabla 4.5. Especificaciones del sensor de presión [27].

Característica	Especificación
Voltaje de trabajo	5 [V]
Voltaje de salida	0,5-4,5 [V]
Corriente de trabajo	< 10 [mA]
Rango de presión de trabajo	0 ~ 1,6 [MPa] (0-232 [PSI])
Presión máxima	1,5 [MPa]
Presión de destrucción	3,0 [MPa]
Temperatura	0 ~ 85 °C
Error de rango de temperatura	± 5% FSO
Tiempo de respuesta	< 0 ms
Vida útil	500.000 [hrs]

### 4.3.3 Selección sensor de caudal

La elección del sensor de caudal es un aspecto fundamental puesto que debe permitir medir con precisión el flujo de agua a través del sistema, lo cual es esencial para calcular el coeficiente de resistencia de las válvulas.

Para seleccionar el sensor de caudal más adecuado, se consideraron los siguientes criterios:

- Debe ser suficiente para cubrir las pruebas sin riesgo de que el flujo supere los límites del sensor.
- Es importante que la medición sea confiable y tenga un margen de error aceptable.
- Debe generar una señal compatible con el sistema de adquisición de datos, preferiblemente en forma de pulsos.
- El sensor debe soportar la presión máxima del sistema sin riesgo de fallas.
- Debe ser capaz de trabajar en un rango de temperaturas adecuado para el sistema de ensayo.
- Se prefiere un sensor construido con materiales resistentes a la corrosión y al desgaste.

- La opción seleccionada debe ofrecer una buena relación calidad-precio y ser fácil de adquirir en el mercado.

### Comparación de Sensores de Caudal

Se evaluaron varias opciones de sensores de caudal, analizando sus características en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Comparación de sensores de caudal [28], [29] y [30].

Característica	Sensor de caudal FS300A	Sensor de caudal GreenIQ	Sensor de caudal YF-S403
<b>Rango de flujo</b>	1 - 60 L/min	2 - 60 L/min	1 - 30 L/min
<b>Precisión</b>		±10%	±10%
<b>Voltaje de operación</b>	3,5V – 24V DC	2,4V – 26V DC	5V – 15V DC
<b>Salida</b>	Pulsos (Efecto Hall)	Pulsos (Efecto Hall)	Pulsos (Efecto Hall)
<b>Presión máx.</b>	1,2 MPa	1 MPa	>1,75 MPa
<b>Temperatura máx.</b>	80 °C	80 °C	80 °C
<b>Material</b>	Plástico	Nylon + Fibra de Vidrio	
<b>Funciones adicionales</b>	Ninguna	Monitoreo en app y detección de fugas	Sensor de temperatura integrado
<b>Disponibilidad</b>	Ecuador	España	España
<b>Costo</b>	\$50	\$75	\$80

### Justificación de la Elección

Luego de analizar las características de cada sensor, el FS300A fue seleccionado como el sensor de caudal ideal para el banco de ensayos por las siguientes razones:

- Amplio rango de medición (1-60 L/min), lo que permite realizar pruebas en distintos niveles de caudal sin limitaciones.

- Alta compatibilidad con Arduino y otros microcontroladores, gracias a su señal de salida de pulsos y su rango de voltaje flexible (3,5V - 24V DC).
- Buena resistencia a la presión (1.2 MPa), lo que es suficiente para las condiciones del banco de ensayos.
- Costo accesible \$50 y disponibilidad en Ecuador, evitando costos adicionales de importación.

Si bien el YF-S403 destaca por su capacidad para medir temperatura y soportar mayor presión (>1.75 MPa), su menor rango de flujo (1-30 L/min) podría ser una limitación. Por otro lado, el GreenIQ ofrece monitoreo en una aplicación, pero su precisión y funcionalidad no justifican su precio más alto. Por estos motivos, el sensor FS300A es la mejor opción.

#### 4.3.3.1 Sensor de caudal

El sensor de caudal, ilustrado en la Figura 4.5, proporciona datos esenciales sobre el caudal en el banco de ensayos, permitiendo el cálculo de parámetros como el coeficiente de resistencia de válvulas. Este dispositivo mide el flujo de agua y envía los datos al Arduino, que los procesa en tiempo real. Las especificaciones técnicas se aprecian en la Tabla 4.7.



Figura 4.5. Sensor de caudal FS300A 3/4" 1-60 [l/min]

Tabla 4.7. Especificaciones del sensor caudal [28].

Característica	Especificación
Modelo	FS300A
Voltaje de operación	5 – 24 [V] DC
Consumo de corriente	15[mA] (5 [V])
Capacidad de carga	10mA (5 VDC)
Salida	Onda cuadrada pulsante
Rango de flujo	1-60 [L/min]
Volumen promedio por pulso	3.03 [mL]
Pulsos por litro	330
Factor de conversión	5.5
Rosca externa	3/4" NPS
Presión de trabajo máx.	1.2 [MPa] (12 bar)
Temperatura de funcionamiento	-25°C a 80°C
Material	Plástico color negro

#### 4.3.4 Válvulas

A continuación, se describen las válvulas utilizadas en el banco de ensayos de válvulas y accesorios, destacando su función y su relevancia dentro del sistema.

##### 4.3.4.1 Válvula de compuerta

La válvula de compuerta se utiliza para regular el caudal en el sistema, permitiendo observar en la gráfica cómo varía el coeficiente de resistencia conforme el caudal se aproxima al máximo. Su diseño, ilustrado en la Figura 4.6, permite un flujo continuo, facilitando la observación de cambios en el comportamiento del sistema. Las especificaciones técnicas se detallan en la Tabla 4.8.





Figura 4.6. Válvula de compuerta de 3/4".

Tabla 4.8. Especificaciones de la válvula de compuerta [31].

Característica	Especificación
Material	Cuerpo de Latón, Manija de Aluminio
Roscas	3/4" x 14 NPT
Apertura	Tornillo sin fin, sistema de compuerta
Presión de agua recomendada	20 psi (140 kPa) a 125 psi (860 kPa)
Consumo mínimo de agua	49 litros por minuto a 20 psi (140 kPa), caudal no definido en la norma NTE-INEN 3123
Vida útil del cartucho	2.000 ciclos

#### 4.3.4.2 Válvula de bola

La válvula de bola es ideal para iniciar o detener el flujo de manera rápida y eficiente. Su diseño, mostrado en la Figura 4.7, garantiza un cierre hermético, siendo esencial en aplicaciones que requieren control inmediato. Las especificaciones técnicas se encuentran en la Tabla 4.9.



Figura 4.7. Válvula de bola de 3/4".

Tabla 4.9. Especificaciones de la válvula de bola [32].

Característica	Especificaciones
Material	Cuerpo de Latón, Manilla de aluminio
Peso	192 g
Roscas	3/4" x 14 NPT conexión de agua
Apertura	1/4 de vuelta sistema esférico
Presión de agua recomendada	20 psi (140 kPa) a 125 psi (860 kPa)
Consumo mínimo de agua	36 litros por minuto a 20 psi (140 kPa)

#### 4.3.4.3 Válvula check

La válvula check, como se muestra en la Figura 4.8, se utilizó para calcular el coeficiente de resistencia en el banco de ensayos. Este cálculo ayuda a visualizar cómo se comporta el flujo en distintas situaciones, cuando existen cambios de presión y caudal. Las especificaciones técnicas se presentan en la Tabla 4.10.



Figura 4.8. Válvula check de 3/4".

Tabla 4.10. Especificaciones de la válvula check [33].

Característica	Especificaciones
Sello	PTFE (Teflón)
Cuerpo	Bronce fundido
Tuerca y resorte	Acero inoxidable
Vástago	Latón
Conexión	Rosca NPT
Presión de trabajo	250 PSI

Plato	Latón
Temperatura máxima de operación	150° C
Medida	3/4"
Peso	0.22 kg
Alto total	54 mm

### 4.3.5 Accesorios

En esta sección, se detallan los componentes utilizados en el banco de ensayos de válvulas y accesorios, resaltando su propósito y su contribución al funcionamiento del sistema.

#### 4.3.5.1 Tee

La Tee, como se aprecia en la Figura 4.9a, se utilizó para la instalación del sensor de presión en el banco de ensayos, empleando un reductor buje para su correcta adaptación, como se muestra en la Figura 4.9b. Esta configuración permite medir la presión en el sistema sin afectar significativamente el flujo.



Figura 4.9. Tee R/R polipropileno 3/4\"/>

#### 4.3.5.2 Codo 90°

Para facilitar el cambio de dirección del flujo dentro del sistema y así distribuir los componentes de manera eficiente. Su estructura, ilustrado en la Figura 4.10, permite una conducción óptima del fluido sin afectar significativamente la presión.



**Figura 4.10. Codo PP R/R 3/4 x 90°**

#### **4.3.5.3 Unión universal**

Para acoplar diferentes tramos de tubería de manera segura y flexible. Su modelo, mostrado en la Figura 4.11, permite una fácil instalación y desmontaje, facilitando el mantenimiento y la reorganización del sistema.



**Figura 4.11. Unión universal roscable h 3/4".**

#### **4.3.5.4 Neplo con tuerca**

El neplo con tuerca, como se aprecia en la Figura 4.12, se usó para fusionar de manera confiable las conexiones entre accesorios, asegurando el funcionamiento óptimo del sistema.



Figura 4.12. Neplo R/R PP 3/4" con tuerca.

#### 4.3.5.5 Adaptador tanque

Para unir el tanque de almacenamiento, asegurando una conexión segura y resistente. Su diseño, como se observa en la Figura 4.13, mantiene la integridad del sistema sin pérdida de presión, permitiendo un flujo eficiente del fluido.

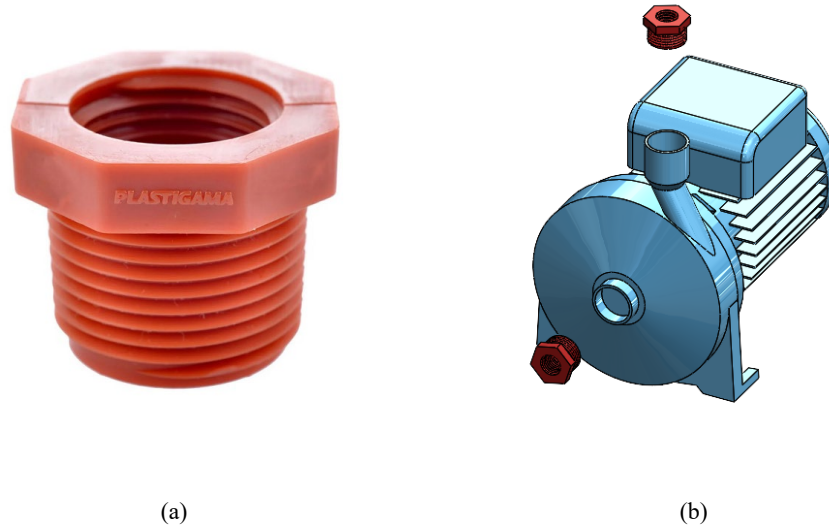


Figura 4.13. Adaptador tanque polipropileno 3/4".

##### 4.3.5.5.1 Reductor buje

El reductor buje, como se muestra en la Figura 4.14a, se utilizó para ensamblar la Tee de 3/4"x 1/2", el reductor buje de 1/2" a 1/4" con el sensor de presión, como se observa en la Figura 4.9b. Además, se utilizó en la bomba para adaptar los diámetros de succión y descarga, reduciendo de

1" a 3/4" como se distingue en la Figura 4.14b, así garantizando una conexión eficiente entre los componentes del sistema.



**Figura 4.14. Reductor buje: (a) forma física y (b) forma de ensamble de reductor en la bomba centrífuga**

Las fichas técnicas de los accesorios se pueden visualizar en el A.1

#### **4.3.6 Tubería PVC**

Permite una conexión segura con los demás componentes del sistema, como se muestra en la Figura 4.15, garantiza resistencia y durabilidad. En el A.2 se pueden apreciar su ficha técnica.



**Figura 4.15. Tubo PVC 3/4\"**

### 4.3.7 Bomba centrífuga

La bomba centrífuga, como se muestra en la Figura 4.16, genera el movimiento del fluido a través del sistema, asegurando un caudal estable y la presión necesaria para las pruebas. Su modelo compacto y eficiencia la hacen adecuada para el funcionamiento del sistema, permitiendo evaluar el comportamiento de las válvulas y accesorios en diferentes condiciones de operación. Su ficha técnica se puede apreciar en el A.3.



Figura 4.16. Bomba 1/2 HP Pedrollo PKM60 1"x1"

### 4.3.8 Teflon

El teflon, como se muestra en la Figura 4.17 se utilizó en el banco de ensayos como material de sellado para las conexiones roscadas. Su aplicación garantiza una unión hermética entre los componentes del sistema, evitando fugas y asegurando la correcta operación. En el A.4 se puede visualizar su ficha técnica.



Figura 4.17. Teflon.

### 4.3.9 Terraaja

Sirve para la elaboración de roscas en las tuberías y accesorios de PVC, como se observa en la Figura 4.18. Esto permite una conexión firme y segura entre los distintos elementos del sistema, facilitando el montaje de los componentes. Su ficha técnica se muestra en A.5



Figura 4.18. Terraaja de 3/4".

### 4.3.10 Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento, ilustrado en la Figura 4.19 se utilizó para contener y suministrar el fluido en el banco de ensayos. Su material resistente a la corrosión y su capacidad de 60 litros garantizan un adecuado funcionamiento del sistema, permitiendo la recirculación del fluido durante las pruebas. En el A.6 se muestra su ficha técnica.



Figura 4.19. Tanque de almacenamiento de 60 litros.



### 4.3.11 Palet

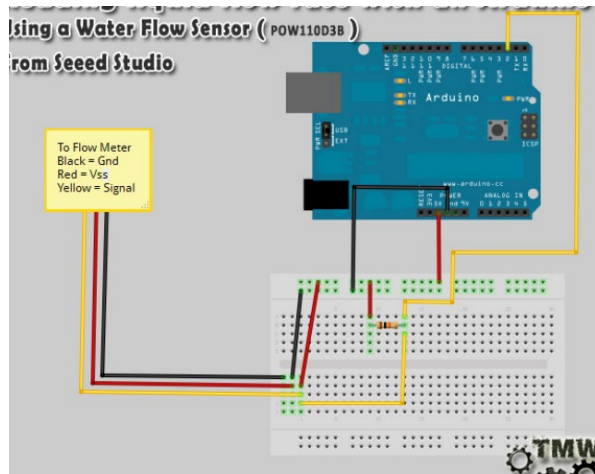
Sirve como base estructural para el montaje del banco de ensayos, proporcionando estabilidad y facilitando la organización de los componentes, como se muestra en la Figura 4.20. Su diseño permite el transporte y manipulación segura del sistema, asegurando una disposición eficiente de los elementos. Su ficha técnica se ve en el A.7.



Figura 4.20. Palet de 1200x800 [mm].

### 4.3.12 Resistencia y borneras

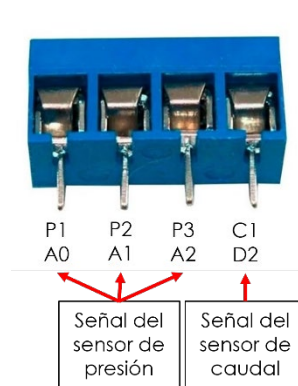
La resistencia es necesaria para garantizar que la señal del sensor sea estable y precisa, evitando problemas de ruido eléctrico que podrían afectar la medición del flujo de agua, en la Figura 4.21a se muestra su conexión con el Arduino. La bornera de dos pines se utilizó para la entrada de positivo y negativo, como se observa en la Figura 4.21b, mientras que la bornera de 4 pines se utilizó para la señal de la presión 1, 2, 3 y la señal del sensor de caudal, como se muestra en la Figura 4.21c.



(a)



(b)



(c)

Figura 4.21. Componentes: (a) conexión de la resistencia con el Arduino, (b) bornera 2 pines y (c) bornera de 4 pines.

### 4.3.13 Placa perforada

Para proporcionar soporte y permitir el montaje seguro de los componentes electrónicos. Sus perforaciones facilitan la fijación de los elementos, garantizando estabilidad y organizando eficientemente el espacio en el banco de ensayos, como se muestra en la Figura 4.22.



Figura 4.22. Placa perforada 120x100 [mm].

#### 4.3.14 Caja de control, botón de parada de emergencia y botón selector

Para garantizar la seguridad y el control del sistema, se incorporó una caja de control donde se encuentran instalados el botón de parada de emergencia y el botón selector, como se ve en la Figura 4.23. El botón de emergencia permite detener el funcionamiento del banco de ensayos de forma inmediata en caso de ser necesario, mientras que el botón selector facilita la elección del modo de operación del sistema, asegurando un manejo eficiente y seguro del equipo, sus especificaciones se pueden visualizar en el A.8.



Figura 4.23. Caja de control.

#### 4.3.15 Programa

En el Arduino se realizaron los cálculos de las pérdidas de carga y el coeficiente de resistencia, donde el Arduino ayuda a imprimir los datos del coeficiente de resistencia (K) y el caudal (Q), los cuales se recopilan en Visual Studio Code (Python). En este entorno se recopilan los datos de K y

Q para luego graficarlos, obteniendo una gráfica de K vs. Q. Además, el caudal se puede ver en tiempo real, como se parecía en la Figura 4.24, lo que permite visualizar y analizar los cambios en el sistema mientras las pruebas están en curso, el cual garantiza un análisis preciso del comportamiento del sistema durante las pruebas.

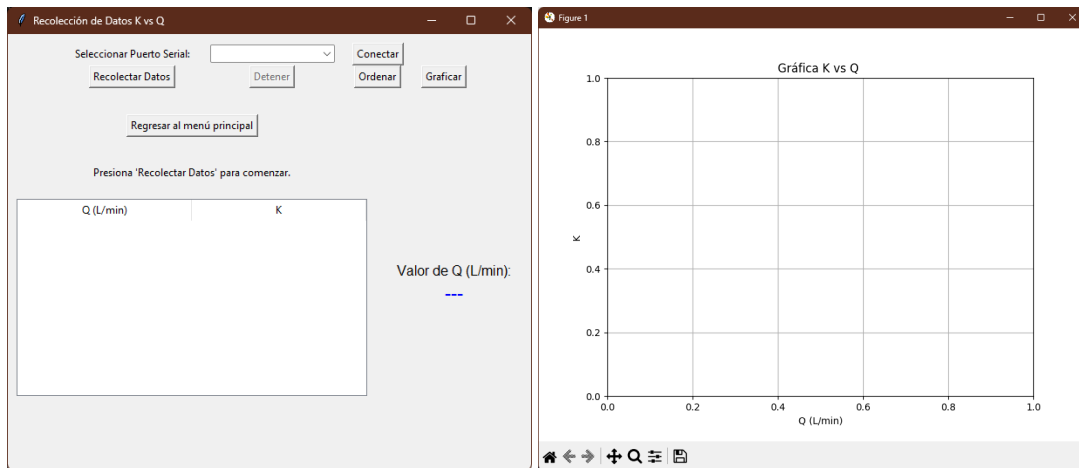


Figura 4.24. Interfaz del programa con su grafica.

#### 4.3.16 Diagrama de conexión de los componentes

El diagrama de conexión de los componentes, como se muestra en la Figura 4.26, ilustra la disposición y conexión de los sensores y el microcontrolador. En este diagrama, la resistencia de pull-up ( $R1$  de  $10k\Omega$ ), como se muestra en la Figura 4.25, es esencial para garantizar que las señales de los sensores sean estables y precisas, evitando posibles interferencias o estados flotantes que podrían afectar la medición del flujo y la presión, este tipo de conexión de la resistencia de pull-up es recomendada por el fabricante para asegurar el rendimiento óptimo de los sensores. La bornera de dos pines se utiliza para la conexión de los pines de alimentación positiva y negativa de los sensores.

Además, la bornera de 4 pines permite la conexión de las señales de los sensores de presión 1, 2, 3 y la señal del sensor de caudal. Este esquema asegura que el flujo de datos y energía entre los

sensores y el microcontrolador sea adecuado, garantizando el correcto funcionamiento del sistema y facilitando la identificación de cualquier fallo o ajuste necesario durante el proceso de pruebas.

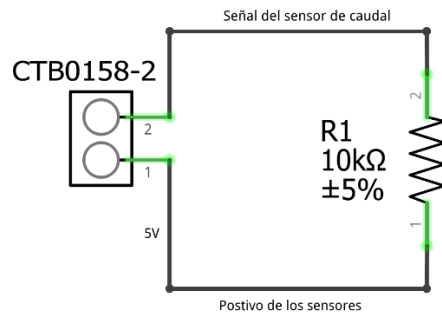


Figura 4.25. Configuración en pull-up.

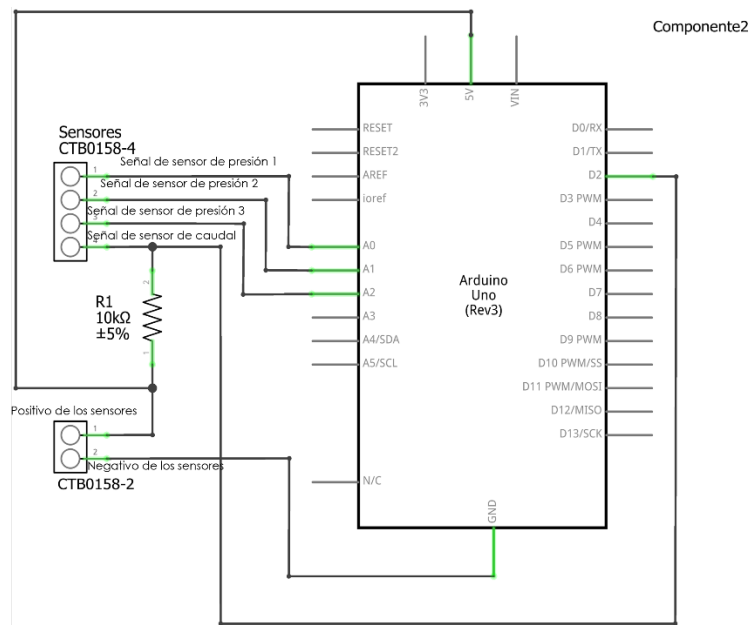


Figura 4.26. Diagrama de conexiones.

#### 4.3.17 Cálculos del coeficiente de resistencia

El cálculo del coeficiente de resistencia (K) en el banco de ensayos se realizó a través de una serie de ecuaciones derivadas de la ecuación de energía. Inicialmente, partimos de la Ecuación 2.2, que describe el balance de energía entre dos puntos del sistema:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + h_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_L$$

donde

$P$  = presión del fluido en los puntos 1 y 2 [Pa].

$\gamma$  = Peso específico del fluido  $\left[\frac{\text{N}}{\text{m}^3}\right]$ .

$v$  = velocidades del fluido en los puntos 1 y 2  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]$ .

$Z$  = altura del fluido por encima de un nivel de referencia en los puntos 1 y 2 [m].

$g$  = Aceleración debida a la gravedad  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]$ .

$h_B$  = Energía que se agrega al fluido [Bomba].

$h_L$  = Pérdida de energía por fricción (tuberías, accesorios y válvulas) [m].

En el caso las velocidades  $v_1$  y  $v_2$  se consideraron iguales, lo que permitió simplificar la ecuación y eliminar los términos de velocidad, así como los términos de altura  $Z_1$  y  $Z_2$ , dejando solo la siguiente expresión para la pérdida de carga ( $h_L$ ):

$$h_L = \frac{P_1 - P_2}{\rho * g} \quad \text{o} \quad h_L = \frac{\Delta P}{\gamma}$$

Ecuación 4.1.

donde

$\Delta P$  = Presion 1 – Presion 2 [Pa].

$\rho$  = Densidad del agua  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$ .

Luego, se utilizó la Ecuación 2.7 para representar la relación entre la pérdida de carga y la velocidad del flujo:

$$h_L = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

donde

$K$  = Coeficiente de resistencia [adimensional]

$v$  = velocidad promedio del fluido  $\left[\frac{m}{s}\right]$

Al sustituir  $h_L$  de la Ecuación 4.1 en la Ecuación 2.7, obtenemos esta ecuación, que permite calcular el coeficiente de resistencia ( $K$ ):

$$K = \frac{(P_1 - P_2) * 2 * g}{\rho * g * v^2} \text{ o } K = \frac{\Delta P * 2 * g}{\gamma * v^2} \text{ o } K = h_L * \frac{2 * g}{v^2} \quad \text{Ecuación 4.2.}$$

Para el cálculo del flujo de área se utiliza se hace uso de esta fórmula [15]:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{Ecuación 4.3.}$$

donde

$A$  = Flujo de area [ $m^2$ ]

$D$  = Diametro de la tubería [m]

Tenemos una tubería PVC de 3/4" (0,01905 m), se utiliza la Ecuación 4.3

$$A = 2,85 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

Calculamos la velocidad con la siguiente formula [15]

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación 4.4.}$$

donde

$v$  = velocidad promedio del fluido  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$Q$  = Flujo volumétrico  $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

$A$  = Flujo de area  $[m^2]$

El dato de la presión 1 y presión 2 a un caudal de  $5 \frac{L}{min}$  se obtiene del monitor serial del Arduino, como se aprecia en la Figura 4.27.

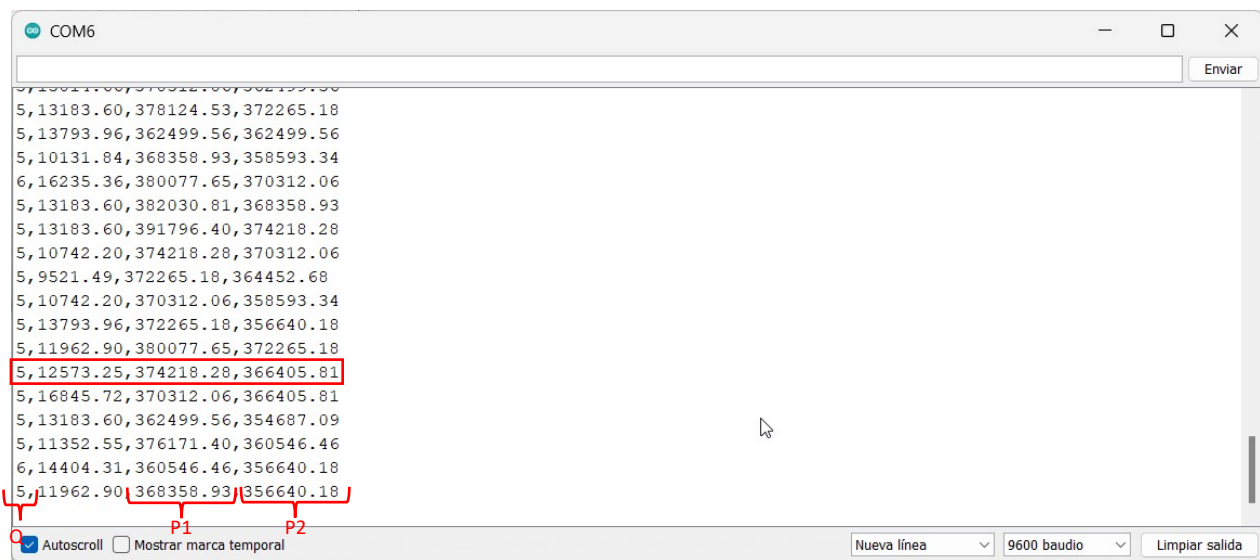


Figura 4.27. Lectura del monitor seria de los sensores.

Contamos con un caudal al mínimo de la bomba de  $5 \frac{L}{min}$  ( $8,33 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$ ) y teniendo el valor del flujo de área, tenemos que

$$v_{min} = 0,29 \frac{m}{s}$$

Con los valores obtenidos podemos calcular el valor de  $K$  al mínimo del caudal, haciendo uso de la Ecuación 4.2

Si,  $P_{1minQ} = 374218.28 \text{ Pa}$ ;  $P_{2minQ} = 366405.81 \text{ Pa}$ ;  $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$ ;  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ ;



$$v_{\min Q} = 0,29 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ y } A = 2,85 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$K_{\min} = 185,97$$

El dato de la presión 1 y presión 2 a un caudal  $40 \frac{\text{L}}{\text{min}}$  se obtiene del monitor serial del Arduino, como se aprecia en la Figura 4.28.

```

40,4638.67,118359.24,91015.51
40,5249.03,120312.35,89062.39
40,5249.03,110546.75,89062.39
40,3417.97,114453.00,87109.27
40,5859.38,124218.60,91015.51
40,2197.27,106640.30,89062.39
40,4028.32,114453.00,89062.39
40,5859.38,126171.72,89062.39
40,4028.32,110546.75,89062.39
40,2807.62,116406.11,92968.64
40,3417.97,124218.60,91015.51
40,2197.27,104687.36,91015.51
  
```

Figura 4.28. Lectura del monitor serial de los sensores.

Contamos con un caudal al máximo de la bomba de  $40 \frac{\text{L}}{\text{min}}$  ( $6,67 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ ) y teniendo el valor del flujo de área, tenemos que

$$v_{\max} = 2,34 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

y también calculamos el valor de K al máximo del caudal, haciendo uso de la Ecuación 4.2

Si,  $P_{1\max Q} = 116406,11 \text{ Pa}$ ;  $P_{2\max Q} = 92968,64 \text{ Pa}$ ;  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;

$$v_{\max Q} = 2,34 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ y } A = 2,85 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$K_{\max Q} = 8,56$$

## 4.4 Programación

El sistema se programa utilizando dos lenguajes clave: Arduino (basado en C/C++) para controlar el microcontrolador y Python para gestionar la interfaz gráfica y el análisis de datos. A continuación, se detalla cómo se estructura la programación integrando los distintos componentes.

### 4.4.1 Software de programación

El código del microcontrolador se desarrolla en el software Arduino IDE, una plataforma sencilla y ampliamente utilizada para programar placas Arduino. Este software permite escribir, compilar y cargar el código en el microcontrolador de manera eficiente. La Figura 4.29 muestra su interfaz gráfica.

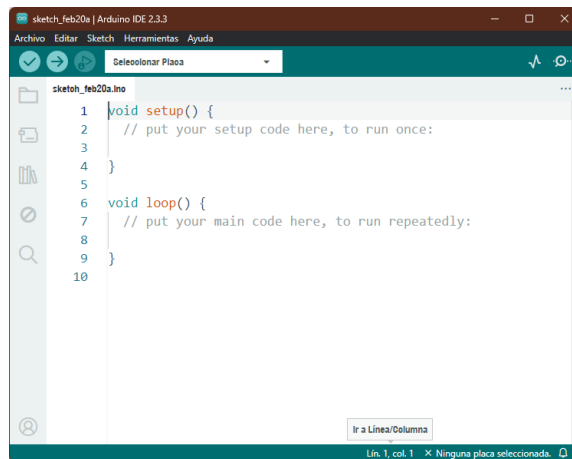


Figura 4.29. Interfaz del software Arduino IDE.

Además, para la escritura y organización del código en Python, se utiliza Visual Studio Code, un editor de código versátil que ofrece diversas herramientas para la programación. En la Figura 4.30 se muestra su interfaz.

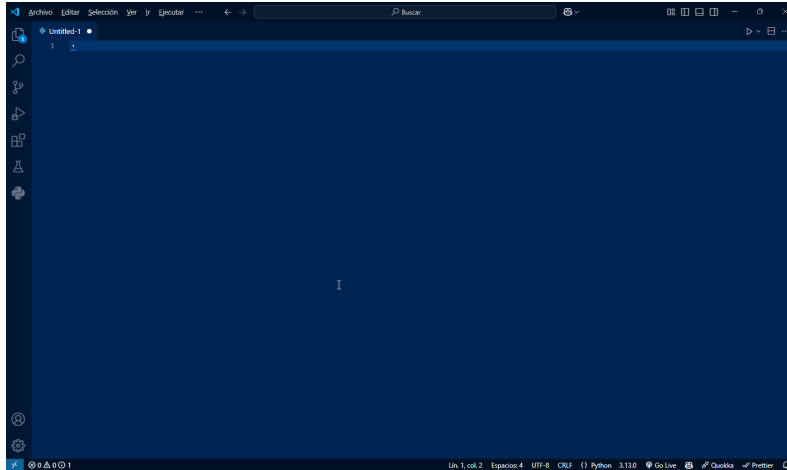


Figura 4.30. Interfaz del software Visual Studio Code (Python).

#### 4.4.2 Incorporación de librerías

El Arduino como Python son plataformas de código abierto, su extensa variedad de librerías facilita y agiliza el proceso de la programación. A continuación, se describen las librerías utilizadas en la programación:

- Tkinter: Es la librería estándar de Python para crear interfaces gráficas de usuario (GUI).
- Matplotlib: Se utiliza para generar gráficos y visualizar datos de forma efectiva.
- NumPy: Permite realizar cálculos numéricos y ajustes polinómicos de manera eficiente.
- Serial: Facilita la comunicación serial entre Python y Arduino, permitiendo el intercambio de datos.
- PIL (Pillow): Se emplea para manejar imágenes, como el logo de la universidad que aparece en la interfaz gráfica.

En el caso de Arduino, no fue necesario utilizar librerías adicionales, ya que solo se encarga de recopilar los datos de los sensores. Estas librerías presentadas son utilizadas para tareas específicas, lo que ayuda a acelerar el proceso de programación y realizarlo de manera más sencilla.

### 4.4.3 Diagrama de flujo

Tras el desarrollo de la programación, mediante el diagrama de flujo visualizada en la Figura 4.31, el cual destaca la interacción entre Arduino y Python, así como el proceso de recolección, procesamiento y visualización de los datos.

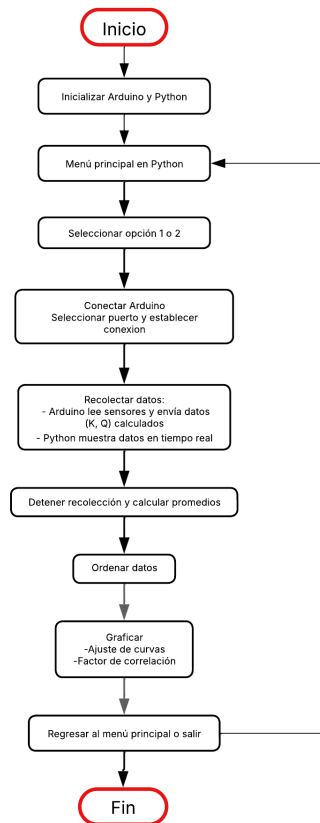


Figura 4.31. Diagrama de flujo del programa.

### 4.5 Diseño y ensamble de la carcasa

El diseño de la carcasa tiene en cuenta las dimensiones máximas que puede manejar una impresora 3D estándar, que son 210x210x220 [mm]. Para la impresión de la carcasa, se optó por el filamento PLA debido a sus propiedades de resistencia, como se detalla en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Propiedades del PLA.[34]

Propiedades físicas	Valor Típico	Unidades	Método de Prueba
<b>Nombre químico</b>	Ácido poliláctico		
<b>Densidad de material</b>	1,24	g/cm <sup>3</sup>	ISO 1183
<b>Resistencia de tracción a la rotura</b>	50	MPa	D882
<b>Resistencia a la tracción</b>	60	MPa	D882
<b>Módulo de tracción</b>	3,5	GPa	D882
<b>Alargamiento a la tracción</b>	6	%	D882
<b>Fuerza flexible</b>	83	MPa	D790
<b>Módulo de flexión</b>	3,8	GPa	D790
<b>Temperatura de distorsión térmica (0,45 MPa)</b>	55	°C	E2092
<b>Temperatura de impresión</b>	200-240	°C	
<b>Cama</b>	0-60	°C	
<b>Ventilador</b>	Encendido (100%)		

#### 4.5.1 Software de modelado

El modelado de las distintas partes del dispositivo se llevó a cabo utilizando el software SolidWorks 2025, que ayuda a la creación de piezas en 3D. El diseño del componente se realizó en un archivo, tal como se muestra en la Figura 4.32a. También puede apreciarse la vista explosionada de su ensamble con los componentes electrónicos, como se ilustra en la Figura 4.32b.

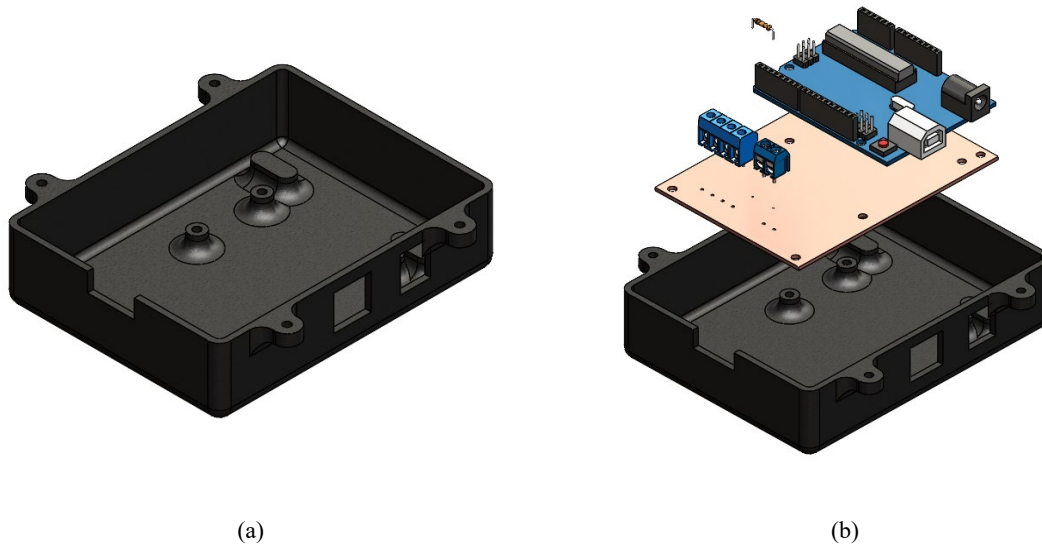


Figura 4.32. Diseño del componente en SolidWorks 2025: (a) diseño de la carcasa y (b) vista explosionada de la carcasa con sus componentes electrónicos.

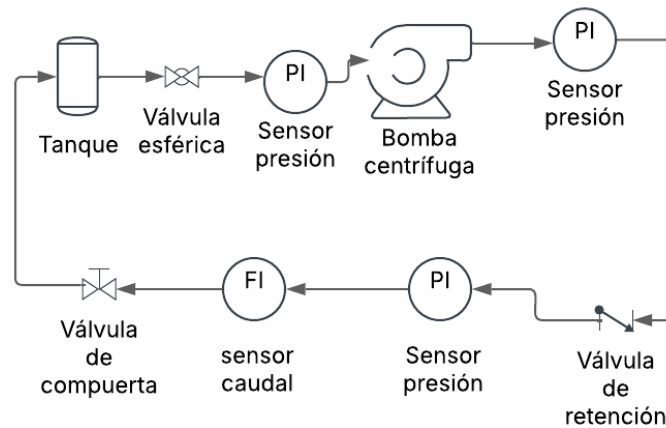
#### 4.5.2 Montaje y funcionamiento

En la Figura 4.33 se muestran los distintos componentes que serán ensamblados para la construcción del banco de ensayos de válvulas y accesorios.



Figura 4.33. Componentes del sistema del banco de ensayos de válvulas y accesorios.

Se uso un diagrama P&ID (Diagrama de tuberías e instrumentación) que sirve como guía de cómo se conectara el sistema, el cual representara de manera esquemática la circulación del fluido en el banco de ensayos de válvulas y accesorios, como se muestra en Figura 4.34.



**Figura 4.34. Diagrama de P&ID del banco de ensayos de válvulas y accesorios.**

Una vez obtenidos los componentes se llevó a cabo el ensamble de los componentes, empleando cinta de teflón para mejorar la unión entre componentes. Además, se utilizó una terraja para generar las roscas en la tubería, permitiendo un acople preciso y seguro entre las conexiones. Este proceso garantizó un ensamble eficiente, como se observa en la Figura 4.35.



**Figura 4.35. Montaje de los componentes**

Posteriormente, el sistema fue montado sobre un palet, asegurando la bomba con pernos para garantizar su estabilidad. Además, las tuberías fueron fijadas con abrazaderas para minimizar las vibraciones y evitar desplazamientos no deseados.

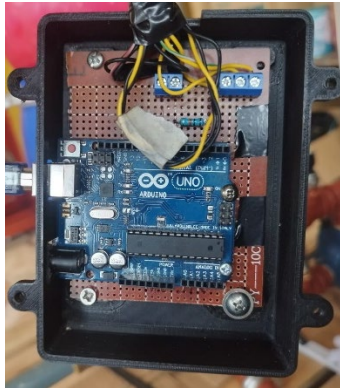
Se incorporó una caja de pase que incluye un botón de parada de emergencia y un selector switch de control, permitiendo una operación segura del sistema. Adicionalmente, se añadieron canaletas para organizar el cableado y evitar interferencias entre los cables, asegurando un montaje más limpio y eficiente. Este procedimiento contribuye a la seguridad y correcto funcionamiento del banco de ensayos, como se visualiza en la Figura 4.36.



**Figura 4.36. Montaje del sistema en el palet.**

Todos los componentes electrónicos se colocaron en la carcasa, como se muestra en la Figura 4.37a, además la carcasa se aseguró en el soporte con tornillos, como se aprecia en la Figura 4.37b.





(a)



(b)

Figura 4.37. Montaje: (a) montaje de componentes electrónicos en la carcasa y (b) montaje de la carcasa en el soporte.

### 4.5.3 Funcionamiento

Primero se comenzó con la verificación del sensor de caudal, utilizando el siguiente cálculo:

$$\frac{1L \times 60s}{5L} = 12s$$

Se utiliza un caudal de 5 litros/minuto como referencia del dato del Arduino, como se aprecia en la Figura 4.38. Por lo tanto, este cálculo indica que en 12 segundos debe llenarse un envase de 1 litro.

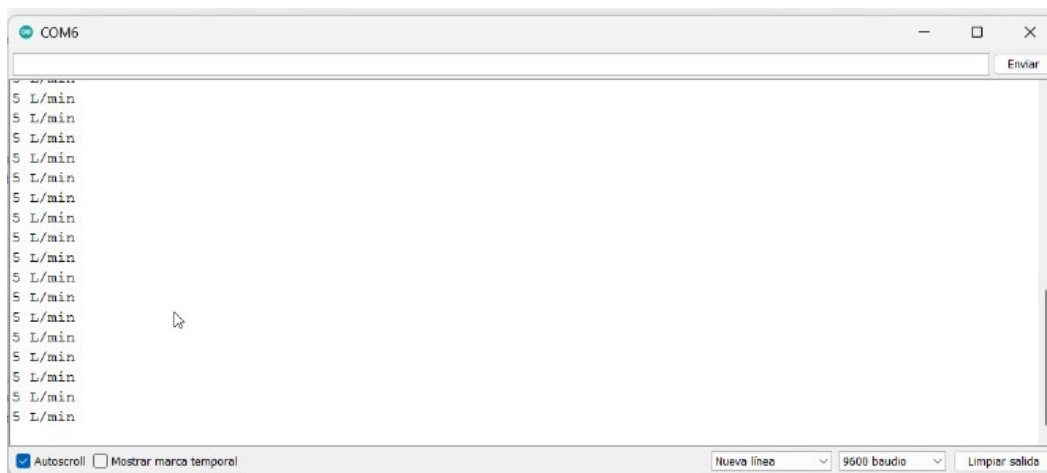
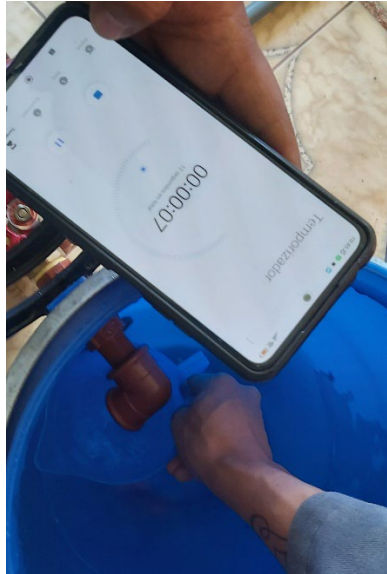


Figura 4.38. Monitor serie del caudal.

Se procedió a colocar el envase en la salida de la bomba, asegurándose de que estuviera en posición cuando se encendiera la bomba, para así verificar el caudal, como se observa en la Figura 4.39.



**Figura 4.39. Verificación del caudal en 12 segundos.**

Después de que transcurrieran los 12 segundos, se pudo observar en el envase que efectivamente se llenó con 1 litro, como se muestra en la Figura 4.40.



**Figura 4.40. Verificación exitosa del caudal.**

Esto se verifica por medio del criterio de Nyquist-Shannon donde nos dice que, para digitalizar una señal sin pérdida de información, la frecuencia de muestreo debe ser por lo menos el doble de la frecuencia máxima presente en la señal.

Por lo tanto, si esto no se cumple producirá aliasing, o en otras palabras una señal distorsionada o valores que no coincidirían.[35]

Si tenemos un caudal máximo es 60 L/min y la sensibilidad del sensor es de 5,5 Hz/(L/min), la frecuencia máxima de salida sería aproximadamente

$$f_{max} = 60 \frac{L}{min} \times 5,5 \frac{Hz}{\frac{L}{min}} = 330Hz$$

Por lo cual, la frecuencia de muestreo mínima debería ser

$$f_s \geq 2 \times 330Hz = 660Hz$$

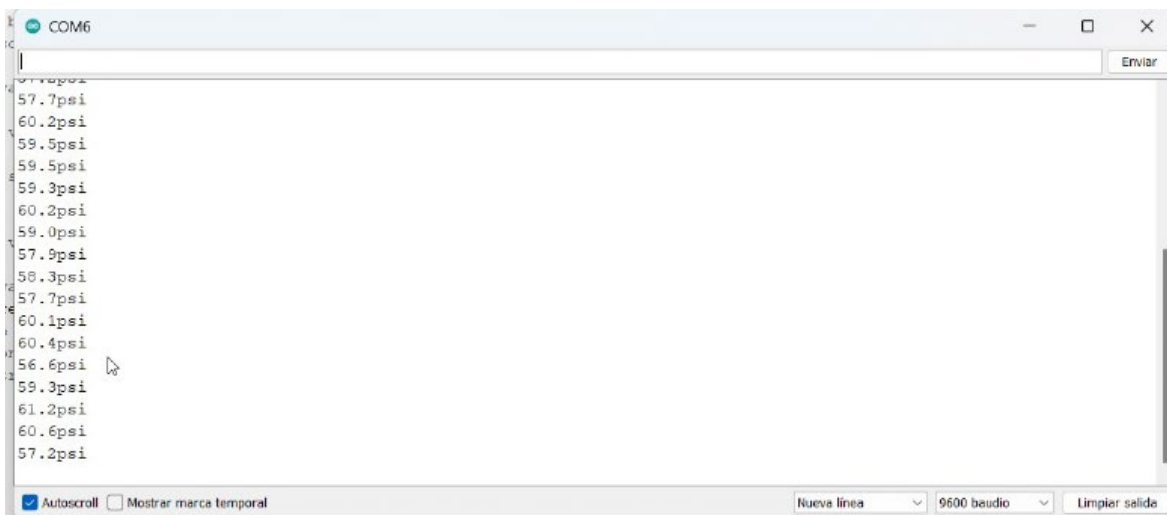
En conclusión, para que los datos obtenidos sean precisos y no haya interferencias de ningún tipo de ruido es recomendable muestrear a 1kHz o un delay de 1000 segundos en la programación del Arduino para la toma de datos, si se hace menor a este valor podría superar el mínimo teórico y permitiría un margen ruido o componentes no deseadas para filtrar datos.[36]

La segunda prueba se realizó la verificación del sensor de presión si funcionaba de manera correcta, hacemos de manera convencional colocando un manómetro en el accesorio para ver el valor nos da a un caudal máximo, como se aprecia en la Figura 4.41.



**Figura 4.41. Lectura del manómetro.**

En la Figura 4.41, se observa que el manómetro muestra una lectura cercana a los 50 psi. Por lo tanto, se procede a desmontar el manómetro y conectar el sensor para verificar si el valor registrado por el manómetro es correcto. Utilizando el software de Arduino, se observa en el monitor serie que los valores coinciden con los mostrados por el manómetro, como se aprecia en la Figura 4.42.



**Figura 4.42. Lectura del sensor de presión.**

Para calibrar el sensor, se consideró la señal de voltaje que esta entre 0,5V y 4,5V, esta señal es proporcional a la presión que mide. La conversión de ese voltaje a un valor digital se lleva a cabo a través del convertidor analógico-digital (ADC) del Arduino, que tiene una resolución de 10 bits. Esto significa que el valor del ADC oscila entre 0 y 1023, correspondiendo a un rango de voltaje de 0 a 5V.

La presión en cero ocurre cuando el sensor detecta su nivel mínimo de 0 psi, generando una señal de 0,5V,

$$Presión\ cero = \frac{1024 \times 0,5V}{5V}$$

La presión máxima se alcanza cuando el sensor detecta su valor límite de 232 psi, emitiendo una señal de 4.5V,

$$Presión\ máxima = \frac{1024 \times 4,5V}{5V}$$

Finalmente,

$$Presión = \frac{(señal\ del\ sensor - 102,4) \times 232}{presion\ máxima - presión\ cero}$$

Estos cálculos convierten la lectura digital del ADC del Arduino en un valor de presión real, adaptado al rango útil del sensor. Gracias a estos cálculos, se obtiene una calibración precisa, lo que es fundamental para el banco de ensayos de válvulas y accesorios, permitiendo visualizar los datos en tiempo real y garantizando mediciones exactas.

#### **4.6 Manual de usuario y manual de mantenimiento**

En el A.14 y A.15, se encuentra el manual de usuario y de mantenimiento del dispositivo, donde se detallan las condiciones de uso y las recomendaciones de mantenimiento necesarias para asegurar su adecuado funcionamiento y durabilidad a lo largo del tiempo.

#### 4.7 Análisis de costos

En la Tabla 4.12 se especifican los costos por unidad y la cantidad de cada componente que se utilizará en el banco de ensayos de válvulas y accesorios. Este costo resulta accesible, especialmente cuando se compara con otros bancos de ensayos en el mercado, cuyos precios superan los 10.000 dólares.

Tabla 4.12. Costo de todos los componentes.

Componente	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Tanque de almacenamiento de 60 L	1	45,00	45,00
Unión universal	3	2,07	6,21
Neplo con tuerca 3/4"	12	0,57	6,84
Codo de 90°	9	0,76	6,84
Tee 3/4" x 1/2"	3	1,18	3,54
Reductor buje 1/2" a 1/4"	3	1,02	3,06
Reductor buje 1" a 3/4"	2	1,29	2,58
Adaptador tanque 3/4"	2	2,97	5,94
Tubería (m)	3	5,05	15,15
Caja de pase 20x15.5x8cm	1	6,08	6,08
Pie de amigo 10x10 (cm)	2	0,90	1,80
Válvula de globo 3/4"	1	4,80	4,80
Válvula de compuerta 3/4"	1	9,75	9,75
Válvula check 3/4"	1	14,46	14,46
Sensor transductor de presión de 1/4"	2	30,00	60,00
Sensor de caudal 3/4"	1	50,00	50,00
Bomba Pedrollo PKM60 1"x1"	1	82,00	82,00
Arduino Uno	1	16,00	16,00
Resistencia 10 kΩ	1	0,15	0,15
Borneras 2 y 4 pines	1	0,50	0,50

PCB	1	0,50	0,50
Carcasa PLA	1	5,00	5,00
Palet 1200x800 (mm)	1	5,00	5,00
Listón de madera 40x50x3000(mm)	1	5,00	5,00
Nervio de madera	2	1,00	2,00
Tabla 400x600x20(mm)	1	2,00	2,00
Selector Switch Control	1	8,00	8,00
Botón de Emergencia	1	5,00	5,00
<b>Total</b>			<b>\$ 373,20</b>

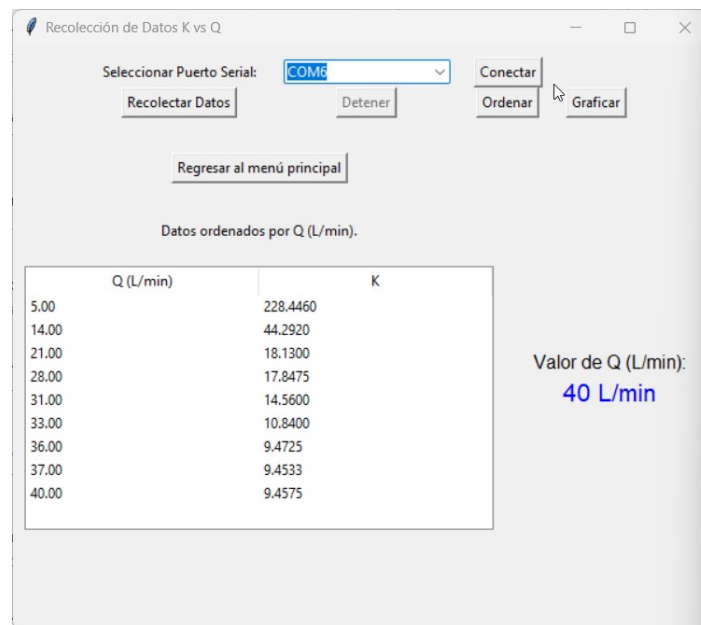
#### 4.8 Pruebas

El banco de ensayos de válvulas y accesorios funciona de manera correcta. Primero se debe energizar el Arduino y luego se inicia la interfaz en Python, se procede a seleccionar la opción 2 para comenzar la prueba, tal como se muestra en la Figura 4.43.



**Figura 4.43. Interfaz principal.**

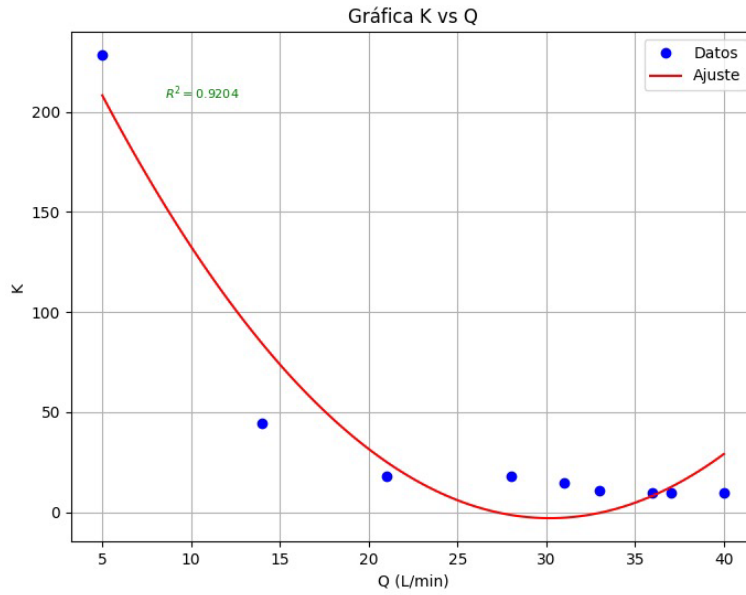
A continuación, se selecciona el puerto serial correspondiente al Arduino. Una vez seleccionado, se mueve la manilla de la válvula de compuerta mientras se observa el caudal en la interfaz. Posteriormente, se recopilan los datos hasta alcanzar los valores deseados por el usuario, tal como se muestra en la Figura 4.44.



**Figura 4.44. Interfaz de recolección de datos.**

Finalmente, se hace clic en el botón "Ordenar" para organizar los valores de caudal de manera ascendente. Luego, se selecciona el botón "Graficar" para generar la gráfica del coeficiente de resistencia en función del caudal, obteniendo así la visualización de los datos, como se muestra en la Figura 4.45.





**Figura 4.45. Interfaz de la gráfica K vs. Q.**

Los valores obtenidos de la gráfica pueden ser verificados con los resultados calculados del coeficiente de resistencia. Al compararlos, se observa que los valores teóricos coinciden de manera aproximada con los de la gráfica, lo que valida el funcionamiento del sistema y la precisión de las mediciones realizadas en el banco de ensayos de válvulas y accesorios.

## CONCLUSIONES

Se presenta un banco de ensayos de válvulas y accesorios que cumple las especificaciones establecidas en la investigación. Este banco permite medir parámetros como: caudal, presión y pérdidas de carga. Además, se consiguió obtener el coeficiente de resistencia  $K$  el cual resultó ser muy cercano a los valores teóricos. Esto demuestra que el diseño y la construcción permitirá reforzar los conocimientos teóricos-prácticos impartidos en clases de termodinámica y mecánica de los fluidos de la carrera de mecatrónica.

El proceso inició con un análisis detallado de las válvulas y accesorios. Esto incluyó la revisión de sus características como rangos de presión, caudal y materiales. Se observó que las características técnicas de las válvulas y accesorios varían en función de sus dimensiones. Adicionalmente, en el mercado nacional, se detectó que los proveedores no emiten una especificación detallada de las válvulas; por ejemplo, no se indica el coeficiente de resistencia.

Así mismo, se diseñó un banco de ensayos donde se lograron integrar los sensores de presión y caudal, un tanque de almacenamiento, y un sistema de control con una tarjeta electrónica Arduino. Haciendo uso del programa de Python, se pudieron procesar los datos y generar la gráfica de coeficiente de resistencia de la válvula o accesorio versus el caudal. Durante las pruebas se comprobó que el diseño cumple con los objetivos planteados y permite realizar mediciones de las variables involucradas en el cálculo, tales como: caudal y presión en la entrada y salida del accesorio.

Por otra parte, la construcción del banco de ensayos fue un proceso que se realizó según las especificaciones teóricas. Se usaron materiales como tuberías PCV de 19,05 mm (3/4") de diámetro, válvulas y accesorios con dimensiones entre 19,05 mm hasta 38,1 mm (3/4" – 1 1/2"). Posteriormente, se construyó un banco con materiales de comercialización nacional, que permite

obtener la caracterización de válvulas y accesorios con dimensiones que varían entre 19,05 mm hasta 38,1 mm ( $3/4'' - 1\ 1/2''$ ).

Adicionalmente, se realizaron pruebas para validar el funcionamiento del banco. Los sensores utilizados fueron los correctos generando datos que permitieron calcular el coeficiente de resistencia (K) de válvulas y accesorios, con dimensiones que varían entre 19,05 mm hasta 38,1 mm ( $3/4'' - 1\ 1/2''$ ). Para visualizar los datos obtenidos se presenta un reporte gráfico del coeficiente de resistencia versus el caudal (K vs. Q).

Finalmente, se puede verificar que el banco de ensayos de válvulas y accesorios cumplió su objetivo y pudiendo ser utilizado tanto en investigaciones como en actividades educativas. Además, el banco de ensayos permitió fusionar dos trabajos de integración curricular en uno solo, lo que ahorró tiempo y recursos, facilitando todo el proceso de diseño.

## RECOMENDACIONES

Para trabajos futuros, se pueden integrar mejoras que aumenten la capacidad de análisis, así como la aplicación, en diversas áreas de la ingeniería, del banco de pruebas. Estas mejoras deben enfocarse en la versatilidad del sistema y la incorporación de tecnologías avanzadas que permitan analizar, de manera más detallada, el comportamiento de válvulas y accesorios en diferentes condiciones operativas.

Se recomienda adaptar el banco de ensayos para realizar pruebas con otros fluidos distintos al agua, tales como: aceites industriales o líquidos viscosos, con el propósito de analizar de manera específica el comportamiento de válvulas y accesorios bajo condiciones operativas reales, por ejemplo, en el sector automotriz y el petroquímico. Este enfoque ayudaría a evaluar la influencia de la viscosidad y las propiedades físicas de los fluidos en las pérdidas de carga, el sellado y la durabilidad de estos componentes.

Finalmente, se sugiere diseñar experimentos que permitan evaluar el desgaste y la vida útil de las válvulas y accesorios, sometidos a diferentes condiciones de flujo y presión. Esto permitiría generar información valiosa, en aplicaciones industriales, para optimizar el diseño y seleccionar materiales que generen menor pérdida.

## REFERENCIAS

- [1] N. Chuquín, J. Chuquín, and D. Chuquín, “Hidráulica en Tuberías y Accesorios (Válvulas Industriales): Pérdidas, Casos reales de Aplicación y Selección de Bombas Centrífugas,” CIDE., Guayaquil, 2019, pp. 0–239. Accessed: May 04, 2024. [Online]. Available: [www.cidecuador.com](http://www.cidecuador.com)
- [2] N. Silverio and H. Benavides Muñoz, “Determinación de pérdidas de carga en accesorios ‘k’ de Sistemas Domiciliarios,” *Ecuadorian Science Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 7–11, Sep. 2020, doi: 10.46480/esj.4.2.58.
- [3] S. Li, C. Li, Z. Li, X. Xu, C. Ye, and W. Zhang, “Design optimization and experimental performance test of dynamic flow balance valve,” *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, vol. 14, no. 1, pp. 700–712, Jan. 2020, doi: 10.1080/19942060.2020.1756914.
- [4] D. Domínguez, “Diseño y simulación de un sistema de succión y filtración de 8000 m<sup>3</sup>/día, para purificar el agua en la comunidad de Tunshi en la provincia de Chimborazo,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Quito, 2020. Accessed: May 04, 2024. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18544/1/UPS%20-%20ST004476.pdf>
- [5] J. Belaño and C. Lascano, “Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en medición de pérdidas primarias y secundarias en un sistema de flujo,” Latacunga, 2022.
- [6] J. Cano, “Optimización de un banco de pruebas para la caracterización de pérdidas de presión en válvulas comerciales,” Universidad de los Andes, Bogotá, 2019.
- [7] Á. Rodríguez and J. Álvarez, “Diseño de un banco de pruebas para la verificación de la presión de ajuste y el diferencial de cierre de válvulas de alivio con accionamiento por resorte directo y pilotada de 3” de servicio en líquidos,” Fundación Universidad de América, Bogotá D.C, 2022.
- [8] M. Peña and F. Matamala, “Plan de mejoramiento banco prueba de válvulas,” Universidad Técnica Federico Santa María, 2019. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/11673/48971>
- [9] M. Ortiz, “Diseño de un banco de pruebas para bombas hidráulicas centrífugas en configuración en serie, paralelo e individual,” Universidad de Antioquia, Medellín, 2021.
- [10] E. Catacora, R. Camacho, and H. Vásquez, “Diseño y Construcción de Banco de Pruebas para Turbomáquinas Hidráulicas para Potencias de Generación de hasta 5.5 kW,” XXI CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA Y DE SISTEMAS, Ciudad de México, pp. 1–4, Oct. 2022. Accessed: Jun. 23, 2024. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/367479559>
- [11] T. M. Walski and I. Haestad Methods, *Advanced Water Distribution Modeling and Management*, no. v. 1. in *Advanced Water Distribution Modeling and Management*.

- Haestead Press, 2003. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=RBxSAAAAMAAJ>
- [12] Todo de inoxidable, “Tipos de válvulas industriales y cuando deben utilizarse.”
- [13] Tecnoagua, “Usos y ventajas de los accesorios PVC presión.” Accessed: Jul. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.hidrotecnologia.com/blog/usuarios-y-ventajas-de-los-accesorios-pvc-presion/#:~:text=Los%20accesorios%20PVC%20presi%C3%B3n%20son,del%20agua%20en%20diversas%20infraestructuras.>
- [14] “Accesorios de PVC para presión y saneamiento.” Accessed: Jul. 07, 2024. [Online]. Available: <https://mundoriego.es/accesorios-de-pvc/>
- [15] Y. Çengel and J. Cimbala, Mecanica de Fluidos. Fundamentos y aplicaciones., 4th ed. México: McGraw-Hill, 2018.
- [16] R. Mott and J. Untener, Mecánica de fluidos, 7th ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2015.
- [17] S. Chapra and R. Canale, Métodos numéricos para ingenieros, 7th ed. México, 2015.
- [18] R. Hernández, C. Fernández, and P. Baptista, Metodología de la investigación, vol. 6. México: McGraw-Hill, 2014.
- [19] R. Hernández-Sampieri and C. Mendoza, “Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta,” 2020, McGraw-hill.
- [20] Arduino®, “Arduino® UNO R3,” 2025.
- [21] Arduino®, “NanoV3.3\_sch,” 2025.
- [22] Espressif, “ESP32 Series Datasheet Version 4.8 2.4 GHz Wi-Fi + Bluetooth® + Bluetooth LE SoC Including,” 2024. Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- [23] Raspberry Pi, “Raspberry Pi 4 Model B,” 2024. Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- [24] C. P. Millahual, Descubriendo Arduino. RedUsers, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=bL7PDwAAQBAJ>
- [25] “Transductor Transmisor Presión Sanitario Zurich 10bar 4a20ma.” Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517271028-transductor-transmisor-presion-sanitario-zurich-10bar-4a20ma-\\_JM#polycard\\_client=search-nordic&position=12&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=ecd20284-0436-479a-8bbc-2b8c710bc257](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517271028-transductor-transmisor-presion-sanitario-zurich-10bar-4a20ma-_JM#polycard_client=search-nordic&position=12&search_layout=stack&type=item&tracking_id=ecd20284-0436-479a-8bbc-2b8c710bc257)
- [26] NAINPA SERVICES, “Transductor Sensor De Presion Autonics Psan Tps30,” 2024, Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC->

538435186-transductor-sensor-de-presion-autonics-psan-tps30-desde1699-  
\_JM#polycard\_client=search-  
nordic&position=10&search\_layout=stack&type=item&tracking\_id=a4654fcc-9228-4a41-  
82b5-252f0ec8e0f5

- [27] yorobotics, “Sensor Transductor De Presion G1/4 1.6MPa 232psi 5V.” Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://yorobotics.co/producto/sensor-transductor-de-presion-g1-4-1-6mpa-232psi-5v/>
- [28] SsDielect, “G3/4 Water Flow,” 2024. [Online]. Available: [http://www.seeedstudio.com/wiki/G3/4\\_Water\\_Flow\\_sensor](http://www.seeedstudio.com/wiki/G3/4_Water_Flow_sensor)
- [29] Domotica sistemas, “Medidor de caudal GreenIQ para tuberías de 3/4 de pulgada.” Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://domoticasistemas.com/tienda/otros-dispositivos-z-wave/green-iq/2899-medidor-de-caudal-greeniq-para-tuberias-de-34-de-pulgada/>
- [30] CORE SET, “SENSOR DE CAUDAL + SENSOR DE TEMPERATURA YF-S403 3/4” 1-30l/min.” Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://es.aliexpress.com/item/1005001506552306.html>
- [31] EDESA, “VÁLVULA DE COMPUERTA 3/4”,” 2023. Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://edesa.com.ec/producto/valvula-de-compuerta-3-4/>
- [32] EDESA, “LLAVE ESFÉRICA ESTANDAR 3/4” PASO TOTAL,” 2023. Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://edesa.com.ec/producto/llave-esferica-estandar-3-4-paso-total/>
- [33] Lewonski, “Cheque Hidro con sello de tefón - 3/4”.” Accessed: Feb. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.lewonski.com/plomeria/valvulas/cheque/cheque-con-resorte/cheque-hidro-con-sello-de-tefon-34>
- [34] G. Lugo Velázquez, “Resistencia a compresión de probetas fabricadas en PLA con distinto relleno,” 2022, Accessed: Feb. 19, 2025. [Online]. Available: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/26853>
- [35] J. Proakis and D. Manolakis, Digital Signal Processing, 4e. Pearson Education India, 2014. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=xvC0DwAAQBAJ>
- [36] R. G. Lyons, Understanding Digital Signal Processing. in Prentice Hall professional technical reference. Prentice Hall/PTR, 2004. [Online]. Available: [https://books.google.com.ec/books?id=f\\_yCQgAACAAJ](https://books.google.com.ec/books?id=f_yCQgAACAAJ)

## **ANEXOS**



## A.1 Ficha técnica de los accesorios

<b>TUBERÍA LÍNEA DORADA (Monocapa)</b> DIÁMETRO: ESPESOR DE PARED: ½" 3,4mm ¾" 3,9mm 1" 4,9mm 1¼" 5,70mm 1½" 6,3mm 2" 7,5mm LONGITUD: 6m		<b>TUBERÍA CUATRITUBO (Cuatro capas)</b> DIÁMETRO: ESPESOR DE PARED: ½" 3,4mm ¾" 3,9mm 1" 4,9mm 1¼" 5,70mm 1½" 6,3mm 2" 7,5mm LONGITUD: 6m	
 <p><b>Codo HH 90°</b></p> <p>plg ½" ¾" 1" 1¼" 1½" 2"</p>	 <p><b>Codo HH 45°</b></p> <p>plg ½" ¾" 1" 1" 1½" 2"</p>	 <p><b>Codo Cachimba Curva MH</b></p> <p>plg ½" ¾"</p>	 <p><b>Codo de Reducción HH 90°</b></p> <p>plg ¾" x ½"</p>
 <p><b>Codo 90° con Inserto Metálico</b></p> <p>plg ½"</p>	 <p><b>Tapón Macho</b></p> <p>plg ½" ¾" 1" 1¼" 1½" 2"</p>	 <p><b>Tapón Hembra</b></p> <p>plg ½" ¾" 1"</p>	 <p><b>Tee</b></p> <p>plg ½" ¾" 1" 1¼" 1½" 2"</p>
 <p><b>Tee Reducción</b></p> <p>plg ¾" x ½" 1" x ¾" 1" x ½"</p>	 <p><b>Tee HH con Inserto Metálico</b></p> <p>plg ½"</p>	 <p><b>Unión Roscable HH</b></p> <p>plg ½" ¾" 1" 1¼" 1½" 2"</p>	 <p><b>Unión Reductora HH</b></p> <p>plg ¾" x ½" 1" x ¾" 1" x ½"</p>
 <p><b>Unión HH con Inserto Metálico</b></p> <p>plg ½"</p>	 <p><b>Unión Universal</b></p> <p>plg ½" ¾" 1" 1¼" 1½" 2"</p>	 <p><b>Adaptador para Tanque C/junta</b></p> <p>plg ½" ¾" 1" 1¼" 1½" 2"</p>	 <p><b>Reductor</b></p> <p>16 reducciones de ½" x 3/8" hasta 2" x 1½"</p>
 <p><b>Neplo 6 Cm</b></p> <p>plg ½" ¾" 1"</p>	 <p><b>Neplo 8 Cm</b></p> <p>plg ½" ¾"</p>	 <p><b>Neplo 10 Cm</b></p> <p>plg ½" ¾" 1" 1¼" 1½" 2"</p>	 <p><b>Neplo 15 Cm</b></p> <p>plg ½" ¾" 1"</p>
 <p><b>Neplo C/tuerca</b></p> <p>plg ½" ¾" 1" 1¼" 1½" 2"</p>	 <p><b>Puente</b></p> <p>plg ½" ¾"</p>	 <p><b>Sellarosca Plastigama Wavin</b></p> <p>25cc 100cc</p>	<p>FABRICADA CON SELLOS DE CALIDAD INEN EN TUBERÍAS: NTE INEN 2955 EN ACCESORIOS: NTE INEN 2956</p>

Conoce más de nuestros productos en:



FICHA TÉCNICA

# LINEA DORADA

Tuberías y accesorios de polipropileno (PP) roscable para agua caliente y fría.



PLASTIGAMA

WAVIN

## Instalación



Colocar el tubo en un tornillo de banco o mordaza sin exagerar el ajuste para evitar ovalamientos, pues esto provocaría una rosca imperfecta. Proteger el tubo de PP con un tramo de Polietileno y/u otro medio.

Cortar el tubo a escuadra y remover las rebabas con una lija. Se recomienda usar la tijera corta tubos para realizar cortes a escuadra.

Para hacer la rosca usar tarraja con el dado para rosca "NPT" (cónica) correspondiente al diámetro del tubo. No usar la tarraja de polipropileno para roscar tubos de PVC y/o metálicos.



Prevea la limpieza de las roscas y compruebe en seco el roscado del tubo con el accesorio a instalar.

En la rosca macho del tubo aplicar una capa uniforme del Sellarosca Plastigama.

Efectuar el ajuste mediante presión manual del tubo con el accesorio.

## Recomendaciones

Previo a la operación del sistema, se deben realizar pruebas de presión, para garantizar el servicio. Previo a la ejecución de las pruebas de presión, se debe verificar el correcto anclaje de tubos y accesorios. Para prueba hidrostática o puesta en funcionamiento del sistema o instalación, esperar 24 horas después del último ensamble realizado, este permite el completo secado del sellador.

## Condiciones de servicio

Temp. °C	Tiempo de servicio continuo (años)	PRESION NOMINAL 1 MPa	
		MPa	lb/pulg <sup>2</sup>
20	50	1.0	145.0
	25	0.70	101.5
40	50	0.65	94.3
	25	0.35	50.8
60	50	0.30	43.5
	10	0.20	29.0
80	20	0.15	21.8

Condiciones tomadas de la Tabla 2 "Relaciones entre la presión nominal y la presión de servicio en función de la temperatura y el tiempo de servicio continuo" NTE INEN 2955.

## Producto para la instalación

SELLAROSCA PLASTIGAMA WAVIN	
Formulado especialmente para roscas de PVC y polipropileno, envasado en recipientes de:	
Código	ENVASE
1004881	100 cc
1004860	25 cc



Se recomienda que para la conducción de agua caliente domiciliar, generada por un calentador de agua / calefón o termotanque, se empleen tubos de presión nominal 1.0MPa a una presión máxima de 0.4MPa.

Al instalar una válvula de alivio a la salida del calentador su funcionamiento produce evacuación de agua caliente la que debe ser canalizada hacia una tubería de desagüe o hacia el exterior en el que existan rejillas de desagüe.

## TUBERÍA CUATRITUBO

Sistema reforzado de 4 capas con doble protección UV.

### Ventajas

- Tubería 100% polipropileno.
- Máxima protección interna y externa.
- Flexible e ideal para agua caliente.

Rev.: 2022 - 10- 25

Durán: Km. 4.5 Vía Durán - Tambo  
Telf.: 3716900  
www.plastigamawavin.com



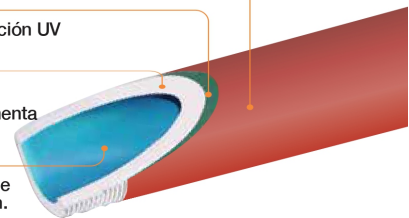
EMPRESA CON CERTIFICACIONES:
ISO 9001 Calidad
ISO 14001 Medio Ambiente
ISO 45001 Seguridad y Salud Ocupacional
ISRS 6th Clasificación Internacional de Seguridad
ACREDITACIONES:
ISO/IEC 17025 Laboratorio

**CAPA MARRÓN**  
Externa, con protección UV.

**CAPA VERDE**  
Medía externa, con protección UV  
Facilita el roscado.

**CAPA BLANCA**  
Intermedia, propociona mayor flexibilidad e incrementa la resistencia al impacto.

**CAPA AZUL**  
Interna, lisa y brillante, tiene bajo coeficiente de fricción.



## A.2 Ficha técnica de la tubería PVC

 <p><b>TUBO PVC ROSCABLE</b></p> <p>Diámetro: Pulg. ½" ¾" 1" 1¼" 1½" 2"</p> <p>Longitud: 6m</p>		 <p><b>ACCESORIOS PP ROSCABLES</b></p> <p>pulg ½" ¾" 1" 1¼" 1½" 2"</p> <p>NOTA: Compatibilidad de rosca NPT con los tubos de PVC roscables.</p>
 <p><b>VÁLVULA COMPUERTA BRASS</b></p> <p>pulg ½" ¾" 1" 1½"</p>	 <p><b>VÁLVULA PIE</b></p> <p>pulg 1" 2"</p>	 <p><b>LLAVE DE PICO</b></p> <p>pulg ½"</p>
 <p><b>LLAVE DE JARDÍN PLÁSTICA</b></p> <p>pulg ½"</p>	 <p><b>LLAVE DE JARDÍN PLÁSTICA CROMADA</b></p> <p>pulg ½"</p>	 <p><b>TUBO DE ABASTO INODORO</b> Diámetro: Rosca macho 1/2" Rosca hembra 7/8" Longitud: 40 cm</p> <p><b>TUBO DE ABASTO LAVABO</b> Diámetro: Rosca macho 1/2" Rosca hembra 1/2" Longitud: 40 cm</p>
 <p><b>CINTA TEFLÓN</b></p> <p>Carrete 12 mm x 10 m</p>	 <p><b>TIJERA CORTATUBO METÁLICA</b></p> <p>Medida 16 a 40 mm</p>	 <p><b>SELLAROSCA PLASTIGAMA WAVIN</b></p> <p>25cc 100cc</p>

TUBOS FABRICADOS CON SELLO DE CALIDAD INEN CONFORME: NTE INEN 2497

**FICHA TÉCNICA**

**PRESIÓN PVC ROSCABLE**

Sistemas a presión para conducción de agua potable.



**PLASTIGAMA**

**WAVIN**

## Ventajas

Longitud de fabricación 6 m.  
Amplia gama de accesorios y presiones.  
No transmite olor ni sabor al agua potable u otros fluidos de consumo humano.  
Por su baja conductividad eléctrica, no se produce en el material, corrosión galvánica y/o electrolítica, ni la formación de depósitos o incrustaciones en las paredes interiores, conservando inalterable su sección hidráulica.  
Su bajo coeficiente de fricción con respecto a otros materiales, asegura una mayor capacidad de conducción.  
Resisten asentamientos diferenciales y permiten deflexiones.  
No favorecen la adherencia de algas, hongos, moluscos, etc.  
Es una tubería de pared gruesa con alta resistencia a la presión hidrostática.  
Posee un bajo módulo de elasticidad y alta resistencia al golpe de ariete.  
Su bajo peso facilita el transporte y manipulación.  
Son fáciles de cortar en obra e instalar

## Recomendaciones

1. Previo a la operación del sistema, realizar pruebas de presión y estanqueidad según corresponda, para garantizar su correcta instalación.
2. Previo al desarrollo de pruebas de presión, verificar el correcto anclaje de tuberías y accesorios.
3. Es importante tomar en cuenta todas las consideraciones técnicas para realizar correctamente las roscas en las tuberías.

De requerir información adicional, comuníquese con el Departamento Técnico de **Plastigama Wavin** y obtendrá el soporte y asesoramiento ajustados a los requerimientos de sus proyectos en ejecución.

## Instalación



Colocar el tubo a roscar en un tornillo de banco o mordaza sin exagerar el ajuste para evitar ovalamiento, pues esto provocaría una rosca imperfecta. Al realizarlo proteger el tubo de PVC de los dientes del tornillo de banco o mordaza empleando para ello una lija o tela gruesa.



Cortar el tubo a escuadra y remover las rebabas con lija o cuchillo. Se recomienda el uso de una tijera corta tubo o una sierra para realizar corte a escuadra.



Para elaborar la rosca usar tarraja con dado para rosca NPT (Cónica), correspondiente al diámetro del tubo. Luego realice la limpieza de la rosca y compruebe en seco roscando el tubo con el accesorio a instalar.

No se recomienda utilizar las tarrajas graduables empleadas para elaborar rosca en tubería metálica.



Aplique una capa uniforme de Sellarosca Plastigama Wavin, luego aplique cuatro vueltas de Teflón Plastigama Wavin, y finalice con otra capa uniforme de Sellarosca Plastigama Wavin, tipo "Sanduche". Evite el uso excesivo de teflón, esto podría provocar daños en el accesorio; sin embargo en el buen criterio del instalador para diámetros mayores a 1/2" podrá usarse más de 4 vueltas de teflón.



Efectuar el ajuste mediante presión manual del tubo con el accesorio, y de ser necesario ajustar 1/4 de vuelta con herramienta.

**Tabla No. 1:**  
**Especificaciones Técnicas**

Diámetro	COD.	Diám. exterior	Espesor	Diám. interior	Presión de trabajo		
		mm	mm	mm	psi	MPa	kg/cm <sup>2</sup>
1/2	926092	21.34	3.73	13.88	420	2.90	29.5
3/4	926094	26.67	3.91	18.85	340	2.34	23.9
1	926091	33.40	4.55	24.30	320	2.21	22.5
1 1/4	926090	42.16	4.85	32.46	260	1.79	18.3
1 1/2	926089	48.26	5.08	38.10	240	1.65	16.9
2	926093	60.32	5.54	49.24	200	1.38	14.1

Para diámetros y presiones diferentes a los indicados consultar con el Departamento Comercial.

**Tabla No. 2:**  
**Especificaciones de roscas**

Diámetro del Tubo	Longitud básica de rosca exterior útil	Número de hilos/plg.
plg	mm	#
1/2	13.56	14
3/4	13.86	14
1	17.34	11.5
1 1/4	17.95	11.5
1 1/2	18.38	11.5
2	19.22	11.5

La rosca debe ser tipo NPT de acuerdo a la Norma INEN 117: 2013. Para el ensamble con los accesorios se utilizará cinta teflón y ajuste manual.

Rev.: 2021 - 05 - 11

Durán: Km. 4.5 Vía Durán - Tambo  
Telf.: 3716900  
www.plastigamawavin.com



EMPRESA CON CERTIFICACIONES:

ISO 9001 Calidad  
ISO 14001 Medio ambiente  
OHSAS 18001 Seguridad y salud  
ISO/IEC 17025 Laboratorios  
ISRS Clasificación de seguridad



## A.3 Ficha técnica de la bomba centrífuga



### Electrobombas con rodete periférico

 Agua limpia

 Utilizo doméstico



#### CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **90 l/min** (5.4 m<sup>3</sup>/h)
- Altura manométrica hasta **100 m**

#### LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta **8 m**
- Temperatura del líquido de **-10 °C** hasta **+60 °C**
- Temperatura ambiente hasta **+40 °C** (**+50 °C** para PK 60)
- Presión máxima en el cuerpo de la bomba:
  - **6 bar** para PK 60, PK 60-MD, PK 65, PK 70, PK 80
  - **10 bar** para PK 90, PK 100, PK 200, PK 300
- Funcionamiento continuo **S1**

#### EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60335-1  
IEC 60335-1  
CEI 61-150

EN 60034-1  
IEC 60034-1  
CEI 2-3



#### CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV  
ISO 9001: CALIDAD

#### UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Por su confiabilidad, simplicidad en el uso y por su ventaja económica, son aptas para el uso doméstico y en particular para la distribución del agua acopladas a pequeños tanques de presión, para irrigación de huertos y jardines.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

#### PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Soporte: patente n° IT1243605
- Eje motor: patente n° 0000275945 (PK60, PK65)
- Cuerpo: patente n° 0000275946 (PK60, PK65)
- Modelo comunitario registrado n° 004673192
- **PKm 60** Marca registrada n° 009875394

#### EJECUCION BAJO PEDIDO

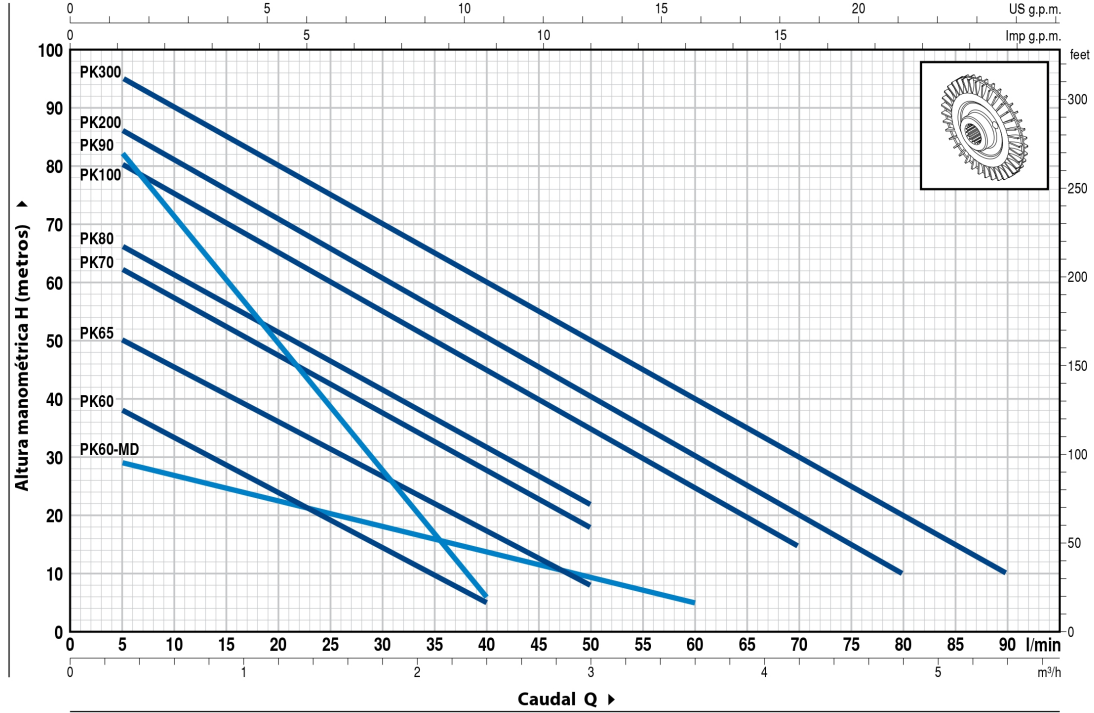
- Cuerpo bomba con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1
- Sello mecánico especial
- Otros voltajes
- Protección IP X5 para PK 70-80-90-100-200-300

#### GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

**CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES**

60 Hz n= 3450 min<sup>-1</sup> HS= 0 m



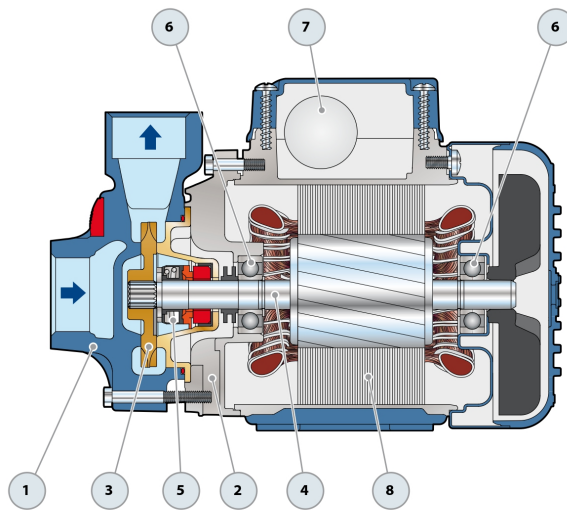
MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H metros																		
Monofásica	Trifásica	kW	HP		▲	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4				
					0	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90					
PKm 60®	PK 60®	0.37	0.50	IE2	40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5										
PKm 60®-MD	PK 60®-MD	0.37	0.50		30	29	26.5	24.5	22.5	20.5	18	16	13.5	9.5	5								
PKm 65	PK 65	0.50	0.70	IE3	55	50	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8									
PKm 70	PK 70	0.60	0.85		65	62	57	52	47	42	37	32	27	18									
PKm 80	PK 80	0.75	1	70	66	61	56	51	46	41	36.5	31	22										
PKm 90	PK 90	0.75	1	90	82	71	60	49	38	27	17	5											
PKm 100	PK 100	1.1	1.5	85	80	75	70	65	60	55	50	45	35	25	15								
PKm 200	PK 200	1.5	2	90	86	81	76	71	65.5	60	55	50	40	30	20	10							
-	PK 300	2.2	3	100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10						

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

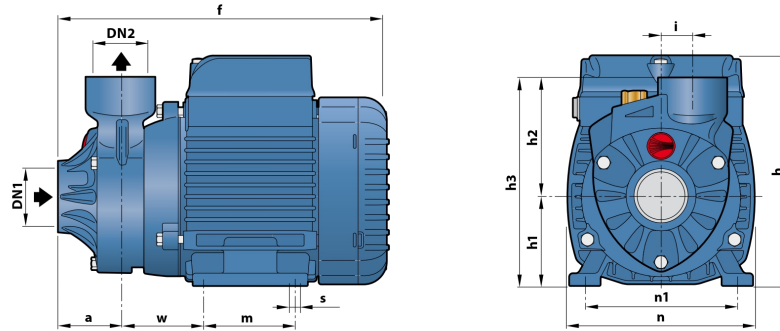
Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

## POS. COMPONENTE CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

1	<b>CUERPO BOMBA</b>	Hierro fundido con bocas roscadas ISO 228/1 (PK 60, PK 60-MD con tratamiento de cataforesis)				
2	<b>SOPORTE</b>	Aluminio con tapa en latón y laminilla de ajuste frontal antibloqueo (patentado)				
3	<b>RODETE</b>	Latón, del tipo aletas periféricas radiales				
4	<b>EJE MOTOR</b>	Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104				
5	<b>SELLO MECANICO</b>	<b>Electrobomba</b>	<b>Sello</b>	<b>Eje</b>	<b>Materiales</b>	
		<i>Modelo</i>	<i>Modelo</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>
		<b>PK 60-65-70-80</b>	<b>AR-12</b>	<b>Ø 12 mm</b>	Cerámica	Grafito
		<b>PK60-MD</b>				
		<b>PK 90</b>	<b>ST1-12</b>	<b>Ø 12 mm</b>	Carburo de silicio	Grafito
		<b>PK 100-200-300</b>	<b>FN-14</b>	<b>Ø 14 mm</b>	Grafito	Cerámica
6	<b>RODAMIENTOS</b>	<b>Electrobomba</b>	<b>Modelo</b>			
		<b>PK 60-65</b>	<b>6201 ZZ / 6201 ZZ</b>			
		<b>PK60-MD</b>				
		<b>PK 70-80-90</b>	<b>6203 ZZ / 6203 ZZ</b>			
		<b>PK 100-200-300</b>	<b>6204 ZZ / 6204 ZZ</b>			
7	<b>CONDENSADOR</b>	<b>Electrobomba</b>	<b>Capacidad</b>			
		<i>Monofásica</i>	<i>(220 V)</i>	<i>(110 V o 127 V)</i>		
		<b>PKm 60</b>	<b>10</b> µF - 450 VL	<b>25</b> µF - 250 VL		
		<b>PKm60-MD</b>				
		<b>PKm 65</b>	<b>14</b> µF - 450 VL	<b>25</b> µF - 250 VL		
		<b>PKm 70</b>	<b>16</b> µF - 450 VL	<b>60</b> µF - 300 VL		
		<b>PKm 80</b>	<b>20</b> µF - 450 VL	<b>60</b> µF - 300 VL		
		<b>PKm 90</b>	<b>20</b> µF - 450 VL	<b>60</b> µF - 300 VL		
		<b>PKm 100</b>	<b>31.5</b> µF - 450 VL	<b>60</b> µF - 250 VL		
		<b>PKm 200</b>	<b>45</b> µF - 450 VL	<b>80</b> µF - 250 VL		
8	<b>MOTOR ELECTRICO</b>	<b>PKm:</b> monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado. <b>PK:</b> trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz. <b>⇒ Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P<sub>2</sub>=0.50 kW y en clase IE3 desde P<sub>2</sub>=0.60 kW (IEC 60034-30-1)</b> - Aislamiento: clase F - Protección: IP X4				



## DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm													kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	h3	i	m	n	n1	w	s	1~	3~	
PKm 60°	PK 60°	1"	1"	39	207	145	56	75	131	20	55	118	93-100	53	7	5.2	5.2	
PKm 60°-MD	PK 60°-MD				236	152	63		138							80	120	100
PKm 65	PK 65	1"	1"	55	285	180*	71	85	156	90	140	112	62	9	10.0	9.9		
PKm 70	PK 70							84	155						19	10.0	10.0	
PKm 80	PK 80	¾"	¾"	46	278	80	80	94	174	20	100	164	125	85	9	10.0	9.9	
PKm 90	PK 90															14.4	14.3	
PKm 100	PK 100	1"	1"	55	350	212	80	94	174	20	100	164	125	85	9	15.5	15.5	
PKm 200	PK 200				370											-	18.1	
-	PK 300															-	18.1	

(\*) h=199 mm para versión monofásica en 110 V o 127 V

## CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSION		
	220 V	110 V	127 V
Monofásica			
PKm 60°	2.6 A	5.5 A	5.3 A
PKm 60°-MD	3.2 A	6.5 A	6.0 A
PKm 65	5.8 A	11.6 A	10.0 A
PKm 70	5.2 A	10.8 A	10.0 A
PKm 80	6.5 A	13.0 A	12.0 A
PKm 90	6.0 A	12.0 A	11.0 A
PKm 100	9.0 A	18.0 A	16.5 A
PKm 200	12.0 A	24.0 A	22.3 A

MODELO	TENSION			
	220 V	380 V	220 V	440 V
Trifásica				
PK 60°	2.0 A	1.15 A	2.1 A	1.2 A
PK 60°-MD	2.1 A	1.2 A	2.2 A	1.3 A
PK 65	3.2 A	1.85 A	3.5 A	2.0 A
PK 70	3.8 A	2.2 A	3.8 A	2.2 A
PK 80	3.8 A	2.2 A	4.3 A	2.4 A
PK 90	4.2 A	2.4 A	4.2 A	2.4 A
PK 100	6.2 A	3.6 A	6.2 A	3.15 A
PK 200	9.5 A	5.6 A	7.0 A	4.2 A
PK 300	10.0 A	5.8 A	8.2 A	4.8 A

## PALETIZADO

MODELO		PARA GRUPAJE	PARA CONTAINER
Monofásica	Trifásica	n° bombas	n° bombas
PKm 60°	PK 60°	240	330
PKm 60°-MD	PK 60°-MD	189	243
PKm 65	PK 65	189	243
PKm 70	PK 70	102	170
PKm 80	PK 80	102	170
PKm 90	PK 90	102	170
PKm 100	PK 100	72	96
PKm 200	PK 200	72	96
-	PK 300	72	96



## A.4 Ficha técnica del teflon



**TEFLON**

### FICHA TECNICA

**Marca** ENESTRA

**Material** Politetrafluoruro de etileno

**Características** Excelente aislamiento para instalaciones de agua, gas y vapor. No envejece. Para sellado de uniones e instalaciones de fluidos, redes de agua, vapor, aire y otros. Es inerte a la mayor parte de sustancias químicas. Brinda un excelente aislamiento contra corrosión y envejecimiento por largo periodos de tiempo.



Atributo	Detalle
<b>Características</b>	Sellante, aislante y resistente a la oxidación
<b>Tipo</b>	Teflones
<b>Marca</b>	ENESTRA
<b>Contenido</b>	8 yds
<b>Medidas</b>	12 x 0.120 mm
<b>Color</b>	Amarillo
<b>Usos</b>	Para uso de gas natural, glp, gasolina, diesel y agua
<b>Recomendaciones</b>	El número de vueltas que se da a la cinta depende del ancho y el espesor.
<b>Procedencia</b>	China
<b>Garantía</b>	6 meses

## A.5 Ficha técnica de la terraja



CARBONE - BROCAS - MAQUINADO Y CONSUMIBLES



**CÓDIGO:**  
**LI68**

### FICHA TÉCNICA

Juego De Machos Y Terrajas 32Pcs M3-M12. Se Utiliza Principalmente Para Trabajar Metales, Roscar Acero, Acero Inoxidable U Otro Metal Blando.



<b>*Nombre:</b> Juego de machos y terrajas 32pcs M3-M12	<b>¿Dónde usarlo?:</b> Metales, roscar acero, acero inoxidable u otro metal blando
<b>Características:</b> Práctico y perfecto para usar en talleres de vehículos y maquinarias para crear roscas. Se puede usar libremente en un espacio pequeño.	<b>Código de Barras:</b> LI68
<b>Código de producto:</b> LI68	<b>Color:</b> Azul
<b>Incluye:</b> Machos y Terrajas que están claramente marcados con el tamaño para encontrar fácilmente y rápidamente.	<b>Marca:</b> CARBONE
<b>Material:</b> Acero	<b>Numero de piezas:</b> 32
<b>Peso (Kg):</b> 1.45	<b>Procedencia:</b> Importado
<b>Se vende por:</b> Juego	<b>Tipo:</b> Machos - Terrajas para hacer Rosca
<b>Usos:</b> Industrial	

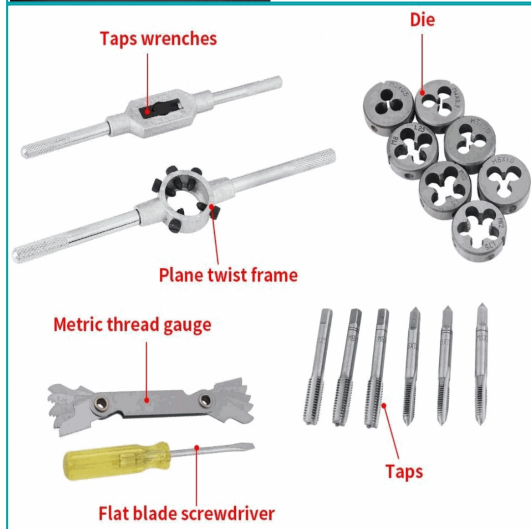
### INFORMACIÓN ADICIONAL

Juego De Machos Y Terrajas 32Pcs M3-M12

Juego De Machos Y Matrices Métricos Terrajas, Perfecto Para Usar En Vehículos Y Maquinarias Para Crear Roscas Métricas. La Llave Inglesa Es Ajustable Para Adaptarse A Diferentes Tamaños.

Se Utiliza Principalmente Para Trabajar Metales, Roscar Acero, Acero Inoxidable U Otro Metal Blando.

Todos Los Machos Y Matrices Están Claramente Marcados Con El Tamaño Para Encontrarlos Fácil Y Rápidamente, Bien Empaquetados En Un Estuche De Transporte.



## A.6 Ficha técnica del tanque de almacenamiento



Tambor Plástico 60 litros con tapa y aro metálico

Ver: 11 / F: 28.11.2024

### Tambor Plástico 60 litros con tapa y aro metálico

Cód: B60TGN

Nacional

Origen del Producto



El tambor plástico 60 litros con tapa hermética y aro metálico es ideal para el almacenamiento y transporte de sólidos. Fabricado en PEAPM con aditivos anti-UV, ofrece durabilidad y resistencia en cualquier entorno. Su diseño robusto garantiza la seguridad de los contenidos, mientras que su tapa con cierre firme evita contaminaciones externas. Perfecto para las industrias química, agrícola y alimenticia, este tambor se destaca por su alta resistencia a impactos.

¡Adquiera el tambor ideal para sus sólidos hoy mismo y mejore sus procesos logísticos!

#### Datos Técnicos

• Capacidad	: 60 Litros.
• Material	: PEAPM ( Polietileno de alto peso molecular).
• Color	: Azul.
• Superficie	: Lisa.
• Protección	: Contiene aditivos anti-UV
• Resistencia	: Impacto 1.2 mt.
• Diámetro	: 37 cm.
• Alto	: 62 cm.
• Diámetro Boca Externa	: 33.6 cm.
• Diámetro Boca Interna	: 30.6 cm.
• Llenado / Cierre	: Tapa y Aro palanca.
• Apilamiento	: 2 unidades ( base + 1)
• Peso Aprox	: 3 kg.
• Aprobaciones	: Materia prima aprobada para contacto con alimentos (FDA).

#### Datos de Embalaje

• Pallet	: 27 unidades ( 3 pisos de 9 unidades c/u.
----------	--

Los datos técnicos entregados son aproximados y las imágenes son referenciales pudiendo variar según la configuración de los componentes individuales. Superbidon se reserva el derecho de actualizar las fichas técnicas sin previo aviso.

Superbidón, Empresa Certificada  
ISO 9001:2015 - ISO 14001:2015 - ISO 45001:2018

[superbidon.cl](http://superbidon.cl) +562 2825 0458 / +569 4420 9543  
 Panamericana Sur. Km 50.5 - Paine, Santiago, Chile [ventas@superbidon.cl](mailto:ventas@superbidon.cl)

## A.7 Ficha técnica del palet



[www.europalet.com](http://www.europalet.com)

# Europalet nuevo



Peso	Carga estática	Carga dinámica	Materia prima	Colores	Exportable
 27 Kg.	 Hasta 4000 kg	 Hasta 1400 kg	 Madera natural	 Madera	 Sí

[www.europalet.com](http://www.europalet.com)

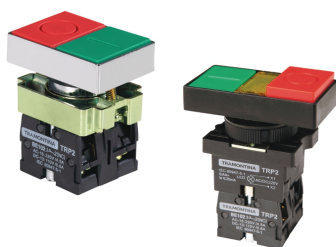
Sucesores de J. M. Diago, S. L. - Ctra. de Tarazona, s/n - MALÓN (Zaragoza) ESPAÑA - Tlf. 976198512 - E-mail: [info@europalet.com](mailto:info@europalet.com)

## A.8 Ficha técnica del botón de parada de emergencia y el botón selector

# I BOTONES TRP2

TRAMONTINA

Botón Doble



Botón de Emergencia



Botón de Paro



Botón Selector



Bloque de Contacto



Botón de Impulso



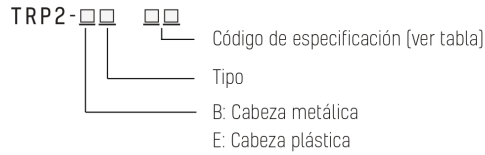
### CARACTERÍSTICAS GENERALES

Norma		IEC/EN 60947-5-1
Tensión de Uso	Vca / Vcc	415 / 240
Frecuencia Nominal	Hz	50/60
Categoría de Uso		AC-15 / DC-13
Índice de Protección		IP40
Temperatura Ambiente	°C	-5...+40
Altitud de Instalación	m	≤ 2000
Nivel de Contaminación		3
Tipo de Instalación		II

TRAMONTINA ELETRIK S.A. Rodovia BR-470/RS, Km 230 - Bairro Triângulo - CEP 95185-000 Carlos Barbosa - RS - Tel: +55 [54] 3461.8200 - [tramontina.com.br](http://tramontina.com.br)

DT-034-Rev.01

## NOMENCLATURA



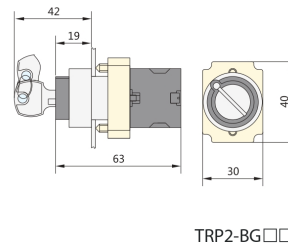
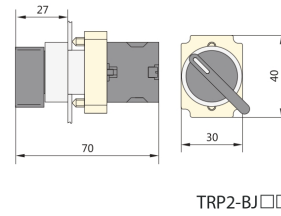
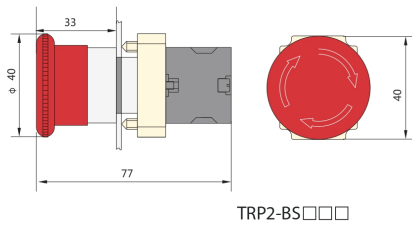
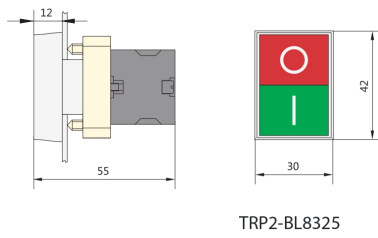
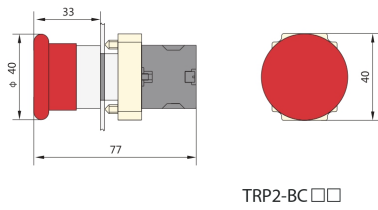
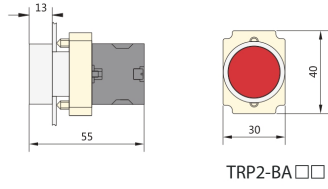
Tipo	Código de Especificación		
A: Pulsador	1: Blanco 2: Negro 3: Verde 4: Rojo 5: Amarillo 6: Azul	1: NA  2: NF	-
C: Botón retorno por resorte 40 mm	2: Negro 4: Rojo	2: NF	-
S: Botón de Emergencia	5: ø40 mm	4: Rojo	2: NF 5: NA+NF
D: Botón Selector J: Botón selector de mango largo G: Botón Selector con llave	2: 2 Posiciones fijas  3: 3 Posiciones fijas	1: NA  3: NF	-
L8: Botón Doble	N: Frontal	2: Verde + Rojo	5: NA + NF
W8: Botón Doble Iluminado	4: Frontal + Saliente	6: AC/DC 220 V	5: NA + NF
BE: Bloque de Contacto	101: NA 102: NF	-	-

## CAPACIDAD DE LOS CONTACTOS

Corriente Térmica Convencional I <sub>th</sub>		10 A						
Tensión Nominal de Operación [V]		415	380	240	220	110	48	24
Corriente Nominal de Operación [A]	AC-15	1,9	2,5	3	4,5	6	8	-
	DC-13	-	-	0,27	0,3	0,6	1,3	2,5
Vida útil Eléctrica	Pulsador/ Botón	5 x 10 <sup>5</sup> operaciones AC 2 x 10 <sup>5</sup> operaciones DC						
	Otros	1 x 10 <sup>5</sup> operaciones						
Vida útil Mecánica	Pulsador/ Botón	1 x 10 <sup>6</sup> operaciones						
	Iluminado	3 x 10 <sup>5</sup> operaciones						
	Otros	1 x 10 <sup>5</sup> operaciones						
Par de Ajuste de las Conexiones		0,8~1,2 Nm						
Sección del conductor de Conexión		0,5~2,5 mm <sup>2</sup>						

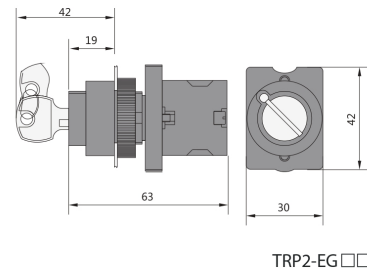
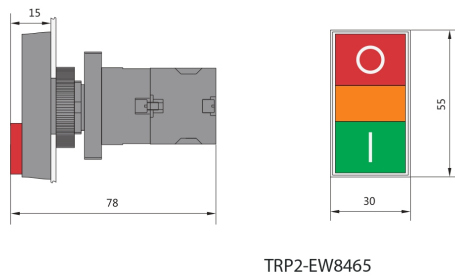
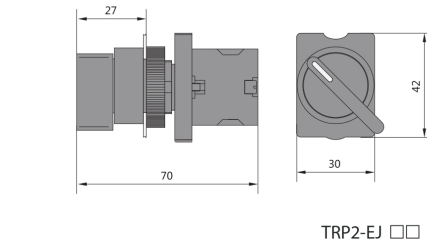
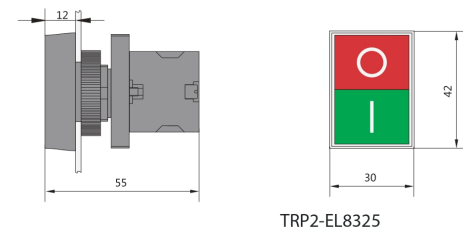
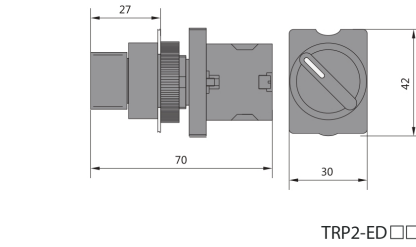
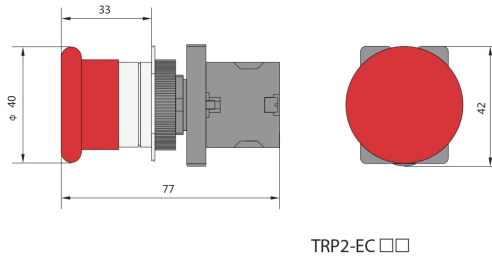
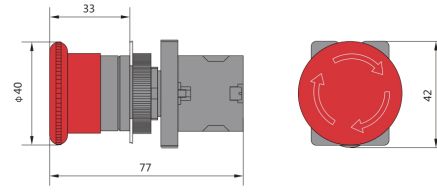
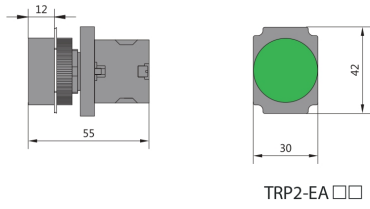
## DIMENSIONES [mm]

### METAL

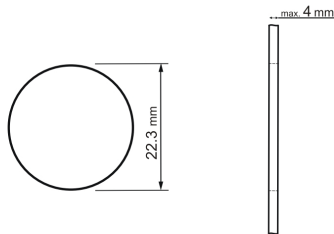




PLÁSTICO



INSTALACIÓN



## A.9 Ficha técnica del sensor de caudal

29/9/2014

G3/4 Water Flow sensor - Wiki

# G3/4 Water Flow sensor

From Wiki 来自痴汉的爱

## Contents

- 1 Introduction
- 2 Specification
- 3 Mechanic Dimensions
  - 3.1 Sensor Components
- 4 Usage Example
  - 4.1 Reading Water Flow rate with Water Flow Sensor
    - 4.1.1 Hardware Installation
    - 4.1.2 Programming
- 5 Wiring Diagram
- 6 Output Table
- 7 FAQ
- 8 Support
- 9 Version Tracker
- 10 Resource
- 11 See Also
- 12 Licensing
- 13 External Links

## Introduction

Water flow sensor consists of a plastic valve body, a water rotor, and a hall-effect sensor. When water flows through the rotor, rotor rolls. Its speed changes with different rate of flow. The hall-effect sensor outputs the corresponding pulse Signal.



## Specification

Mini. Working Voltage	DC 4.5V
Max. Working Current	15mA(DC 5V)
Working Voltage	5V~24V
Flow Rate Range	1~60L/min
Load Capacity	≤10mA(DC 5V)
Operating Temperature	≤80°C
Liquid Temperature	≤120°C
Operating Humidity	35%~90%RH
Water Pressure	≤2.0MPa
Storage Temperature	-25°C~+80°C
Storage Humidity	25%~95%RH

## Mechanic Dimensions

## Sensor Components

No.	Name	Quantity	Material	Note
1	Valve body	1	PA66+33%glass fiber	
2	Stainless steel bead	1	Stainless steel SUS304	
3	Axis	1	Stainless steel SUS304	
4	Impeller	1	POM	
5	Ring magnet	1	Ferrite	
6	Middle ring	1	PA66+33%glass fiber	
7	O-seal ring	1	Rubber	
8	Electronic seal ring	1	Rubber	
9	Cover	1	PA66+33%glass fiber	
10	Screw	4	Stainless steel SUS304	
11	Cable	1	1007 24AWG	

## Usage Example

Note: This example is abstracted from the forum, which was done by Charles Gantt. Thanks for his contribution. Let's see how it works.

### Reading Water Flow rate with Water Flow Sensor

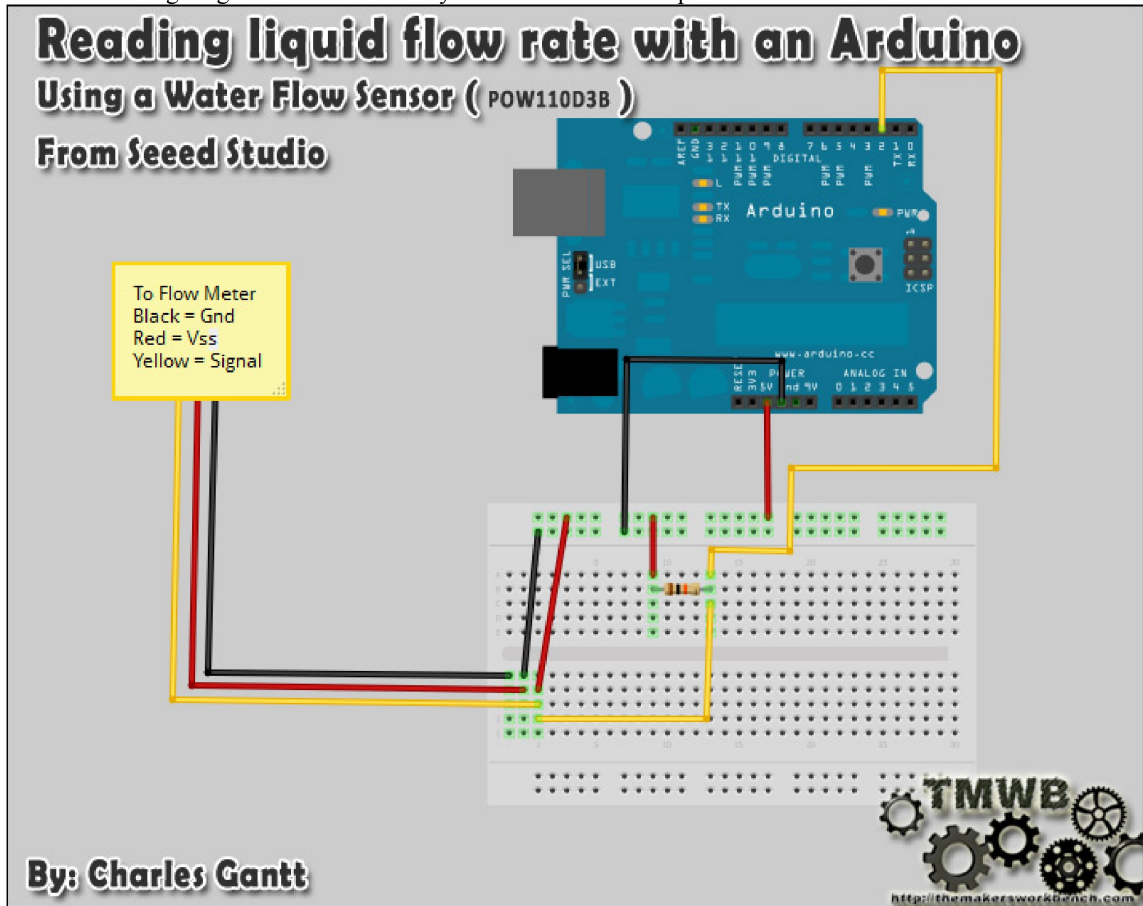
This is part of a project I have been working on and I thought I would share it here since there have been a few threads on how to read water flow rate in liters per hour using the Water Flow Sensor found in the Seeed Studio Depo. It uses a simple rotating wheel that pulses a hall effect sensor. By reading these pulses and implementing a little math, we can read the liquids flow rate accurate to within 3%. The threads are simple G3/4 so finding barbed ends will not be that hard.

### Hardware Installation

You will need Seeeduino / Arduino , Water Flow Sensor, 10K resistor, a breadboard and some jumper wires.

Wiring up the Water Flow Sensor is pretty simple. There are 3 wires: Black, Red, and Yellow. Black to the Seeeduino's ground pin Red to Seeeduino's 5v pin The yellow wire will need to be connected to a 10k pull up resistor. and then to pin 2 on the Seeeduino.

Here is a fritzing diagram I made to show you how to wire it all up.



Once you have it wired up you will need to upload the following code to your Seeeduino. Once it is uploaded and you have some fluid flowing through the Water Flow Sensor, you can open the serial monitor and it will display the flow rate, refreshing every second.

### Programming

```
// reading liquid flow rate using Seeeduino and Water Flow Sensor from Seeedstudio.com
// Code adapted by Charles Gantt from PC Fan RPM code written by Crenn@thebestcasescenario.com
// http://themarkersworkbench.com http://thebestcasescenario.com http://seedstudio.com

volatile int NbTopsFan; //measuring the rising edges of the signal
int Calc;
int hallsensor = 2; //The pin location of the sensor

void rpm () //This is the function that the interrupt calls
{
  NbTopsFan++; //This function measures the rising and falling edge of the
  hall effect sensors signal
}
// The setup() method runs once, when the sketch starts
void setup() //
{
  pinMode(hallsensor, INPUT); //initializes digital pin 2 as an input
}
```

[http://www.seeedstudio.com/wiki/G3/4\\_Water\\_Flow\\_sensor](http://www.seeedstudio.com/wiki/G3/4_Water_Flow_sensor)

4/7

```

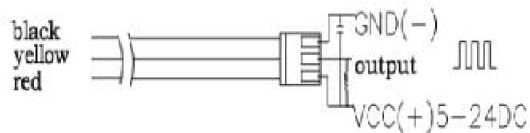
Serial.begin(9600); //This is the setup function where the serial port is
initialised,
attachInterrupt(0, rpm, RISING); //and the interrupt is attached
}
// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power
void loop ()
{
  NbTopsFan = 0; //Set NbTops to 0 ready for calculations
  sei(); //Enables interrupts
  delay (1000); //Wait 1 second
  cli(); //Disable interrupts
  Calc = (NbTopsFan * 60 / 5.5); //(Pulse frequency x 60) / 5.5Q, = flow rate
}
in L/hour
Serial.print (Calc, DEC); //Prints the number calculated above
Serial.print (" L/hour\r\n"); //Prints "L/hour" and returns a new line
}

```

You can refer our forum for more details about Reading Water Flow rate with Water Flow Sensor (<http://www.seeedstudio.com/forum/viewtopic.php?f=4&t=989&p=3632#p3632>).

## Wiring Diagram

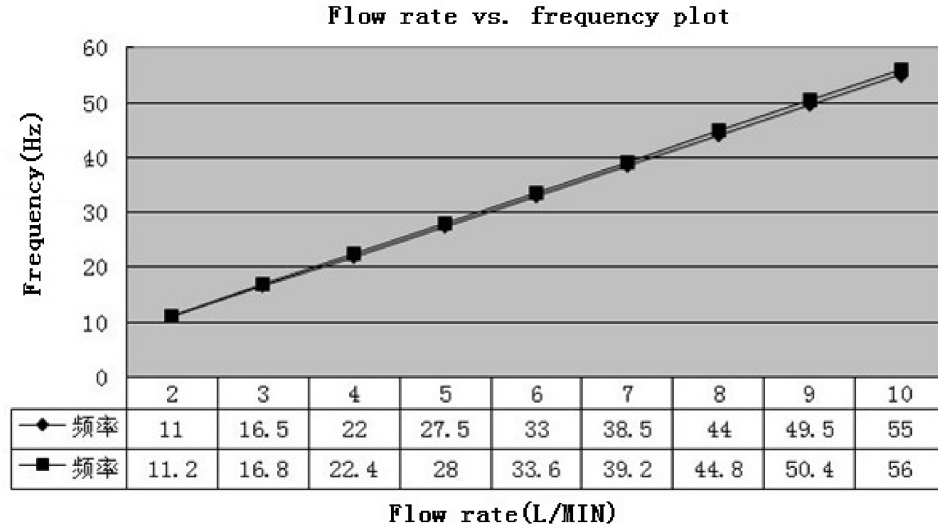
The external diameter of thread the connections use is 1.4mm.



## Output Table

Pulse frequency (Hz) in Horizontal Test=  $5.5Q$ ,  $Q$  is flow rate in L/min. (Results in +/- 3% range)

Output pulse high level	Signal voltage >4.5 V( input DC 5 V)
Output pulse low level	Signal voltage <0.5V( input DC 5V)
Precision	3% (Flow rate from 1L/min to 10L/min)
Output signal duty cycle	40%~60%



## FAQ

Here is the Sensors FAQ, people can go here to find questions and answers for this kind of products.

### What materials is water flow sensor made of?

Nylon with fiber, avoiding strong acid and strong base.

### Is the water flow sensor safe for drinking water?

Yeah, it has been used on drinking machine.

## Version Tracker

Revision	Descriptions	Release
v1.0	Initial public release	Feb 14, 2012

## Resource

- Reading Water Flow rate with Water Flow Sensor (<http://www.seeedstudio.com/forum/viewtopic.php?f=4&t=989&p=3632#p3632>)
- Water Flow rate display on LCD (<http://www.practicalarduino.com/projects/water-flow-gauge>)
- datasheet for the material (<http://garden.seeedstudio.com/images/4/4e/YEE70G30HSLNC..pdf>)

## See Also

Other related products and resources.

## Licensing

This documentation is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike License 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>) Source code and libraries are licensed under GPL/LGPL (<http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>) , see source code files for details.

## External Links

Links to external webpages which provide more application ideas, documents/datasheet or software libraries.

Retrieved from "[http://www.seeedstudio.com/wiki/index.php?title=G3/4\\_Water\\_Flow\\_sensor&oldid=46824](http://www.seeedstudio.com/wiki/index.php?title=G3/4_Water_Flow_sensor&oldid=46824)"

Category: Sensors

---

- This page was last modified on 8 November 2013, at 01:58.
- This page has been accessed 25,220 times.



## A.10 Ficha técnica de la válvula de compuerta



# VÁLVULA DE COMPUERTA 3/4"

COD. SZ0030054021BO

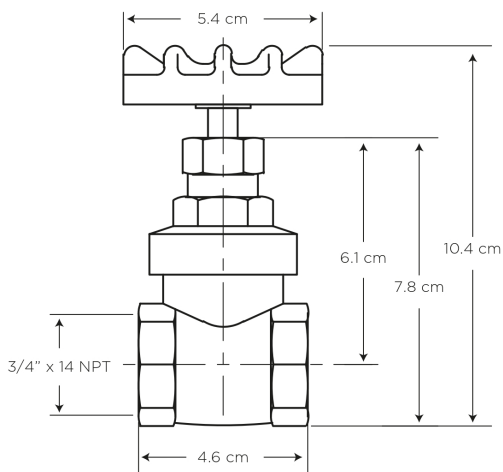
**MEDIDAS:**  
5.4 x 5.4 x 10.4 cm

Controla el flujo de agua con su sistema de compuerta.

### COLORES

Bronce

Cero defectos estéticos



### CARACTERÍSTICAS

**Material:** Cuerpo de Latón, Manija de Aluminio  
**Roscas:** 3/4" x 14 NPT  
**Apertura:** Tornillo sin fin, sistema de compuerta  
**Presión de agua recomendada:** 20 psi (140 kPa) a 125 psi (860 kPa)  
**Consumo mínimo de Agua:** 49 litros por minuto a 20 psi (140 kPa), caudal no definido en la norma NTE - INEN 3123  
**Vida útil del cartucho:** 2.000 ciclos

### CUMPLE CON NORMA

- Cumple con norma NTE - INEN 3123 basada en la norma ASME 112.18.1 - 2012

[www.edesa.com.ec](http://www.edesa.com.ec)

PLOMERÍA

## BENEFICIOS

---

- Mayor durabilidad al estar fabricado en latón, debido a que cuenta con una aleación de cobre más zinc.
- Tiene roscas reforzadas para mayor seguridad.
- Manija tipo compuerta facilita la apertura y control del flujo de agua. No genera pérdidas de presión por tener cierre de este tipo, el paso directo del agua no tiene obstáculos.
- Su diseño hace que el producto sea apto para empotrar.
- Grifería probada a 500 psi por un minuto para garantizar la calidad del producto en situaciones de golpes puntuales de aumento brusco de la presión de agua.
- No es tóxico gracias a su bajo contenido de plomo requerido por norma, garantizando que el agua es apta para el consumo.

## CUIDADOS Y LIMPIEZA

---

- Realiza el cierre y apertura de las llaves de broncearía, verifica el giro, posibles goteos por el vástago y ruidos que se puedan manifestar por exceso de presión. Evitar elementos abrasivos, ácidos o disolventes.
- Puede encontrar consejos y tips en Baño OK, mantenimiento fácil para tu equipo de baño.

## GARANTÍA

---

EDESA garantiza que sus productos están libres de defectos de fabricación, a partir de la fecha de compra del producto, conforme a los períodos adjuntos:

- Grifería y Plomería: De por vida para el cuerpo principal y acabado en bronce (402). En todos los otros acabados que no sean cromo, cinco (5) años.
- Repuestos de Grifería y Plomería: Dos (2) años. Son las partes internas/externas de la grifería, que están expuestas al desgaste natural por el uso y se adquieren a manera de reposición, para mantenimiento preventivo y/o sustitución de las partes. Por ejemplo: cartuchos, aireadores, manillas, empaques, picos de cocina, duchadores de mano, mangueras, kits de instalación (tuercas, tornillos, arandelas, etc), conectores universales, entre otros.



**SERVICIO AL CLIENTE**

1-800 SUEDESA  
-783337

## A.11 Ficha técnica de la válvula de globo



# LLAVE ESFÉRICA ESTANDAR 3/4"

PASO TOTAL

COD. SZ0079363061BO

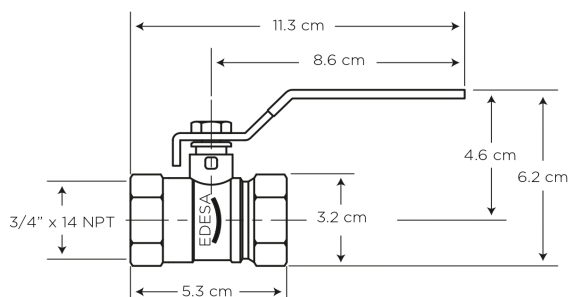
**MEDIDAS:**  
11.3 x 3.2 x 6.2 cm

Llave de paso con sistema esférico.

### COLORES

Cromo Cero defectos estéticos

306



### CARACTERÍSTICAS

**Material:** Cuerpo de Latón,  
Manilla de aluminio

**Peso:** 192 g

**Roscas:** 3/4" x 14 NPT conexión de  
agua

**Apertura:** 1/4 de vuelta sistema esférico

**Presión de agua recomendada:**  
20 psi (140 kPa) a  
125 psi (860 kPa)

**Consumo mínimo de Agua:**  
36 litros por minuto a 20 psi  
(140 kPa)

**Vida útil del cartucho:**  
2.000 ciclos

### CUMPLE CON NORMA

- Cumple con norma NTE - INEN 3123 basada en la norma ASME 112.18.1 - 2012

## BENEFICIOS

- Mayor durabilidad al estar fabricado en latón, debido a que cuenta con una aleación de cobre más zinc.
- Manija en forma de palanca para mayor facilidad de manipulación.
- Producto sometido a estrictas pruebas de salinidad realizadas en nuestros laboratorios garantizando que el producto no se oxide en un ambiente húmedo ni en el exterior.
- Grifería probada a 500 psi por un minuto para garantizar la calidad del producto en situaciones de golpes puntuales de aumento brusco de la presión de agua.
- Su sistema esférico permite el paso directo por lo que no se pierde presión.

## CUIDADOS Y LIMPIEZA

- Se recomienda colocar 4 gotas de vaselina líquida en el eje del vástago para lubricar y mantener en buen estado los empaques internos. Este mantenimiento se puede realizar cada 3 meses.
- Puede encontrar consejos y tips en Baño OK, mantenimiento fácil para tu equipo de baño.

## GARANTÍA

EDESA garantiza que sus productos están libres de defectos de fabricación, a partir de la fecha de compra del producto, conforme a los períodos adjuntos:

- Grifería y Plomería: De por vida para el cuerpo principal y acabado en cromo (306). En todos los otros acabados que no sean cromo, cinco (5) años.
- Repuestos de Grifería y Plomería: Dos (2) años. Son las partes internas/externas de la grifería, que están expuestas al desgaste natural por el uso y se adquieren a manera de reposición, para mantenimiento preventivo y/o sustitución de las partes. Por ejemplo: cartuchos, aireadores, manillas, empaques, picos de cocina, duchadores de mano, mangueras, kits de instalación (tuercas, tornillos, arandelas, etc), conectores universales, entre otros.



### SERVICIO AL CLIENTE

1-800 SUEDESA  
-783337

## A.12 Ficha técnica de la válvula de check



### FICHA TÉCNICA COMERCIAL

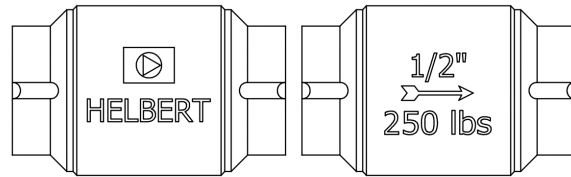
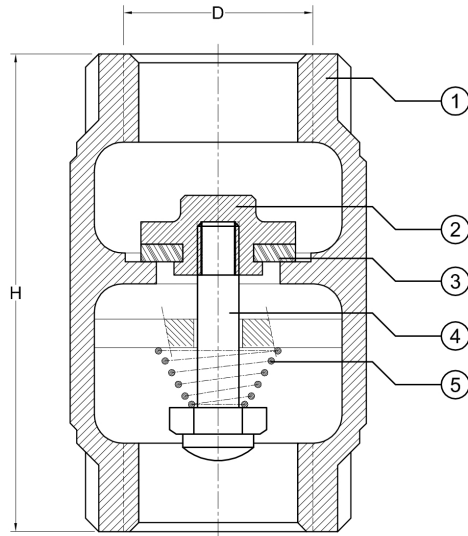
ODDE-FT  
EDICIÓN: 10-18

#### VÁLVULA CHEQUE HIDRO EN BRONCE CON SELLO EN CAUCHO REF. HFVC DE 1/2" A 1" - SERIE 210

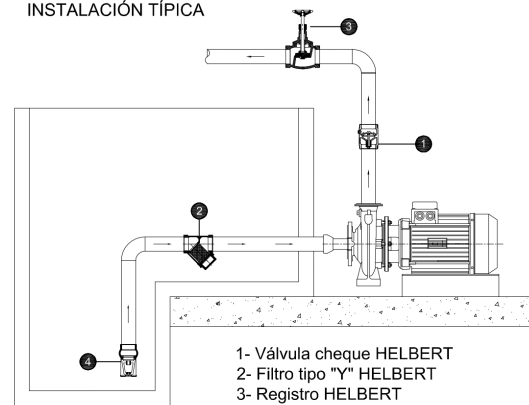
La válvula cheque hidro HELBERT con sello en caucho ha sido diseñada para permitir el paso del fluido en un solo sentido y cierre automático cuando éste intenta retroceder.

APLICACIONES: Instalaciones domiciliarias, redes hidráulicas.

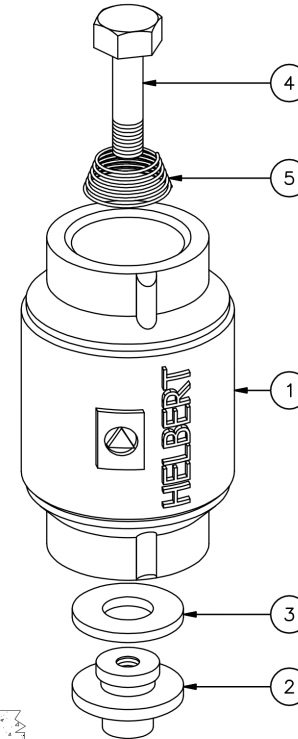
PRESIÓN MAX. DE TRABAJO: 250 PSI.			
IDENTIFICACIÓN: HELBERT, TAMAÑO, PRESIÓN DE TRABAJO, DIRECCIÓN DE FLUJO			
PESO TOTAL	170 gr	228 gr	400 gr
ALTURA TOTAL - H	54 mm	58 mm	67 mm
Diametro de Conexión - D	1/2"-14h NPT	3/4"-14h NPT	1"-11.5 h NPT
TAMAÑO	1/2"	3/4"	1"



#### INSTALACIÓN TÍPICA



- 1- Válvula cheque HELBERT
- 2- Filtro tipo "Y" HELBERT
- 3- Registro HELBERT
- 4- Válvula de pie HELBERT



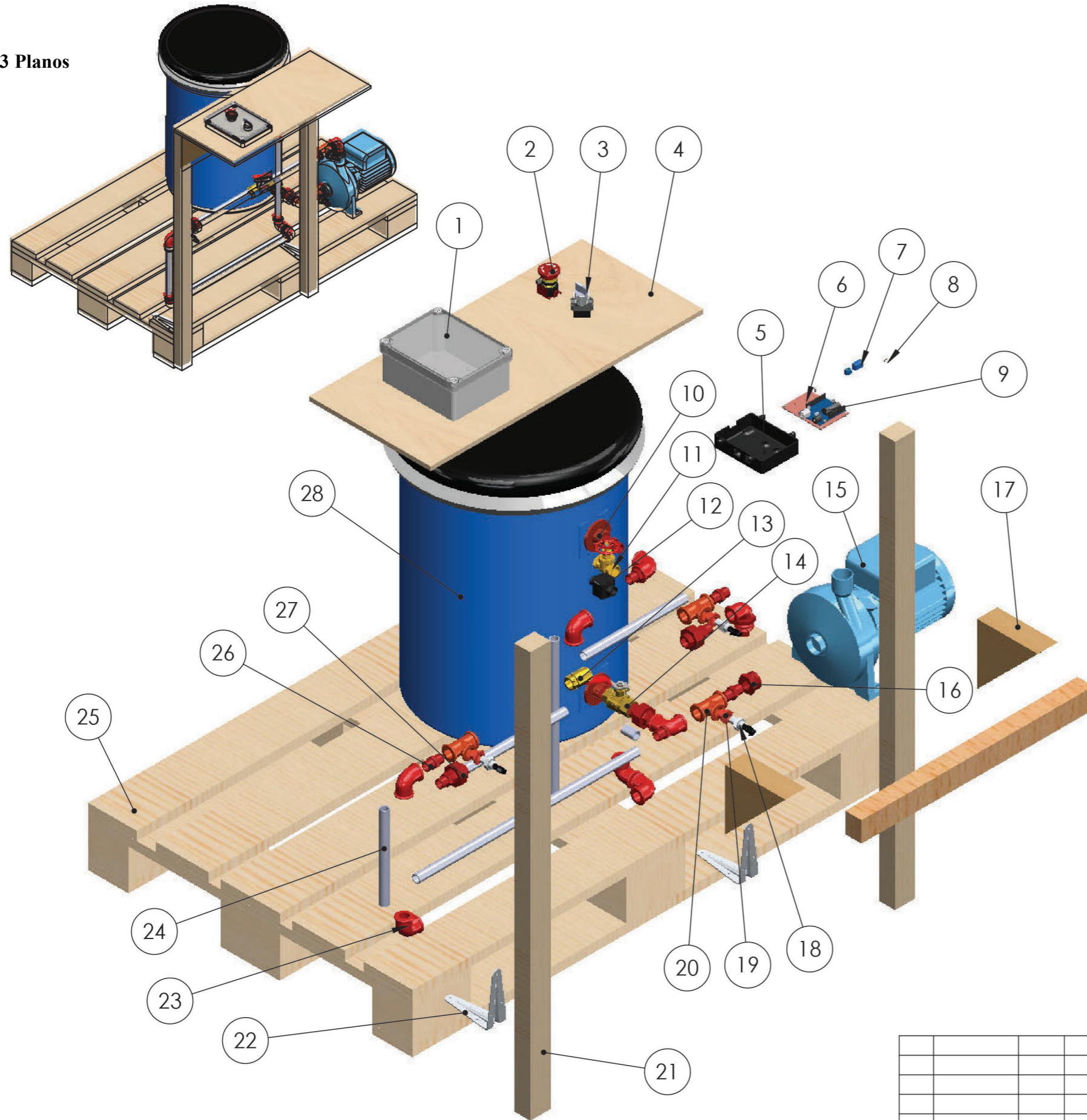
5	RESORTE	ACERO INOXIDABLE	1	ACERO INOXIDABLE	1	ACERO INOXIDABLE	1
4	VÁSTAGO	LATÓN	1	LATÓN	1	LATÓN	1
3	SELLO	CAUCHO	1	CAUCHO	1	CAUCHO	1
2	PLATO	LATÓN	1	LATÓN	1	LATÓN	1
1	CUERPO	BRONCE	1	BRONCE	1	BRONCE	1
No.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CAN.	MATERIAL	CAN.	MATERIAL	CAN.
	REFERENCIA	HFVC 012 - 1/2"		HFVC 019 - 3/4"		HFVC 025 - 1"	

CONTÁCTENOS: PBX: (57-1)3681077 • FAX: (57-1)3440120 • WWW.HELBERTYCIA.COM

Bogotá D.C. - Colombia - Sur América

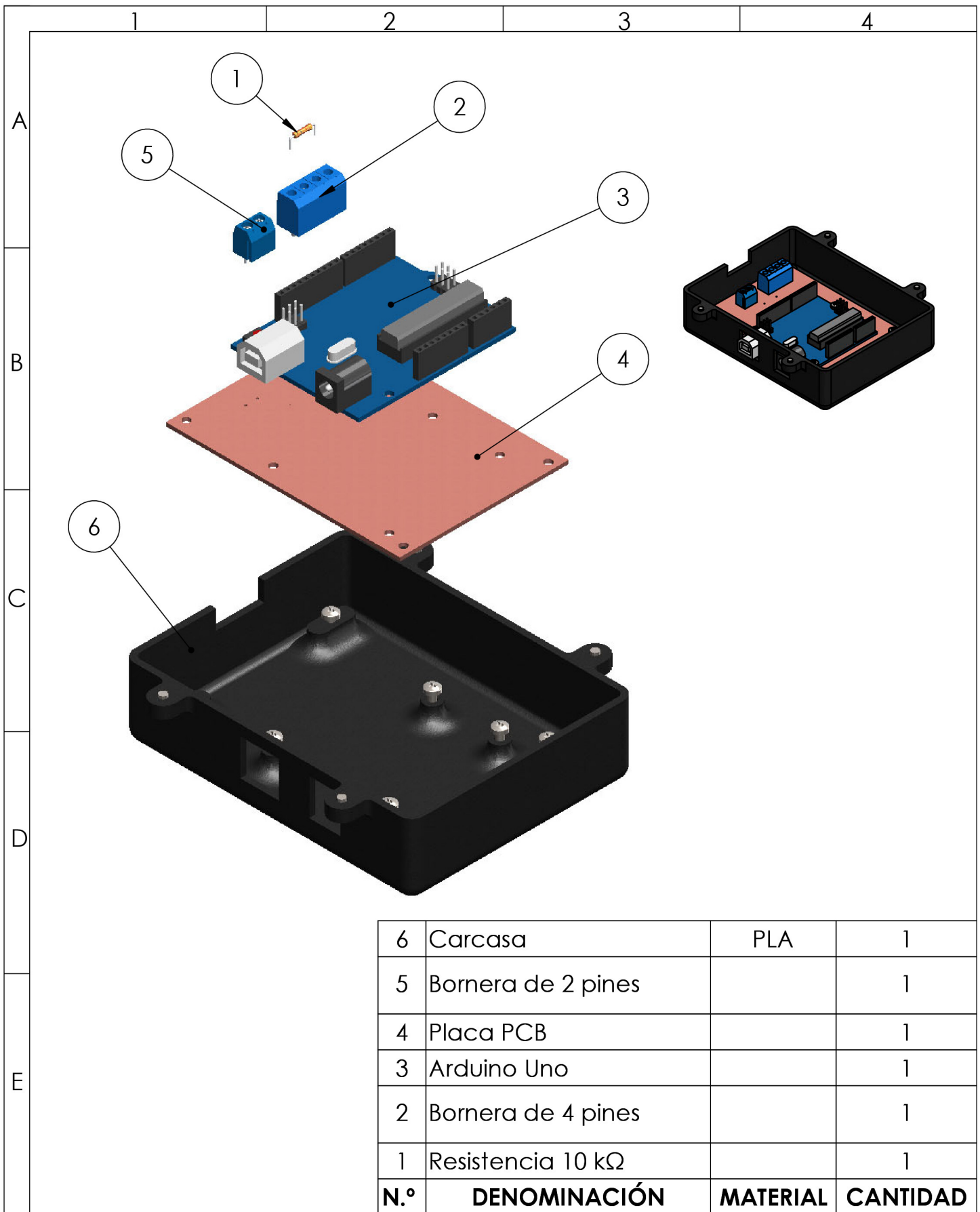
HELBERT Y CIA SE RESERVA EL DERECHO A REALIZAR MODIFICACIONES SIN PREVIO AVISO

A.13 Planos



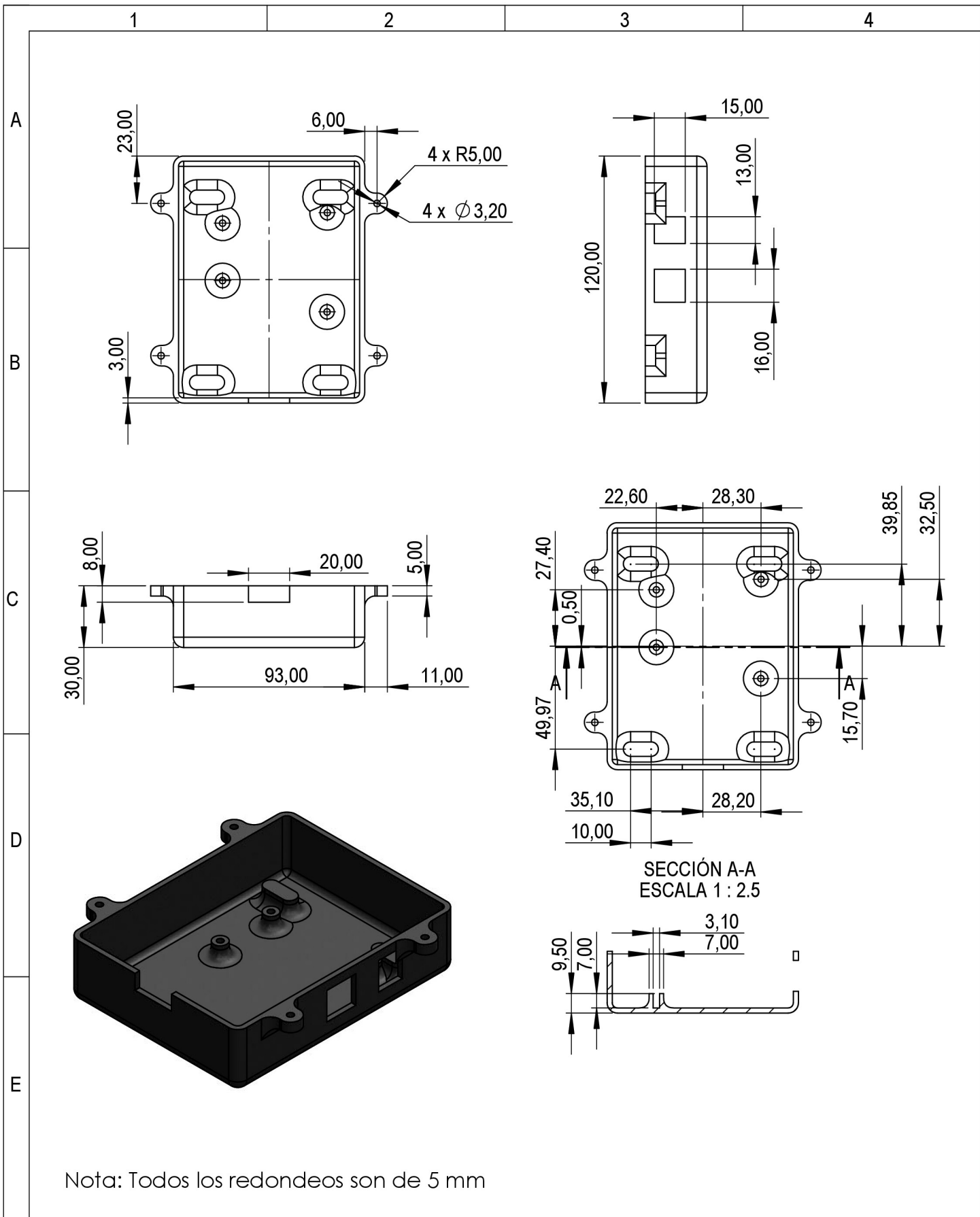
28	Tanque de almacenamiento de 60 L	Polipropileno	1
27	Union universal	Polipropileno	3
26	Neplo con tuerca 3/4"	Polipropileno	12
25	Palet 1200x800 (mm)	Pino	1
24	Tubería (m)	PVC	3
23	Codo de 90°	Polipropileno	9
22	Pie de amigo 10x10 (cm)	Acero	2
21	Liston de madera 40x50x3000 (mm)	Roble	1
20	Tee 3/4" x 1/2"	Polipropileno	3
19	Reductor buje 1/2" a 1/4"	Polipropileno	3
18	Sensor transductor de presión de 1/4"		3
17	Nervio de madera	Roble	2
16	Reductor buje 1" a 3/4"	Polipropileno	2
15	Bomba Pedrollo PKM60 1"x1"		1
14	Válvula de globo 3/4"	Latón	1
13	Válvula check 3/4"	Bronce	1
12	Sensor de caudal 3/4"		1
11	Válvula de compuerta 3/4"	Latón	1
10	Adaptador tanque 3/4"	Polipropileno	2
9	Arduino Uno		1
8	Resistencia 10 kΩ		1
7	Borneras 2 y 4 pines		1
6	PCB		1
5	Carcasa	PLA	1
4	Tabla de madera 400x600x20 (mm)	Roble	1
3	Selector Switch Control		1
2	Botón de Emergencia		1
1	Caja de pase 20x15.5x8cm	PVC	1
N.º	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD

				Tolerancia	Peso (g)		
				± 0.1	20358.28		
				Fecha	Nombre	Plano de conjunto	Escala 1:5
			Dib.	16/12/24	Cordova J.		
			Rev.	19/12/24	Cordova J.		
			Apro.	20/12/24	Ojeda D.		
						1	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



6	Carcasa	PLA	1
5	Bornera de 2 pines		1
4	Placa PCB		1
3	Arduino Uno		1
2	Bornera de 4 pines		1
1	Resistencia 10 kΩ		1
N.º	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD

				Tolerancia	Peso (g)	Estructura de soporte para los componentes		Escala 1:3
				± 0.1	125.34			
				Fecha	Nombre	1		
			Dib.	16/12/24	Cordova J.			
			Rev.	19/12/24	Guamba E.			
				Apro.	20/12/24	Ojeda D.	Sustitución	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



Nota: Todos los redondeos son de 5 mm

				Tolerancia	Peso (g)	PLA	Escala 1:3
				$\pm 0.1$	61.50		
				Fecha	Nombre	Carcasa	1
			Dib.	16/12/24	Guamba E.		
			Rev.	19/12/24	Cordova J.		
				Apro.	20/12/24	Ojeda D.	Sustitución
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



## **A.14 Manual de usuario**

### **1. Introducción**

El presente manual proporciona instrucciones detalladas para el uso del banco de ensayos de válvulas y accesorios. Asegura la correcta operación del equipo y permite la obtención de datos precisos en las pruebas realizadas.

### **2. Descripción del Equipo**

El banco de ensayos está compuesto por:

- Tuberías de PVC resistentes a presión y corrosión.
- Tanque de almacenamiento de 100 litros de polietileno.
- Bomba centrífuga estándar.
- Sensores de presión (0-1.6 MPa) y caudal (0-60 L/min).
- Sistema de adquisición de datos con Arduino y Python.
- Botón de parada de emergencia.

### **3. Operación del Banco de Ensayos**

#### **3.1 Preparación**

1. Verifique que todas las conexiones estén aseguradas y sin fugas.
2. Asegúrese de que el tanque de almacenamiento contenga agua.
3. No encienda el sistema si el tanque está vacío.
4. Conecte el sistema a una fuente de alimentación adecuada.

### 3.2 Procedimiento de Uso

1. Encienda el sistema mediante el interruptor principal.
2. Active la interfaz en la computadora y seleccione el puerto serial del Arduino.
3. Ajuste las válvulas para regular el flujo y observe los cambios en presión y caudal.
4. Recopile los datos a través de la interfaz gráfica.
5. Finalizada la prueba, cierre las válvulas y apague el sistema.

### 3.3 Seguridad

- Use equipo de protección personal (EPP) al operar el banco.
- No exceda los valores máximos de presión y caudal establecidos para el sistema.
- Presione el botón de parada de emergencia en caso de detectar anomalías.
- **Precauciones adicionales:**
  - No borrar ni modificar el código del Arduino, ya que es esencial para el procesamiento y adquisición de datos.
  - No jalar ni desconectar bruscamente los cables del Arduino, para evitar interrupciones en la comunicación y posibles daños al equipo.
  - No manipular los sensores sin la debida autorización, ya que un manejo inadecuado puede afectar la precisión de las mediciones.

## A.15 Manual de mantenimiento

### 1. Introducción

Este manual describe las rutinas de mantenimiento para garantizar el óptimo funcionamiento y prolongar la vida útil del banco de ensayos de válvulas y accesorios.

### 2. Mantenimiento Preventivo

Actividad	Frecuencia	Descripción
Inspección visual	Diario	Revisar fugas, conexiones y estado de los sensores.
Limpieza del tanque y tuberías	Semanal	Remover residuos acumulados y verificar obstrucciones.
Verificación de sensores	Mensual	Comparar lecturas con manómetros y caudalímetros calibrados.
Revisión de conexiones eléctricas	Mensual	Ajustar cables y terminales en caso de desgaste.
Lubricación de la bomba	Trimestral	Aplicar lubricante en rodamientos y verificar su funcionamiento.

### 3. Mantenimiento Correctivo

Si se detecta alguna falla en los sensores, válvulas o bomba:

1. Identifique el componente defectuoso.
2. Consulte la ficha técnica del componente para determinar su reparación o reemplazo.
3. Realice pruebas de funcionamiento antes de reiniciar el equipo.

### 4. Almacenamiento y Transporte

- Mantenga el equipo en un área seca y libre de humedad excesiva.
- Evite golpes y vibraciones excesivas durante el transporte.
- Drene completamente el sistema antes de almacenarlo por largos periodos.

## **5. Contacto Técnico**

Para soporte técnico comuníquese a:

[eliankevin1925@hotmail.com](mailto:eliankevin1925@hotmail.com) / 0983859561

[kevinjhon1088@gmail.com](mailto:kevinjhon1088@gmail.com) / 0979850324