



FACULTAD DE CIENCIAS

**GRADO EN INGENIERÍA
DE
PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES**

D.^a Lucía Gómez Fernández

**PROYECTO DE UNA PLANTA FLUIDODINÁMICA
EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE
CARGA**

Trabajo Fin de Grado

Julio 2025

PROYECTO DE UNA PLANTA FLUIDODINÁMICA EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DE PÉRDIDAS DE CARGA

Este proyecto tiene como objetivo el diseño y ejecución de una planta fluidodinámica que constituya una herramienta docente. El estudiantado de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Santiago de Compostela podrá emplear la instalación para analizar de forma empírica el efecto de las pérdidas de carga en conducciones de diferentes diámetros y materiales, así como en múltiples elementos hidráulicos.

En primer lugar, se ha desarrollado una propuesta técnica para la planta fluidodinámica, abordando aspectos como el dimensionado de los elementos hidráulicos, selección de materiales y equipos, elaboración de planos y análisis de criterios de seguridad y prevención de riesgos. Una vez se ha completado el proyecto, se ha procedido a la ejecución y montaje de la instalación en el laboratorio.

La creación de la planta fluidodinámica busca ayudar al alumnado a poner en práctica los conocimientos adquiridos en la materia de “Mecánica de fluidos”, permitiéndole vincular los conceptos estudiados con situaciones reales. El proyecto incluye una propuesta de práctica para llevar a cabo la comparación entre resultados teóricos y empíricos de pérdidas de carga, régimen de flujo y coeficientes característicos de instalaciones hidráulicas.

PALABRAS CLAVE:

- Pérdidas de carga
- Instalación hidráulica
- Práctica de laboratorio
- Docencia en ingeniería
- Fricción en conducciones
- Mecánica de fluidos

PROXECTO DUNHA PLANTA FLUIDODINÁMICA EXPERIMENTAL PARA O ESTUDO DE PERDAS DE CARGA

Este proxecto ten como obxectivo o deseño e a execución dunha planta fluidodinámica que constitúa unha ferramenta docente. O estudiantado da Facultade de Ciencias da Universidade de Santiago de Compostela poderá empregar a instalación para analizar de forma empírica o efecto das perdas de carga en conducións de diferentes diámetros e materiais, así coma en múltiples elementos hidráulicos.

En primeiro lugar, levouse a cabo unha proposta técnica para a planta fluidodinámica, abordando aspectos coma o dimensionamento dos elementos hidráulicos, selección de materiais e equipos, elaboración de planos e análise de criterios de seguridade e prevención de riscos. Unha vez completado o proxecto, procedeuse á execución e montaxe da instalación no laboratorio.

A creación da planta fluidodinámica busca axudar ao alumnado a poñer en práctica os coñecementos adquiridos na materia de “Mecánica de fluídos”, permitíndolle vincular os conceptos estudados con situacións reais. O proxecto inclúe unha proposta de práctica de laboratorio para levar a cabo a comparación entre resultados teóricos e empíricos de perdas de presión, réxime de fluxo e coeficientes característicos de instalacións hidráulicas.

PALABRAS CHAVE:

- Perdas de carga
- Instalación hidráulica
- Práctica de laboratorio
- Docencia en enxeñaría
- Fricción en conducións
- Mecánica de fluídos

PROJECT FOR AN EXPERIMENTAL FLUID DYNAMICS PLANT FOR THE STUDY OF HEAD LOSSES

This project aims at the design and construction of a fluid dynamics facility that serves as a teaching tool. Students from the Faculty of Sciences at the University of Santiago de Compostela will be able to use the installation to empirically analyse the effect of head losses in pipelines of different diameters and materials, as well as in multiple hydraulic elements.

First, a technical proposal for the fluid dynamics facility was developed, addressing aspects such as the sizing of hydraulic components, selection of materials and equipment, preparation of technical drawings, and analysis of safety and risk prevention criteria. Once the project was completed, the installation was executed and assembled in the laboratory.

The creation of the fluid dynamics facility aims to help students put into practice the knowledge acquired in the “Fluid mechanics” course, allowing them to link the studied concepts with real situations. The project also includes a proposed laboratory exercise to compare theoretical and empirical results regarding pressure losses, flow regime, and characteristic coefficients of hydraulic installations.

KEYWORDS:

- Head losses
- Hydraulic installation
- Laboratory practice
- Engineering education
- Friction in pipelines
- Fluid mechanics

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 1. MEMORIA Y ANEJOS

- Anejo I. Selección de alternativas
- Anejo II. Ingeniería del diseño
- Anejo III. Instalaciones
- Anejo IV. Programación de actividades
- Anejo V. Ejecución

DOCUMENTO 2. PLANOS

- Plano 1. Situación y emplazamiento
- Plano 2. Planta del piso -1 del edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias
- Plano 3. Planta del Laboratorio de Tecnologías de Procesado de Alimentos, Sección I (actual Laboratorio de Química Industrial) – Edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias
- Plano 4. Instalaciones hidrosanitarias del Laboratorio de Tecnologías de Procesado de Alimentos, Sección I (actual Laboratorio de Química Industrial) – Edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias
- Plano 5. Soporte: anclajes y cotas
- Plano 6. Esquema con cotas de la planta fluidodinámica experimental
- Plano 7. Esquema unifilar.

DOCUMENTO 3. PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 4. PRESUPUESTO

DOCUMENTO 5. MANUAL DE USUARIO

DOCUMENTO 6. PREVENCIÓN DE RIESGOS

DOCUMENTO 1

Memoria y anejos

Memoria

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes y justificación	1
1.2. Objeto y alcance del proyecto	3
1.3. Localización y emplazamiento	4
1.4. Normativa aplicable	5
1.4.1. Normativa general.....	5
1.4.2. Normativa UNE	6
2. Condicionantes.....	7
2.1. Condicionantes del promotor	7
2.2. Condicionantes de la localización.....	7
3. Diseño de la planta fluidodinámica	8
4. Instalaciones.....	10
4.1. Instalación hidráulica	10
4.2. Instalación eléctrica	11
5. Programación de actividades	11
6. Presupuesto	12
7. Estudio de Seguridad y Salud	13
8. Impacto ambiental.....	13
9. Ejecución de la obra.....	13
10. Empleo de la planta fluidodinámica	14
Bibliografía	15

1. INTRODUCCIÓN

El diseño y dimensionado de sistemas hidráulicos es uno de los aspectos más elementales y demandados en la profesión de Ingeniero Técnico Industrial. Para llevar a cabo esta tarea, es primordial el correcto estudio previo de las condiciones de la instalación que se busca diseñar o modificar, siendo clave la detección de pérdidas de carga por fricción.

En el Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales, el estudiantado adquiere esta formación teórica en la materia de Mecánica de Fluidos, que se complementa con prácticas en Laboratorio de Química Industrial I. Actualmente, los laboratorios de la Facultad de Ciencias no cuentan con ninguna instalación que permita el estudio experimental de las pérdidas de carga.

En 2016, en el “Proyecto de adecuación de espacios interiores existentes en el edificio de laboratorios de la Facultad de Ciencias” se destinó un área del Laboratorio de Tecnologías de Procesado de Alimentos a una planta de fluidos. Sin embargo, en 2024 no se había llegado a acordar la instalación de dicha práctica. Este motivo ha llevado al profesorado del Departamento de Ingeniería Química a impulsar el diseño y construcción de la planta fluidodinámica objeto del presente proyecto.

1.1. Antecedentes y justificación

En los antiguos laboratorios de la Facultad de Ciencias se contaba con una planta fluidodinámica que constituía una de las prácticas de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial. Esta instalación presentaba una serie de desventajas, tales como la presencia de ciertas piezas muy sensibles que se rompían a menudo, o la dificultad de traslado por la forma en que estaba montada y anclada al suelo. Esto llevó a que, cuando se construyó el edificio actual de laboratorios, esta práctica quedase en desuso.

En la figura 1 se muestra el estado actual de la antigua planta fluidodinámica.



Figura 1. Antigua planta fluidodinámica de la Facultad de Ciencias.

Actualmente, es posible encontrar soluciones de diversas casas comerciales, tales como Gunt, Edibon o P.A. Hilton. En las figuras 2 y 3 se muestran ejemplos de diferentes equipos ofertados por estas marcas.



Figura 2. Instalación HM 150.11: estudio de pérdidas de carga en un sistema de tuberías, casa comercial Gunt (1).



Figura 3. Equipos de la casa comercial Edibon. Izquierda: AFT/B, equipo de fricción en tuberías (FME00/B) (2). Derecha: FME05, pérdidas de carga locales (3).

El principal inconveniente que presentan estas instalaciones es su coste. Un equipo de estas características requiere una inversión inicial elevada, superior a 15.000€. A este gasto, se añaden los gastos de los mantenimientos que se deben realizar periódicamente para un correcto funcionamiento y que, debido a la complejidad de ciertas piezas y la necesidad de un técnico experto en la marca, ascienden a cifras considerables.

Otra desventaja de estos equipos es la cantidad de piezas electrónicas que contienen. Por un lado, los repuestos se encarecen y, por otro, se pierde contacto entre el alumno y la práctica. Si la forma de llevar a cabo las medidas se basa en tomar lecturas directas del equipo, sin apenas interacción con la planta fluidodinámica, se podría llegar a conseguir un aprendizaje menos completo.

Por estos motivos, se ha determinado que la solución óptima para implementar una planta para estudio de pérdidas de carga es el diseño y ejecución a medida. Esto permite corregir los diferentes defectos que se han detectado en otras instalaciones, así como adaptar el resultado final a las exigencias específicas del profesorado. Esta solución supone, además, un gran ahorro económico, evitando realizar una inversión de miles de euros en una única práctica de laboratorio.

1.2. Objeto y alcance del proyecto

El objetivo del presente proyecto es el diseño y posterior ejecución de una planta fluidodinámica experimental que constituya una práctica de laboratorio para el alumnado del Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales en la Facultad de Ciencias, Lugo. La instalación buscará suplir las mismas necesidades docentes que las versiones

comerciales, reduciendo significativamente la inversión inicial y de mantenimientos posteriores.

La planta proyectada contará, además, con las modificaciones necesarias para solventar defectos o características no deseadas presentes en los equipos comerciales y en el montaje predecesor de la propia Facultad.

El proyecto abarca la selección de materiales, el diseño de la planta fluidodinámica, el cálculo y dimensionamiento de las instalaciones hidráulicas y de protección eléctrica, calendarización de las actividades, pliego de condiciones, presupuesto, manual de usuario y documento de prevención de riesgos. Se tendrán en cuenta únicamente los aspectos referentes a la planta fluidodinámica, dado que los laboratorios ya cuentan con un proyecto propio más amplio.

1.3. Localización y emplazamiento

El proyecto se llevará a cabo en el edificio de los Laboratorios de la Facultad de Ciencias ubicado en el municipio de Lugo, España, con referencia catastral 8012044PH1681S0001QG.

La ubicación exacta será el área “Planta de fluidos 180/90/235” localizada en la Sección I. Operaciones controladas por el transporte de cantidad de movimiento del Laboratorio de Tecnologías de Procesado de Alimentos (actualmente denominado Laboratorio de Ingeniería Química), en la planta -1 del edificio. En el plano 3 del *Documento 2. Planos* se indica la localización exacta.

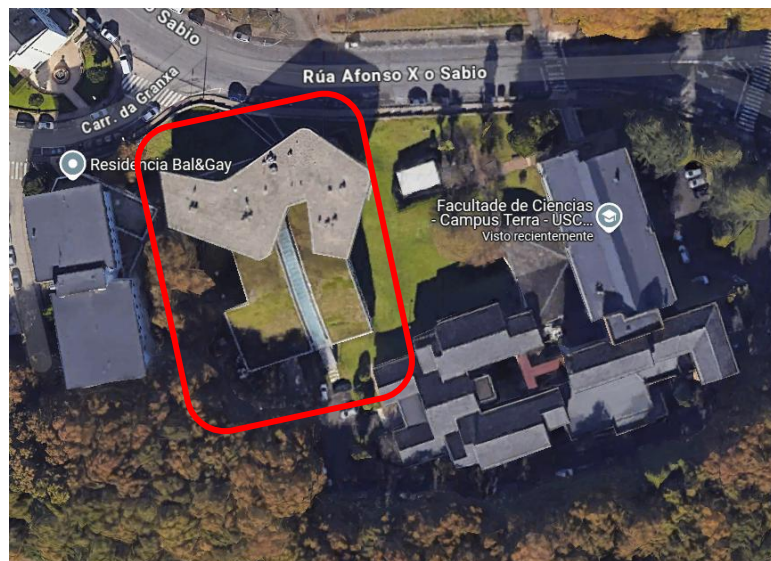


Figura 4. Vista de satélite del edificio donde se ubicará la planta fluidodinámica (4).

1.4. Normativa aplicable

1.4.1. Normativa general

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269 10/11/1995.
- Real Decreto 486/1997, del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE núm. 97 23/04/1997.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE núm. 224 8/9/2002. ITC-BT-29: Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. BOE núm. 246 11/10/2008.
- Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. BOE nº 188 07/08/1997.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. BOE núm. 298 14/12/1993.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. BOE núm. 311 28/12/1992.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE núm. 140 12/06/1997.

- Ley 10/2008, de 3 de noviembre, de residuos de Galicia. DOG núm. 224 18/11/2008.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. BOE núm. 181 29/07/2011.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. BOE núm. 43 del 19/02/2002.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE núm. 27 31/01/1997.
- Guía técnica ISSGA: Buenas prácticas en prevención de riesgos laborales. Manual de seguridad en el laboratorio.
- Normas generales de seguridad en los laboratorios de prácticas de la Universidad de Santiago de Compostela (NPR-20).

1.4.2. Normativa UNE

- UNE-EN 1453-1:2017. Sistemas de canalización en materiales plásticos con tubos de pared estructurada para evacuación de aguas residuales (a baja y a alta temperatura) en el interior de la estructura de los edificios. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U). Parte 1: Requisitos para los tubos y el sistema.
- UNE-EN 809:1999+A1:2010/AC:2010. Bombas y grupos motobombas para líquidos. Requisitos comunes de seguridad.
- UNE-EN ISO 2858:2011. Bombas centrifugas de aspiración axial (presión nominal 16 bar). Designación, punto de funcionamiento nominal y medidas. (ISO 2858:1975)
- UNE-EN 13951:2012. Bombas para líquidos. Requisitos de seguridad. Equipo agroalimentario. Reglas de diseño para asegurar la higiene en la utilización.
- UNE-EN 60034. Máquinas eléctricas rotativas.
- UNE-EN ISO 12100:2012. Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.

2. CONDICIONANTES

Se indican a continuación los condicionantes de diferentes orígenes que afectan al proyecto.

2.1. Condicionantes del promotor

La Facultad de Ciencias ha solicitado la reutilización de ciertos elementos disponibles en el laboratorio para integrarlos en la planta fluidodinámica, aprovechando elementos que no tienen uso y reduciendo el coste total.

Se sugiere la utilización de la bomba Rover Pompe BE-M 20 CE, siempre que las condiciones de funcionamiento sean adecuadas para la instalación diseñada.

Si es posible, se empleará como soporte una mesa de laboratorio de 1,80 metros de largo, 80 cm de ancho y 0,85 cm de alto. En caso contrario, se seleccionará o se construirá una estructura similar, móvil, con superficies resistentes al agua y otros vertidos; y con dos tableros a diferentes niveles para colocar el depósito y la bomba en la parte inferior.

Las medidas totales de la planta fluidodinámica deberán ser aptas para el uso por parte del alumnado, limitándose la altura a aproximadamente 2,2 metros para facilitar el acceso a los elementos hidráulicos ubicados en la parte superior.

En cuanto a la propia práctica, el promotor ha manifestado la necesidad de operar con circuito cerrado. Extraer agua directamente de la red del laboratorio para realizar las mediciones supone un inconveniente para trabajar en régimen estacionario, pues el caudal fluctúa según el consumo de otros grifos y prácticas. Se deberá, por tanto, contar con un depósito que abastezca el sistema.

No se ha fijado un presupuesto máximo, pero sí se ha solicitado la reducción del gasto lo máximo posible, respetando la operabilidad y durabilidad de la planta fluidodinámica. El coste total deberá suponer un ahorro notable con respecto al precio de venta de las instalaciones comerciales.

2.2. Condicionantes de la localización

El espacio asignado para la instalación de la planta fluidodinámica está limitado por una columna a la derecha, y la práctica de lecho poroso a la izquierda, tal y como se aprecia en la figura 5. Se cuenta con un máximo de 3,40 metros de largo, que se reducen

a aproximadamente 3 metros teniendo en cuenta el área necesaria para que los alumnos de ambos estudios experimentales trabajen sin molestias. Las dimensiones de altura y ancho no representan una limitación en este aspecto.



Figura 5. Espacio destinado a la planta fluidodinámica en el laboratorio.

Por otro lado, las tomas de agua y desagüe del laboratorio están ubicadas a aproximadamente 20 cm del suelo, lo que no supone ninguna restricción para el diseño del proyecto. Dichas conexiones tienen un diámetro de 25 mm, dimensiones que influirán en la selección de las mangueras de desagüe y abastecimiento del depósito.

3. DISEÑO DE LA PLANTA FLUIDODINÁMICA

Tomando como referencia las diferentes propuestas comerciales actualmente en el mercado, así como la antigua práctica de la Facultad de Ciencias, se ha procedido al diseño de la planta fluidodinámica. Se describen a continuación los elementos que constituyen el montaje.

- **Soporte (figura 6).** Se debe construir una estructura que albergue las distintas conducciones, válvulas y otros elementos hidráulicos, la bomba y el depósito. Esta constará de una mesa con dos niveles a la que se anclará en la parte

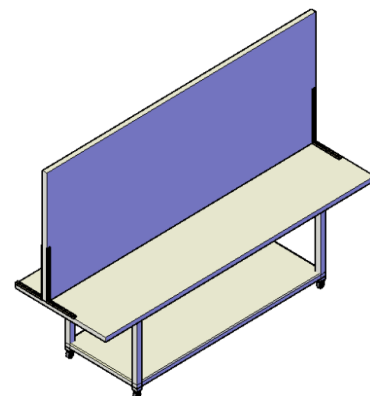


Figura 6. Esquema del soporte de la planta fluidodinámica.

superior un tablero vertical hidrófugo de 1,2 metros de alto, 3 metros de largo y un grosor de 19 mm.

- **Equipamiento hidráulico.** Se engloban en esta categoría los tubos, las válvulas, “tes”, medidores de presión y otros elementos que constituyen el eje de la instalación, así como las piezas empleadas para su anclaje al soporte.

El material constructivo será PVC con un diámetro nominal de 3/4" (25 mm), buscando un equilibrio entre velocidad de flujo y pérdidas de carga. Se colocará un tramo de 1/2" de PVC liso, y otro de 3/4" de PVC rugoso para llevar a cabo diferentes análisis.

- **Sistema de impulsión del fluido.** Para asegurar el correcto funcionamiento de la instalación, se utilizará una bomba centrífuga. Este equipo se encargará de suministrar agua al sistema, tomando el agua almacenada en un depósito situado al lado de la bomba, en el compartimento inferior de la mesa.

La figura 7 muestra el diseño final de la planta fluidodinámica.

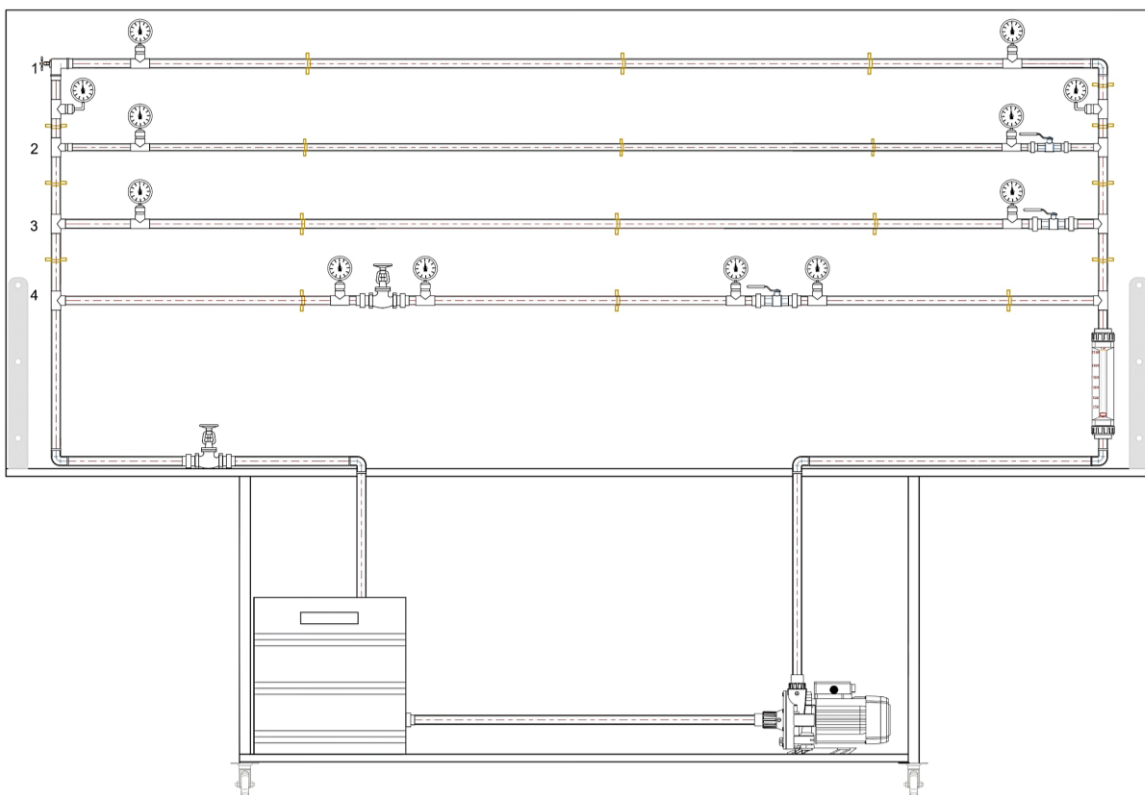


Figura 7. Diseño final de la planta fluidodinámica.

4. INSTALACIONES

En este apartado se indica el procedimiento que se ha seguido para el diseño de las instalaciones hidráulica y eléctrica de la planta fluidodinámica.

4.1. Instalación hidráulica

Como se ha indicado anteriormente, el proyecto requiere el dimensionamiento y selección de un equipo de impulsión de fluidos capaz de abastecer la planta fluidodinámica experimental. Para ello, se ha realizado un estudio de las condiciones de operación de la práctica diseñada.

El fluido utilizado será agua a temperatura ambiente (aproximadamente 20°C), circulando a una velocidad de entre 2 y 4 m/s. Trabajar a velocidades inferiores dificultaría la medición de las pérdidas de carga, pues la diferencia entre los puntos de estudio sería mínima.

A partir de estos parámetros, se han analizado las pérdidas de carga del sistema, aplicando el Balance de Energía Mecánica al circuito de mayor longitud, lo que ha permitido obtener los resultados presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la aplicación del Balance de Energía Mecánica.

V (m/s)	Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	Re	f _F	h _{fT} (m)	H (m)
2,00	2,49	0,0007	41832	5,45E-03	4,21	4,21
2,20	2,74	0,0008	46016	5,34E-03	5,05	5,05
2,40	2,99	0,0008	50199	5,24E-03	5,96	5,96
2,60	3,24	0,0009	54382	5,14E-03	6,94	6,94
2,80	3,49	0,0010	58565	5,06E-03	7,99	7,99
3,00	3,74	0,0010	62749	4,99E-03	9,12	9,12
3,20	3,99	0,0011	66932	4,92E-03	10,31	10,31
3,40	4,24	0,0012	71115	4,86E-03	11,58	11,58
3,60	4,49	0,0012	75298	4,80E-03	12,92	13,92
3,80	4,74	0,0013	79481	4,74E-03	14,32	16,32
4,00	4,99	0,0014	83665	4,69E-03	15,80	18,80

El equipo adecuado para este sistema será una bomba centrífuga, diseñada para fluidos de baja viscosidad y caudales reducidos. Tras realizar un estudio de la bomba Rover Pompe BE – M 20 CE, se ha determinado que no es apta para su uso, pues el caudal máximo que se podrá obtener es solamente 1.700 L/h.

Se propone un equipo alternativo que encaje con las condiciones de la planta fluidodinámica: el modelo MINOX–01 M–0 de la marca Bominox. Este equipo es capaz de operar con varios rodets y ofrece caudales que varían entre 2,55 y 3,10 m³/h, valores que también se encuentran dentro del rango recomendado.

4.2. Instalación eléctrica

El diseño de la instalación eléctrica de este proyecto tiene como objetivo la selección de un interruptor automático para proteger la bomba centrífuga en caso de fallos eléctricos. Este análisis se ha realizado para el equipo Bominox MINOX-01 M-0.

Tras realizar el estudio, se ha determinado la instalación de un interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A, con curva de disparo tipo C y capacidad de corte mínima de 6000 A. De esta manera, la instalación eléctrica incluirá los siguientes componentes:

- Clavija bipolar de 16 A / 250 V con toma de tierra lateral.
- Interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A, curva C con corte de 6 kA.
- Caja del interruptor magnetotérmico
- Interruptor bipolar de la bomba centrífuga.
- Cable de red de 2 x 1,5 m².

5. PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

El presente proyecto constituye el Trabajo Fin de Grado de la autora, siendo preciso cumplir el plazo de entrega del 23 al 27 de junio de 2025. A pesar de ser posible realizar modificaciones en la planta fluidodinámica experimental después de estas fechas, se ha optado por no considerar esa opción para evitar posibles desajustes entre la instalación final y la información que figura en el documento.

La fecha de puesta en marcha ha sido determinada por la proyectista, considerando su disponibilidad por motivos académicos. Así, se ha fijado para el inicio del proyecto el 15 de enero de 2025.

Para una adecuada programación, se han identificado las actividades que componen el proyecto y se ha elaborado un diagrama de Gantt que permitirá distribuir las según el calendario establecido.

No se contratará mano de obra externa, siendo la propia proyectista, con ayuda de los profesores del Departamento de Ingeniería Química, quienes se encarguen de la ejecución del proyecto. No se ha establecido un horario fijo de trabajo, contando con jornadas flexibles en función de los plazos de compra de los materiales, de la ausencia de clases en el laboratorio para el montaje, y de la disponibilidad de los implicados en la ejecución.

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados, se ha estimado que la fecha de finalización del proyecto será el 16 de mayo, contando con un margen de 42 días hasta la fecha límite de entrega del documento.

6. PRESUPUESTO

El presupuesto total del proyecto asciende a 2.760,70€, según se desglosa en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen del presupuesto de la planta fluidodinámica.

Capítulo	Importe (€)
1 CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA	1.612,99
2 INSTALACIÓN HIDRÁULICA	618,87
3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	49,71
Presupuesto de ejecución material (PEM)	2.281,57
21% IVA	479,13
Presupuesto de ejecución material con IVA (PEM + IVA)	2.760,70

Asciende el presupuesto de ejecución material con IVA a la expresada cantidad de DOS MIL SETECIENTOS SESENTA EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS.

En este caso, se ha decidido reducir costes tras la elaboración inicial del proyecto, prescindiendo de la contratación de profesionales y modificando la planificación de la instalación eléctrica. De este modo, se ha conseguido una disminución del PEM de 309,10€ más IVA, siendo el presupuesto final de ejecución de obra **2.386,69€ (dos mil trescientos ochenta y seis euros con sesenta y nueve céntimos).**

7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Las condiciones del presente proyecto no requieren la elaboración de un Estudio de Seguridad y Salud, ya que no involucra actividades relacionadas con la construcción u obra civil.

Los riesgos potenciales inherentes a la ejecución y a la operación de la planta fluidodinámica se han analizado de manera detallada en el *Documento 6: Prevención de Riesgos*.

8. IMPACTO AMBIENTAL

Las características del proyecto no están recogidas en la ley Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Por tanto, no es necesario realizar un Estudio de Impacto Ambiental ordinario ni simplificado.

Los residuos generados durante la ejecución de la planta fluidodinámica serán procesados junto con los demás desechos de los laboratorios de la Facultad de Ciencias.

9. EJECUCIÓN DE LA OBRA

Una vez diseñada la planta fluidodinámica, se ha ejecutado la obra siguiendo el proyecto elaborado. Durante el proceso de compra de materiales y montaje de la instalación, ha sido necesario realizar ciertas modificaciones para conseguir un resultado óptimo y adaptado al tiempo disponible de trabajo.

Se han realizado cambios respetando el diseño original, buscando alternativas lo más similares posible al proyecto. Así, se ha sustituido la bomba centrífuga por otra análoga con la instalación eléctrica ya incluida, reduciendo notablemente el tiempo de ejecución. Además, se ha aprovechado una manguera que traía el equipo para la línea de aspiración, reduciendo el uso de tubería de PVC para la conexión bomba – depósito.

El resultado final ubicado en el emplazamiento definitivo se muestra en la figura 8.



Figura 8. Planta fluidodinámica instalada en el laboratorio.

10. EMPLEO DE LA PLANTA FLUIDODINÁMICA

Como se ha mencionado anteriormente, la finalidad de la planta fluidodinámica es su utilización como práctica de laboratorio. Esta instalación formará parte de las prácticas de la asignatura de *Laboratorio de Química Industrial I*, correspondiente al Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales.

Se propone el uso de esta planta experimental para llevar a cabo dos tipos de análisis. En primer lugar, el alumnado deberá estudiar las pérdidas de carga que ocurren en diversos elementos, tales como tramos rectos de tuberías con diferentes diámetros y materiales, válvulas (abiertas total o parcialmente) o codos, entre otros. Este análisis permitirá a los estudiantes extraer conclusiones sobre la influencia de los distintos materiales de las tuberías, cómo los diámetros afectan la fricción del fluido, y el comportamiento de diversos tipos de válvulas.

En segundo lugar, los valores obtenidos a partir de las mediciones de pérdidas de carga menores (debidas a accesorios) permitirán determinar numéricamente el valor de K , el coeficiente de pérdida característico de cada accesorio hidráulico. Este estudio permitirá realizar una comparación entre los valores sugeridos en la bibliografía y los resultados empíricos, fomentando la reflexión sobre la similitud o disparidad entre ambos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gunt. Equipos para la educación en ingeniería. Programa completo. *Gunt.de*. [En línea] [Citado el: 28 de marzo de 2025.] https://www.gunt.de/images/download/Shortform_spanish.pdf.
2. AFT/B | Equipo de fricción en tuberías, con grupo hidráulico (FME00/B). *Edibon.com*. [En línea] [Citado el: 28 de marzo de 2025.] <https://www.edibon.com/es/equipo-de-friccion-en-tuberias-con-grupo-hidraulico-fme00-b>.
3. FME05 | Pérdidas de carga locales. *Edibon.com*. [En línea] [Citado el: 28 de marzo de 2025.] <https://www.edibon.com/es/perdidas-de-carga-locales>.
4. Facultade de Ciencias - Campus Terra - USC - Universidade de Santiago de Compostela. *Google.es/maps*. [En línea] [Citado el: 29 de marzo de 2025.] <https://maps.app.goo.gl/QfzUSwkCKgctwZ14A>.

ANEJO I

Selección de alternativas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	1
2. Alternativas de diseño	1
2.1. Conducciones. Dimensiones y materiales	1
2.2. Válvulas y otros elementos. Materiales	2
2.3. Tipos de válvulas	3
3. Metodología de análisis	3
3.1. Descripción general de la metodología de análisis	3
3.2. Determinación de los criterios de valoración	5
3.2.1 Material de las conducciones	5
3.2.2. Diámetros de las conducciones	6
3.2.3. Material de los elementos hidráulicos	9
3.2.4. Tipos de válvulas	10
3.3. Aplicación del método analítico	12
3.3.1. Material de las conducciones	12
3.3.2. Diámetros de las conducciones	14
3.3.3. Material de los elementos hidráulicos	17
3.3.4. Tipos de válvulas	19
4. Alternativas de selección directa	21
5. Selección final.....	22
Bibliografía	23

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objetivo la comparación de distintas alternativas disponibles para el proyecto llevado a cabo, con el fin de seleccionar aquella que más se adecúe a las necesidades del promotor.

Se llevarán a cabo análisis multicriterio siguiendo el método de suma ponderada en aquellas decisiones en las que se valoren más de dos criterios y más de dos alternativas. De este modo, se estudian los materiales constructivos de las conducciones, válvulas y otros elementos, buscando maximizar la durabilidad. Se comprueba qué diámetros de tubería y qué tipos de válvulas serán óptimos para un mejor estudio de las pérdidas por fricción. En todo momento se tiene en cuenta la minimización de los costes y la simplificación de los posibles mantenimientos que se realicen.

Por otro lado, la selección de la válvula de regulación del sistema, de las válvulas de corte de flujo y de los elementos de medición de presión y caudal se llevarán a cabo de forma directa. En estos casos, los criterios evaluados son escasos, siendo sencilla la toma de decisiones.

2. ALTERNATIVAS DE DISEÑO

2.1. Conducciones. Dimensiones y materiales

Las conducciones de la planta fluidodinámica deben ser del mismo material, a excepción de un tramo recto en el que se estudiará el efecto de la rugosidad. Se seleccionará un material entre: PVC, cobre, acero inoxidable, vidrio y polietileno.

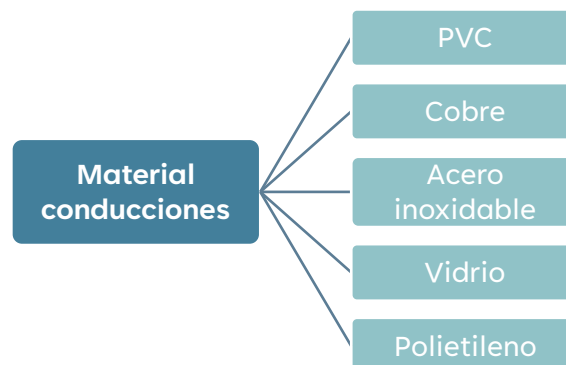


Figura 1. Alternativas para materiales de tuberías.

Por otro lado, es preciso conocer los diámetros de las tuberías (y elementos). De nuevo, la mayor parte de los tubos tendrán las mismas características, exceptuando la línea 2,

que busca estudiar las diferencias de pérdidas de carga en distintas dimensiones de conducción.

Se valoran como opciones los diámetros nominales: 3/8", 1/2", 3/4", 1" Y 1½". Es importante tener en cuenta que debe haber cierta diferencia entre tuberías para observar variaciones en los efectos del flujo, sin seleccionar tamaños elevados para reducir costes.

Se realiza el análisis de estas dimensiones por duplicado, para determinar el diámetro principal y secundario, cambiando los criterios evaluados en cada caso.

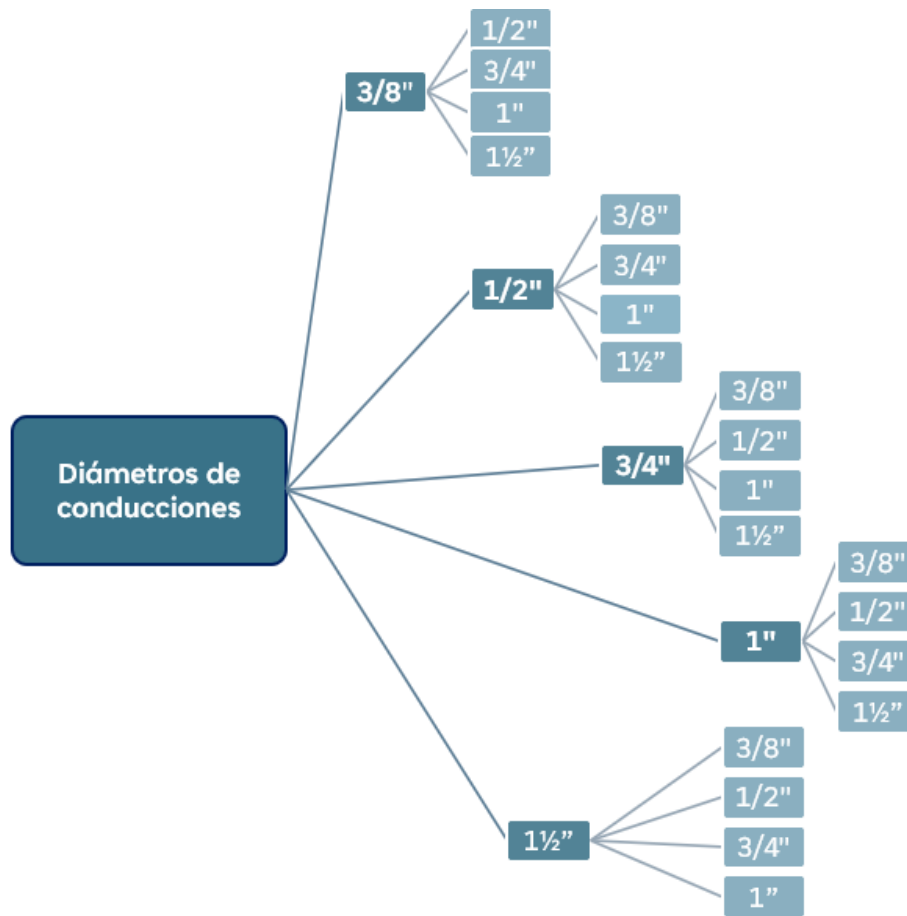


Figura 2. Alternativas de combinaciones de diámetros de tuberías.

2.2. Válvulas y otros elementos. Materiales

La planta fluidodinámica contará con diferentes válvulas, “tes” y otros elementos que dirijan el flujo. Estos deben ser de materiales compatibles con las tuberías, facilitando el ensamblaje, y con una durabilidad adecuada para el uso que se les va a dar. Se intentará que todos los elementos tengan la misma composición.

Se contemplan como opciones: PVC, cobre, acero inoxidable y latón.

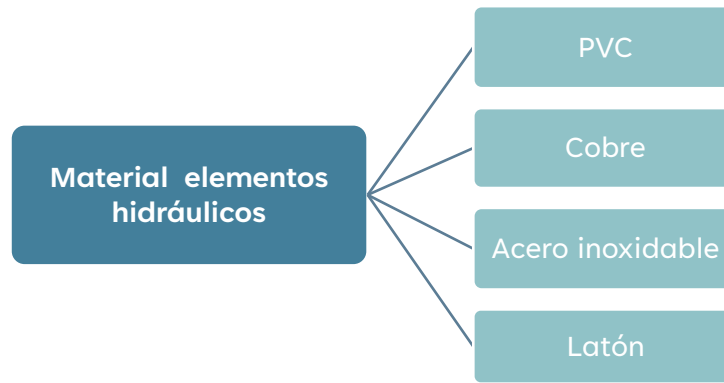


Figura 3. Alternativas para materiales de elementos hidráulicos.

El diámetro de los elementos se selecciona directamente a partir de las dimensiones de las conducciones.

2.3. Tipos de válvulas

Se busca analizar las pérdidas de carga en dos válvulas, preferiblemente de regulación. Se valoran para este fin: válvula de globo, en ángulo de 90°, de compuerta y válvula de aguja.

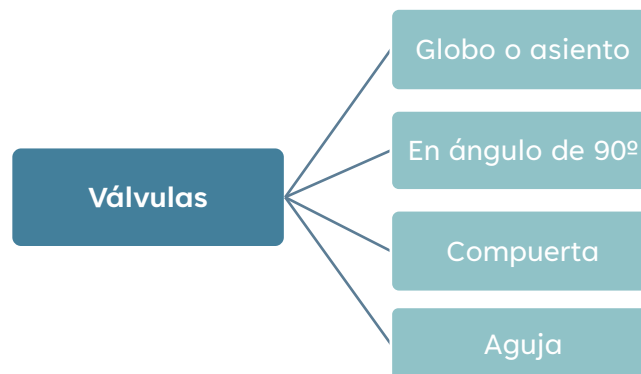


Figura 4. Alternativas de válvulas.

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

3.1. Descripción general de la metodología de análisis

La selección de la alternativa óptima para el diseño de la planta fluidodinámica experimental se rige por un análisis multicriterio basado en el método de ponderación lineal o suma ponderada (1). El proceso es el siguiente:

1. Determinación de los criterios que se valoran en cada alternativa.

2. Valoración de los diferentes criterios, con una puntuación de 1 a 10. En función de si se busca maximizar o minimizar, se preferirá una cifra final alta o baja, respectivamente.
3. Unificación del modo de evaluación de los criterios en caso de ser necesario. Si se busca maximizar, aquellos valores en los que la mejor puntuación sea la relativa a una cifra baja deberán ser reajustados. Un ejemplo es la evaluación de costes: el objetivo es obtener un precio bajo, pero la utilización directa de estos valores llevaría a una mejor puntuación del elemento más caro.

Se aplica la ecuación 1 para obtener los valores inversos, en escala de 1 a 10.

$$C'_i = \frac{C_{\text{máx}} - C_i}{C_{\text{máx}} - C_{\text{mín}}} \quad (\text{Ec. 1})$$

siendo:

- C'_i : valor inverso de la variable a recalcular en cada una de las alternativas del criterio.
 - $C_{\text{máx}}$: valor máximo de la variable en el criterio estudiado.
 - $C_{\text{mín}}$: valor mínimo de la variable en el criterio estudiado.
 - C_i : valor de la variable que se está recalculando en cada una de las alternativas del criterio.
4. Cambio de la base de puntuación. Se aplica la ecuación 2 para trabajar sobre datos homogéneos.

$$C_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{k=1}^n c_{ik}} \quad (\text{Ec. 2})$$

donde:

- C_{ij} : valor normalizado de la variable j para la alternativa i.
 - c_{ij} : valor inicial de la variable j para la alternativa i.
 - n: número total de alternativas evaluadas para un criterio.
 - $\sum_{k=1}^n c_{ik}$: suma de los valores de la variable j en cada una de las alternativas del criterio estudiado.
5. Ponderación de cada criterio en función de su importancia o interés.
 6. Obtención de la suma ponderada para cada alternativa. Selección de la óptima.

3.2. Determinación de los criterios de valoración

Se realizan diferentes análisis multicriterio para cada uno de los elementos a seleccionar, adaptando los criterios de puntuación a las situaciones individuales. Los costes tomados como referencia para el estudio de alternativas no son vinculantes. El precio de cada elemento instalado se especifica en el *Documento 4. Mediciones y presupuesto*.

3.2.1 Material de las conducciones

Se debe seleccionar el material principal para las tuberías, presente en la gran mayoría de secciones. La decisión se basa en la puntuación de los siguientes criterios:

- **Coste.** Uno de los objetivos principales es la reducción del coste total, valorándose positivamente que un material sea barato.
- **Durabilidad.** Se busca conseguir una instalación fiable, resistente y que no requiera mantenimientos de forma recurrente.
- **Facilidad de instalación.** La ejecución del proyecto y los futuros mantenimientos deben ser lo más sencillos posible. Se evitan uniones complejas, soldaduras y otras posibles dificultades.
- **Peso.** Cuanto más ligero sea el material empleado, menor será la carga estructural, aumentando la seguridad de la instalación. Se puntúa de 1 a 10 el peso, siendo 10 el material más ligero.
- **Disponibilidad en el mercado.** Se debe tener en cuenta la posibilidad de necesitar reemplazos en futuros mantenimientos. Cuanto más sencillo esa comprar la conducción empleada, mejor.
- **Disponibilidad en diferentes diámetros.** Es importante que estén disponibles diferentes dimensiones de tubería para el material seleccionado. Si bien es sencillo comprar conducciones de 1", al buscar diámetros inferiores puede dificultarse la búsqueda. La planta fluidodinámica contará con tuberías de dos tamaños diferentes, siendo uno de ellos posiblemente reducido.

Cada criterio tiene un peso diferente en la selección de la alternativa idónea. En la tabla 1 se indica la ponderación que se aplica a cada uno en una escala de 0 a 1, siendo 0 el menor valor y 1 el mayor.

Tabla 1. Ponderaciones de los criterios de materiales para conducciones.

Criterio	Ponderación	Justificación
Coste	0,7	El coste de las conducciones tiene una gran influencia en el presupuesto final. Se considera importante reducir los gastos dentro de lo posible, sin poner en entredicho la fiabilidad de la instalación.
Durabilidad	0,2	Las condiciones de operación requieren materiales con una resistencia media. Se valora que no se quiebren o rompan con el paso del tiempo.
Facilidad de instalación	0,8	El ensamblaje de los elementos debe ser sencillo, sin necesidad de equipamientos o técnicas complejas.
Peso	0,3	La estructura diseñada puede soportar pesos relativamente elevados. No se considera un factor determinante.
Disponibilidad en el mercado	0,7	La búsqueda de repuestos a un precio asequible es especialmente importante para evitar que la instalación caiga en desuso.
Disponibilidad en diferentes diámetros	0,8	Se requiere el uso de diferentes diámetros. Esto tiene que ser factible para el material seleccionado. De lo contrario, parte de la instalación pierde sentido.

3.2.2. Diámetros de las conducciones

Se deben seleccionar dos tuberías diferentes en función de su diámetro, valorando diferentes criterios para la composición principal y para la secundaria.

Comenzando con el diámetro de la mayoría de las conducciones, se evalúa:

- **Coste.** Interesa reducir el gasto dentro de lo posible.
- **Pérdida de carga.** Si bien se están estudiando las pérdidas por fricción, es interesante que la instalación global no aporte excesiva resistencia al flujo,

permitiendo el uso de equipos de impulsión más sencillos y, por ende, más económicos. Cuanta menor sea la fricción, más alta será la puntuación.

- **Accesibilidad en el mercado.** Se valora positivamente el uso de tuberías comerciales. Cuanta mayor sea la presencia en comercios genéricos, menos problemático será realizar mantenimientos (y menor será el coste).
- **Compatibilidad con otros elementos.** Los diámetros de las tuberías influyen en las dimensiones de los elementos como válvulas, codos, “tes”, etc. Es interesante seleccionar un tamaño que permita encontrar estas piezas en el mercado a bajo coste. En caso contrario, se requiere el uso de reducciones o ensanchamientos para las uniones, encareciendo el precio de la instalación.
- **Conexión con equipo de impulsión.** Un condicionante del promotor es el uso de la bomba Rover Pompe BE-M 20 CE. Las conexiones de este equipo son de 1/2" de diámetro nominal (20 mm de diámetro interno) (2). Se valora positivamente que la conducción no requiera ensanchamiento o reducción para conectarse con la bomba.

Se determina una ponderación para cada criterio, redistribuyendo el peso que cada uno tiene en la selección del diámetro de las conducciones. En la tabla 2 se indican estos valores con la correspondiente justificación.

Tabla 2. Ponderaciones de los criterios del diámetro principal de las conducciones.

Criterio	Ponderación	Justificación
Coste	0,7	Mismo razonamiento que en la selección de material: las conducciones suponen una parte considerable del presupuesto total, por lo que optimizar su coste es importante.
Pérdida de carga	0,6	Si las pérdidas de carga de la instalación son altas, la capacidad de impulsión de la bomba centrífuga se incrementa, pudiendo llegar a suponer un problema en el caudal total obtenido.
Accesibilidad en el mercado	0,8	En caso de necesitar realizar mantenimientos a la instalación, debe ser sencillo encontrar repuestos de los materiales empleados.
Compatibilidad con otros elemento	0,6	Es primordial que las válvulas y otros elementos empleados (de las mismas dimensiones que las conducciones principales) tengan una amplia disponibilidad en el mercado. Esto facilita la reposición de piezas si es necesario, además de suponer un menor coste llegado el caso.
Conexión con equipo de impulsión	0,3	Para conectar tuberías de PVC con la bomba, que es metálica, será necesario inevitablemente el uso de uniones. En principio, no supondría un problema añadir una reducción o ensanchamiento para un correcto acople.

En cuanto al tramo de tubería secundario, los criterios a evaluar cambian:

- **Coste.** De nuevo, uno de los principales objetivos es la reducción del gasto.
- **Pérdida de carga.** En este caso, se buscan conducciones cuyas pérdidas de carga difieran de las de la tubería principal. La función de la tubería secundaria es permitir la comparación del efecto de la fricción en conducciones de diferentes diámetros. Se valora positivamente que exista esa diferencia, bien por pérdidas mucho mayores, bien por mucho menores.

- **Accesibilidad en el mercado.** A pesar de tratarse de un tramo corto de tubería, se sigue valorando positivamente una presencia amplia del diámetro escogido en las tiendas. Este criterio tendrá menos peso que en el anterior análisis.
- **Compatibilidad con otros elementos.** Este tramo de tubería también deberá ser apto para ciertos elementos hidráulicos, valorándose de nuevo el uso de dimensiones comerciales.

En este caso, la importancia de los criterios evaluados también varía, como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Ponderaciones de los criterios del diámetro secundario de las conducciones.

Criterio	Ponderación	Justificación
Coste	0,7	La justificación es la misma. Si bien el coste del tramo de tubería secundario no supone un gran cambio en el presupuesto, se valora muy positivamente que el esfuerzo económico necesario para realizar mantenimientos sea mínimo.
Pérdida de carga	0,6	Es importante que las pérdidas de carga difieran de las de la conducción de 3/4" para poder hacer comparaciones.
Accesibilidad en el mercado	0,5	El tramo secundario supone una parte reducida del total de la instalación, por lo que no tiene tanto peso la facilidad de compra de repuestos.
Compatibilidad con otros elemento	0,3	Apenas se necesitan elementos para este tramo de conducción, por lo que es aceptable ser laxos con este criterio.

3.2.3. Material de los elementos hidráulicos

La selección del material de válvulas, “tes”, codos y otros elementos viene dada por los siguientes criterios:

- **Coste.** Se valora positivamente un precio reducido de los elementos.

- **Disponibilidad.** Es importante seleccionar elementos de un material ampliamente comercializado. Esto facilita su reposición en caso de rotura, y está vinculado a un menor coste.
- **Durabilidad.** Algunos elementos de la planta fluidodinámica serán manipulados habitualmente, como es el caso de las válvulas. Se busca un material resistente al uso prolongado.
- **Conexión con tuberías.** La selección del material de los elementos hidráulicos depende de la conducción escogida. Una conexión sencilla y rápida será valorada positivamente, mientras que las posibles incompatibilidades restarán interés a ciertos materiales. Por ejemplo, si se determina que las tuberías deben ser de cobre, una “te” de PVC será difícil e incómoda de conectar.

Las ponderaciones de los mencionados criterios se distribuyen según la tabla 4.

Tabla 4. Ponderaciones de los criterios del material de los elementos hidráulicos.

Criterio	Ponderación	Justificación
Coste	0,7	Se prioriza el precio de los elementos sobre otros factores, pues el uso que va a recibir la planta fluidodinámica no supondrá un desgaste rápido.
Disponibilidad en el mercado	0,7	Es primordial facilitar la ejecución de mantenimientos en caso de ser necesario.
Durabilidad	0,4	Como se ha mencionado, el desgaste de los elementos no será severo, permitiéndose el uso de materiales menos resistentes.
Conexión con tuberías	0,8	Se debe facilitar el ensamblaje inicial y los futuros mantenimientos.

3.2.4. Tipos de válvulas

Se deben seleccionar dos válvulas mediante la evaluación de:

- **Coste.** Se valora positivamente aquella opción más barata.
- **Caída de presión.** Es interesante la detección de pérdidas de carga. Por tanto, se puntúa positivamente una caída de presión alta.

- **Disponibilidad en el mercado.** En caso de realizar mantenimientos a la planta fluidodinámica, es importante disponer fácilmente de repuestos en tiendas.
- **Guiado del flujo.** Este criterio estudia el interés de ciertas válvulas a la hora de colocarlas en la instalación. El diseño de la planta fluidodinámica engloba cuatro tramos horizontales de tubería, conectados al comienzo y al final por conducciones encargadas del abastecimiento y desagüe del agua.

Ciertas válvulas, como la de ángulo de 90°, encajan mejor en el diseño de la instalación por su forma. Se valora, por tanto, la optimización del espacio gracias a la combinación de funcionalidad y dirección del fluido.

- **Durabilidad.** Los mecanismos de las válvulas de regulación suelen estropearse con el uso y el paso del tiempo. Se valora positivamente que su diseño no requiera mantenimientos habituales, espaciando todo lo posible su sustitución o reparación.

Cada criterio tiene un peso diferente, según se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Ponderaciones de los criterios de selección de válvulas.

Criterio	Ponderación	Justificación
Coste	0,4	El precio de dos válvulas no supone, en principio, una gran diferencia en el presupuesto.
Caída de presión	0,3	Todas las válvulas estudiadas ejercen una resistencia al flujo detectable.
Disponibilidad en el mercado	0,6	Debe ser lo más sencillo posible comprar repuestos para futuros mantenimientos.
Guiado del flujo	0,6	Optimizar la configuración de los circuitos es importante. Se pueden ahorrar piezas (por ejemplo, al sustituir un codo de 90° por una válvula de 90° para un mismo recorrido).
Durabilidad	0,8	Evitar averías es importante si se quiere evitar que la instalación deje de ser utilizada. El uso de piezas problemáticas llevaría al abandono de la planta.

3.3. Aplicación del método analítico

Una vez determinados los criterios de valoración de las distintas alternativas, se procede a la aplicación del método de suma ponderada del análisis multicriterio.

3.3.1. Material de las conducciones

Se construye la matriz del análisis multicriterio (tabla 6). Para comparar el coste de las tuberías, se ha tomado como diámetro de referencia 1”.

Tabla 6. Matriz del análisis multicriterio del material de las conducciones.

Alternativas Criterios	PVC	Cobre	Acero inox.	Vidrio	Polietileno
Coste (€/m)	1,68 (3)	10,58 (4)	20,90 (5)	82,38 (6)	0,76 (7)
Durabilidad	8	9	9	3	8
Facilidad de instalación	10	5	5	3	6
Peso	9	3	4	5	10
Disponibilidad en mercado	9	8	6	4	9
Diferentes diámetros	9	9	8	7	9

En este caso, el objetivo es maximizar el resultado final, siendo el elemento óptimo aquel con mayor puntuación. Por tanto, es preciso recalcular la forma en la que se evalúan los costes, trabajando con el valor equivalente inverso. Se reajusta mediante la ecuación 1, obteniéndose los datos de la tabla 7.

Tabla 7. Matriz del análisis multicriterio del material de las conducciones. Valores inversos reajustados.

Alternativas Criterios	PVC	Cobre	Acero inox.	Vidrio	Polietileno	Σ
Coste (€/m)	0,99	0,88	0,81	0,00	1,00	3,68
Durabilidad	8	9	9	3	8	37,00
Facilidad de instalación	10	5	5	3	6	29,00
Peso	9	3	4	5	10	31,00
Disponibilidad en mercado	9	8	6	3	9	35,00
Diferentes diámetros	9	9	8	7	9	42,00

Se reajustan las puntuaciones para que estén en base a la misma escala mediante la ecuación 2. Los resultados se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Matriz del análisis multicriterio del material de las conducciones. Valores homogéneos.

Alternativas Criterios	PVC	Cobre	Acero inox.	Vidrio	Polietileno
Coste (€/m)	0,27	0,24	0,22	0,00	0,27
Durabilidad	0,22	0,24	0,24	0,08	0,22
Facilidad de instalación	0,34	0,17	0,17	0,10	0,21
Peso	0,29	0,10	0,13	0,16	0,32
Disponibilidad en mercado	0,26	0,23	0,17	0,09	0,26
Diferentes diámetros	0,21	0,21	0,19	0,17	0,21

Finalmente, se aplican en la tabla 9 las ponderaciones correspondientes a cada criterio y se suman los valores recalculados.

Tabla 9. Matriz del análisis multicriterio del material de las conducciones. Valores ponderados y suma final.

Alternativas Criterios	Pond.	PVC	Cobre	Acero inox.	Vidrio	Polietileno
Coste (€/m)	0,7	0,19	0,17	0,15	0,00	0,19
Durabilidad	0,2	0,04	0,05	0,05	0,02	0,04
Facilidad de instalación	0,8	0,28	0,14	0,14	0,08	0,17
Peso	0,3	0,09	0,03	0,04	0,05	0,10
Disponibilidad en mercado	0,7	0,18	0,16	0,12	0,06	0,18
Diferentes diámetros	0,8	0,17	0,17	0,15	0,13	0,17
TOTAL		0,95	0,71	0,65	0,34	0,85

Se concluye que el mejor material para las conducciones de la planta fluidodinámica del presente proyecto es el PVC, seguido del polietileno y cobre.

3.3.2. Diámetros de las conducciones

Para la selección de las dimensiones de las conducciones, se parte de la información obtenida en el análisis multicriterio 3.3.1. *Material de las conducciones*.

3.3.2.1. Diámetro principal de las conducciones

Se construye la matriz del análisis multicriterio (tabla 10).

Tabla 10. Matriz del análisis multicriterio del diámetro principal de las conducciones.

Alternativas Criterios	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
Coste (€/m)	6,17 (8)	1,00 (9)	1,30 (10)	1,68 (3)	3,52 (11)
Pérdida de carga	2	4	7	9	10
Accesibilidad en mercado	5	8	9	8	7
Compatibilidad con otros elementos	4	7	9	9	7
Conexión con bomba	7	10	7	5	2

El coste está valorado de forma inversa al resto de criterios. Se recalcula su puntuación mediante la ecuación 1, de modo que se permita maximizar todos los parámetros. En la tabla 11 se indica muestra la matriz modificada.

Tabla 11. Matriz del análisis multicriterio del diámetro principal de las conducciones. Valores inversos reajustados.

Alternativas Criterios	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	Σ
Coste (€/m)	0,00	1,00	0,94	0,87	0,51	3,32
Pérdida de carga	2	4	7	9	10	32,00
Accesibilidad en mercado	5	8	9	8	7	37,00
Compatibilidad con otros elementos	4	7	9	9	7	36,00
Conexión con bomba	7	10	7	5	2	31,00

Aplicando la ecuación 2, se unifica la base de puntuación de los diferentes criterios para conseguir una comparación más eficaz (tabla 12).

Tabla 12. Matriz del análisis multicriterio del diámetro principal de las conducciones. Valores homogéneos.

Alternativas Criterios	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
Coste (€/m)	0,00	0,30	0,28	0,26	0,15
Pérdida de carga	0,06	0,13	0,22	0,28	0,31
Accesibilidad en mercado	0,14	0,22	0,24	0,22	0,19
Compatibilidad con otros elementos	0,11	0,19	0,25	0,25	0,19
Conexión con bomba	0,23	0,32	0,23	0,16	0,06

Finalmente, se aplican las ponderaciones correspondientes a cada criterio y se realiza la suma para cada alternativa (tabla 13).

Tabla 13. Matriz del análisis multicriterio del diámetro principal de las conducciones. Ponderación y suma final.

Alternativas Criterios	Pond.	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
Coste (€/m)	0,7	0,00	0,21	0,20	0,18	0,11
Pérdida de carga	0,6	0,04	0,08	0,13	0,17	0,19
Accesibilidad en mercado	0,8	0,11	0,17	0,19	0,17	0,15
Compatibilidad con otros elementos	0,6	0,07	0,12	0,15	0,15	0,12
Conexión con bomba	0,3	0,07	0,10	0,07	0,05	0,02
TOTAL		0,28	0,67	0,74	0,72	0,58

El diámetro empleado para la mayor parte de las conducciones será 3/4".

3.3.2.2. Diámetro secundario de las conducciones

De nuevo, se construye la matriz del análisis multicriterio (tabla 14).

Tabla 14. Matriz del análisis multicriterio del diámetro secundario de las conducciones.

Alternativas Criterios	3/8"	1/2"	1"	1 1/2"
Coste (€/m)	6,17 (8)	1,00 (9)	1,68 (3)	3,52 (11)
Pérdida de carga	9	7	7	9
Accesibilidad en mercado	5	8	8	7
Compatibilidad con otros elementos	4	7	9	7

Se aplica la ecuación 1 para invertir los valores del coste (tabla 15).

Tabla 15. Matriz del análisis multicriterio del diámetro secundario de las conducciones. Valores inversos reajustados.

Alternativas Criterios	3/8"	1/2"	1"	1 1/2"	Σ
Coste (€/m)	0,00	1,00	0,87	0,51	2,38
Pérdida de carga	9	7	7	9	32,00
Accesibilidad en mercado	5	8	8	7	28,00
Compatibilidad con otros elementos	4	7	9	7	27,00

A partir de la ecuación 2, se unifica la base de puntuación de los criterios en la tabla 16.

Tabla 16. Matriz del análisis multicriterio del diámetro secundario de las conducciones. Puntuaciones homogéneas.

Alternativas Criterios	3/8"	1/2"	1"	1 1/2"
Coste (€/m)	0,00	0,42	0,36	0,22
Pérdida de carga	0,28	0,22	0,22	0,28
Accesibilidad en mercado	0,18	0,29	0,29	0,25
Compatibilidad con otros elementos	0,15	0,26	0,33	0,26

Por último, en la tabla 17 se aplican las ponderaciones a cada criterio y se realiza la suma.

Tabla 17. Matriz del análisis multicriterio del diámetro secundario de las conducciones. Ponderación y suma final.

Alternativas Criterios	Pond.	3/8"	1/2"	1"	1 1/2"
Coste (€/m)	0,7	0,00	0,29	0,26	0,15
Pérdida de carga	0,6	0,17	0,13	0,13	0,17
Accesibilidad en mercado	0,5	0,09	0,14	0,14	0,13
Compatibilidad con otros elementos	0,3	0,04	0,08	0,10	0,08
TOTAL		0,30	0,65	0,63	0,52

El diámetro empleado para el tramo de tubería de la línea 3 será 1/2".

3.3.3. Material de los elementos hidráulicos

Para hacer una comparación efectiva del coste de los elementos, se toma como referencia una "te" de 3/4". El estudio se realiza en base a las conducciones principales, de PVC y diámetro 3/4".

Se comienza construyendo la matriz para el análisis (tabla 18).

Tabla 18. Matriz del análisis multicriterio del material de elementos hidráulicos.

Alternativas Criterios	PVC	Cobre	Acero inox.	Latón
Coste (€)	2,79 (12)	6,99 (13)	5,62 (14)	2,75 (15)
Disponibilidad en el mercado	9	7	5	7
Durabilidad	7	9	10	9
Conexión con tuberías	10	5	3	4

Se aplica la ecuación 1 para invertir los valores del coste, haciéndolos aptos para maximizar, en la tabla 19.

Tabla 19. Matriz del análisis multicriterio del material de elementos hidráulicos. Valores inversos reajustados.

Alternativas Criterios	PVC	Cobre	Acero inox.	Latón	Σ
Coste (€)	0,99	0,00	0,32	1,00	2,31
Disponibilidad en el mercado	9	7	5	7	28,00
Durabilidad	7	9	10	9	35,00
Conexión con tuberías	10	5	3	4	22,00

Se aplica la ecuación 2 para unificar los valores, obteniéndose los datos de la tabla 20.

Tabla 20. Matriz del análisis multicriterio del material de elementos hidráulicos. Unificación de puntuaciones.

Alternativas Criterios	PVC	Cobre	Acero inox.	Latón
Coste (€)	0,43	0,00	0,14	0,43
Disponibilidad en el mercado	0,32	0,25	0,18	0,25
Durabilidad	0,20	0,26	0,29	0,26
Conexión con tuberías	0,45	0,23	0,14	0,18

Finalmente, se aplican las ponderaciones y se suman los resultados en la tabla 21.

Tabla 21. Matriz del análisis multicriterio del material de elementos hidráulicos. Ponderaciones y suma final.

Alternativas Criterios	Pond.	PVC	Cobre	Acero inox.	Latón
Coste (€)	0,7	0,30	0,00	0,10	0,30
Disponibilidad en el mercado	0,7	0,23	0,18	0,13	0,18
Durabilidad	0,4	0,08	0,10	0,11	0,10
Conexión con tuberías	0,8	0,36	0,18	0,11	0,15
TOTAL		0,97	0,46	0,45	0,73

Se determina que el material idóneo es el PVC. En caso de no encontrar un determinado elemento de la composición seleccionada, se buscará el mismo en latón, la segunda opción con mejor puntuación.

3.3.4. Tipos de válvulas

La comparación se realiza para diferentes tipos de válvulas de diámetro 3/4". Si bien se ha priorizado el PVC como material constructivo, esta no es una opción ampliamente comercializada, de modo que se han tomado de referencia válvulas metálicas.

Se construye la matriz del análisis multicriterio (tabla 22).

Tabla 22. Matriz del análisis multicriterio de selección de válvulas.

Alternativas Criterios	Globo	Ángulo 90°	Compuerta	Aguja
Coste (€)	106,90 (16)	15,63 (17)	7,05 (18)	63,96 (19)
Caída de presión	8	7	7	9
Disponibilidad en el mercado	9	7	8	6
Guiado del flujo	5	10	5	5
Durabilidad	7	7	9	6

Se invierten los valores del coste mediante la ecuación 1 para invertir los valores del coste, obteniéndose la tabla 23.

Tabla 23. Matriz del análisis multicriterio del tipo de selección de válvulas. Valores inversos reajustados.

Alternativas Criterios	Globo	Ángulo 90°	Compuerta	Aguja	Σ
Coste (€)	0,00	0,91	1,00	0,43	2,34
Caída de presión	8	7	6	9	30,00
Disponibilidad en el mercado	9	7	8	6	30,00
Guiado del flujo	5	10	5	5	25,00
Durabilidad	7	7	9	6	29,00

Se unifican los valores de cada criterio mediante la ecuación 2 para unificar los valores, obteniéndose la tabla 24.

Tabla 24. Matriz del análisis multicriterio del tipo de selección de válvulas. Unificación de puntuaciones.

Alternativas Criterios	Globo	Ángulo 90°	Compuerta	Aguja
Coste (€)	0,00	0,39	0,43	0,18
Caída de presión	0,27	0,23	0,20	0,30
Disponibilidad en el mercado	0,30	0,23	0,27	0,20
Guiado del flujo	0,20	0,40	0,20	0,20
Durabilidad	0,24	0,24	0,31	0,21

Finalmente, se aplican las ponderaciones y se suman los resultados en la tabla 25.

Tabla 25. Matriz del análisis multicriterio del tipo de selección de válvulas. Ponderaciones y suma final.

Alternativas Criterios	Pond.	Globo	Ángulo 90°	Compuerta	Aguja
Coste (€)	0,4	0,00	0,16	0,17	0,07
Caída de presión	0,3	0,08	0,07	0,06	0,09
Disponibilidad en el mercado	0,6	0,18	0,14	0,16	0,12
Guiado del flujo	0,6	0,12	0,24	0,12	0,12
Durabilidad	0,8	0,19	0,19	0,25	0,17
TOTAL		0,58	0,78	0,76	0,57

Se seleccionan, por tanto, las válvulas de compuerta y de ángulo de 90°.

4. ALTERNATIVAS DE SELECCIÓN DIRECTA

Como se ha indicado al comienzo del presente anejo, ciertos elementos pueden ser seleccionados sin necesidad de cálculos o métodos específicos. El tipo de la válvula de regulación que acompaña a la bomba centrífuga o las válvulas de corte de flujo que se usarán para guiar el fluido en diferentes circuitos dependen únicamente del coste y del material de las tuberías. Los elementos de medida de presión y caudal, en cambio, se estudian en base al precio y las condiciones de operación de la instalación, según los datos del *Anejo III. Instalaciones*.

Todas las válvulas serán, siempre que sea posible, de PVC. Como material secundario se contará con latón. Su diámetro será siempre acorde al de la conducción que se les acopla: 3/4" en la mayoría de casos y, en el tramo de dimensiones reducidas, 1/2".

En cuanto al tipo de válvula empleada:

- **Válvula para el sistema.** Siguiendo los datos del análisis multicriterio del apartado 3.3.4. *Tipo de válvulas de regulación*, la válvula de compuerta es la más económica, y es fácilmente localizable en tiendas.
- **Válvula de corte de flujo.** Se requiere la instalación de cuatro válvulas que permitan cerrar o abrir circuitos según se necesite. La opción más económica y con mayor disponibilidad en el mercado es la válvula de bola. Es posible encontrarla en los diámetros seleccionados, y su caída de presión es baja.

Por otro lado, se determina el modo en que se medirán la presión y el caudal del sistema:

- **Medida de presión:** La opción más económica, fácil de encontrar y adecuada para la planta fluidodinámica es el manómetro de glicerina. Proporciona una precisión elevada y es posible conseguirlo en una escala acorde a la instalación.
- **Medida de caudal:** En base al coste, rango de flujo y material de las tuberías, se empleará un rotámetro de plástico que permita la unión encolada con la instalación.

5. SELECCIÓN FINAL

Para concluir, se han agrupado las alternativas seleccionadas para cada uno de los análisis llevados a cabo en el presente documento. Se muestra el conjunto final de decisiones en la tabla 26.

Tabla 26. Resumen de las alternativas seleccionadas.

Análisis	Alternativa seleccionada	
Material de las conducciones	PVC	
Diámetro de las conducciones	Principal	3/4"
	Secundario	1/2"
Material de los elementos hidráulicos	PVC. Si no es posible, latón.	
Tipo de válvulas	Válvula 1	En ángulo 90°
	Válvula 2	Compuerta
Material de otras válvulas	PVC. Si no es posible, latón	
Tipo de válvula para bomba	Compuerta	
Tipo de válvula de corte de flujo	Válvula de bola	
Medidor de presión	Manómetro de glicerina	
Medidor de caudal	Rotámetro	

BIBLIOGRAFÍA

1. Aznar Bellver, Jerónimo y Guijarro Martínez, Francisco. *Nuevos métodos de valoración. Modelos multicriterio*. Valencia : Editorial Universitat Politècnica de València, 2012. ISBN: 9788483639825.
2. Rover Pompe. Instrucciones para el uso. Bombas y electrobombas autocebantes de doble sentido. s.l. : Rover Pompe, 2015.
3. ROLLO HIDROTUBO Ø32MM 25M. *Obramat.es*. [En línea] [Citado el: 23 de marzo de 2025.] <https://www.obramat.es/rollo-hidrotubo-o32mm-25m-10885770.html>.
4. BARRA Ø28MM 2.5M COBRE. *Obramat.es*. [En línea] [Citado el: 22 de marzo de 2025.] <https://www.obramat.es/barra-28mmx2-5m-cobre-10864721.html>.
5. JINFEUGE Tubo de Acero Inoxidable 304 Tubo de Metal Recto Hueco 28-32 Mm Od, 1-3,0 Mm de Espesor de Pared, 500 Mm de Longitud/32Mm*3.0Mm*500Mm. *Amazon.es*. [En línea] [Citado el: 22 de marzo de 2025.] <https://amzn.eu/d/0BIV3kc>.
6. 1 pieza de tubo de vidrio de cuarzo, O.D. 30 mm/31 mm, 1,5 mm/2 mm, L. 200 mm/250 mm/300 mm/400 mm/1000 mm, tubo de vidrio resistente a altas temperaturas. *es.aliexpress.com*. [En línea] [Citado el: 22 de marzo de 2025.] <https://es.aliexpress.com/item/32908923855.html?>
7. Tubería para riego y agrícola 32mm (1") 50 m. *Leroymerlin.es*. [En línea] [Citado el: 22 de marzo de 2025.] <https://www.leroymerlin.es/productos/tuberia-para-riego-y-agricola-32mm-1-50-m-17063312.html>.
8. Manguera de PVC trenzado transparente de 10 mm de diámetro interior (3/8 pulgadas), 5 metros, tubo reforzado resistente para usos de alta presión, flexible para tubo de agua, gas, aceite, grado. *Amazon.es*. [En línea] [Citado el: 23 de marzo de 2025.] <https://amzn.eu/d/8xGCQON>.
9. ROLLO HIDROTUBO Ø20MM 25M. *Obramat.es*. [En línea] [Citado el: 23 de marzo de 2025.] <https://www.obramat.es/rollo-hidrotubo-o20mm-25m-10885763.html>.
10. ROLLO HIDROTUBO Ø25MM 25M. *Obramat.es*. [En línea] [Citado el: 23 de marzo de 2025.] <https://www.obramat.es/rollo-hidrotubo-o25mm-25m-10886365.html>.
11. ROLLO HIDROTUBO Ø50MM 25M. *Obramat.es*. [En línea] [Citado el: 23 de marzo de 2025.] <https://www.obramat.es/rollo-hidrotubo-o50mm-25m-10885791.html>.
12. Te lisa PVC Presión con rosca 25 mm de Ø 3/4" hembra. *Leroymerlin.es*. [En línea] [Citado el: 23 de marzo de 2025.] <https://www.leroymerlin.es/productos/te-lisa-pvc-presion-con-rosca-25-mm-de-3-4-hembra-12165825.html>.
13. Te hembra/hembra 3/4" 25 mm. *Leroymerlin.es*. [En línea] [Citado el: 23 de marzo de 2025.] <https://www.leroymerlin.es/productos/te-hembra-hembra-3-4-25-mm-82096171.html?highlightedOfferCode=4bf0b90100b0dac1ad4dbcdd485604931b872a70&gQT=1>.

14. 3/4" Tee 3 Manera Hembra Acero Inoxidable 304 Conexión De Tubo Roscado BSP. *Amazon.es*. [En línea] [Citado el: 23 de marzo de 2025.] <https://amzn.eu/d/cIDRNc1>.
15. TE LATÓN 3/4" HEMBRA ROSCAR. *Obramat.es*. [En línea] [Citado el: 23 de marzo de 2025.] <https://www.obramat.es/te-3-4-hembra-roscar-10369611.html?srsId=AfmBOooMsx0rnu8F8ixUf2iAWwvKA-4UVgLi0bacAUDqvtwj9Mal9mJ8>.
16. Válvula de globo Valsteam ADCA 551259, BSP de 3/4 pulg., 32 bar. *rs-online.com*. [En línea] [Citado el: 24 de marzo de 2025.] <https://es.rs-online.com/web/p/valvulas-de-globo/9171665>.
17. tecuro Válvula de bola angular con rosca G 3/4 pulgadas x rosca hembra Rp 3/4 pulgadas, latón niquelado. *Amazon.es*. [En línea] [Citado el: 24 de marzo de 2025.] <https://amzn.eu/d/31uQ91R>.
18. Válvula compuerta H-H 3/4". *Manomano.es*. [En línea] [Citado el: 24 de marzo de 2025.] https://www.manomano.es/p/valvula-compuerta-h-h-34-37614369?model_id=25598313.
19. Válvula de aguja de latón G3/4" PTFE 100 bar - NLB. *Tameson.es*. [En línea] [Citado el: 24 de marzo de 2025.] <https://tameson.es/products/g3-4-valvula-de-aguja-de-laton-ptfe-100-bar-nlb-tameson-nlb-034>.

ANEJO II

Ingeniería del diseño

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción.....	1
2. Elementos del montaje.....	1
2.1. Soporte en T.....	1
2.2. Montaje hidráulico.....	2
2.3. Impulsión de fluidos y abastecimiento de agua.....	4
3. Ejecución del montaje diseñado.....	8
4. Diseño final.....	13
Bibliografía.....	15

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se concretan los aspectos constructivos de la planta fluidodinámica objeto de este proyecto. Se profundizará en los materiales empleados y en el montaje de los distintos elementos.

El objetivo es conseguir un diseño cómodo y que genere los menores problemas posibles, evitando que la práctica caiga en desuso, como sucedió con su predecesora. Al mismo tiempo, se busca que la inversión económica del montaje no sea elevada.

2. ELEMENTOS DEL MONTAJE

La planta fluidodinámica se compone, a grandes rasgos, de un tablero vertical que albergue las distintas tuberías y accesorios, y de una superficie que actúe como soporte de la misma.

2.1. Soporte en T

Siendo la idea principal de este proyecto conseguir un montaje que no exija una gran inversión, cualquier mesa o mueble similar será adecuada para soportar el montaje. El soporte puede ser comprado, hecho a medida o reutilizado.

En este caso, se ha decidido emplear la estructura de una mesa de laboratorio, de altura estándar, 80 cm de ancho y 1,80 metros de largo, retirando el tablero inicial. Sobre el soporte metálico se colocarán dos tableros de melamina en forma de T gracias al anclaje con escuadras como las mostradas en la figura 1.

El tablero horizontal tendrá unas dimensiones de 1 metro de ancho, 3 metros de largo y un grosor de 19 mm. El tablero vertical será similar, variando su ancho a 1,2 metros.



Figura 1. Escuadra metálica para anclar los tableros (1).

La mesa escogida cuenta con dos niveles, permitiendo colocar en la parte inferior el depósito de agua y la bomba. Es especialmente conveniente esta distribución, pues la toma de agua y el desagüe quedan a la misma altura que estos.

Las dimensiones del montaje requieren la ayuda de ruedas para su traslado, algo que inevitablemente sucederá a lo largo de la vida útil del mismo, bien por mantenimientos puntuales, o bien por su reubicación en el laboratorio. Entre otras razones, la práctica predecesora de este proyecto cayó en desuso por la gran dificultad que suponía trasladarla desde los antiguos laboratorios hasta el lugar donde el montaje actual estará situado. Este proyecto, como ya se ha mencionado, tiene como objetivo principal conseguir solventar las problemáticas que lleven al abandono de la instalación.

2.2. Montaje hidráulico

El montaje hidráulico es la parte clave de la planta fluidodinámica diseñada, pues permitirá llevar a cabo diferentes ensayos de laboratorio de especial interés docente. Estará compuesto por diferentes tuberías y accesorios, además de elementos de medida de presión y regulación de caudal. Se construirá un circuito de 1,2 metros de alto con cuatro bifurcaciones a tramos de 3 m de largo, desembocando en una tubería que lleve de vuelta el agua al depósito.

En la figura 2 se muestra un esquema preliminar del montaje descrito.

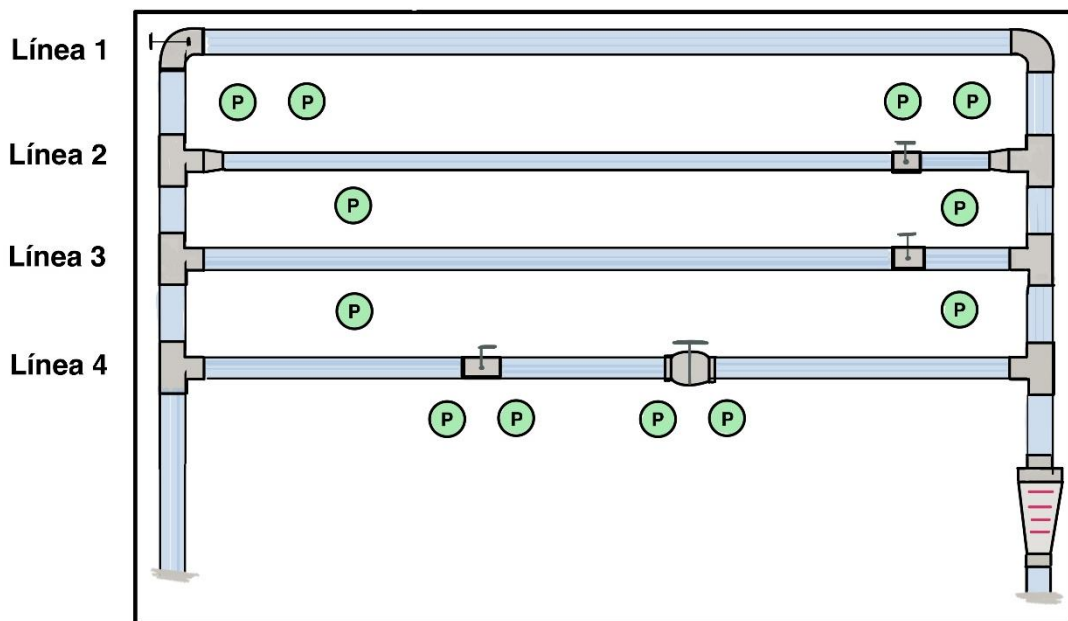


Figura 2. Esquema preliminar de la parte superior de la planta fluidodinámica.

Las líneas ascendente y descendente, 1 y 4, se compondrán de tuberías de PVC de 3/4" (25 mm). La línea 2 será también de PVC, pero de 1/2" (20 mm), y la línea 3 será de PVC rugoso, de 3/4". Se emplearán "tes" de PVC para bifurcar el flujo desde la "alimentación" y volver a unificarlo hacia el desagüe al final del recorrido, que circulará de derecha a izquierda.

En la parte superior, para trazar la curva, se emplearán un codo de 90° de PVC al inicio del tramo de la línea 1, y una válvula de regulación de 90° del mismo material al final. En el resto de conducciones, se colocarán válvulas de bola de PVC acordes al tamaño de la tubería. Las líneas 2 y 3 tendrán una única válvula ubicada al comienzo de estas, pues se busca medir la pérdida de carga por fricción en tramos rectos. En la última línea, la válvula de bola se combina con una válvula de compuerta, ambas ubicadas próximas al centro de la conducción, para permitir estudiar las pérdidas que estas producen en el fluido. Su posición busca evitar las turbulencias causadas por el cambio en la dirección del flujo.

Las mencionadas pérdidas por fricción se analizarán gracias a la medida de presión con manómetros de glicerina de rango 0 a 2,5 bar, acorde a las condiciones de operación del sistema. Se conectarán en los puntos de estudio:

- En la línea 1, se realizará la medida antes y después del codo y de la válvula de 90°, siendo posible estudiar la pérdida de carga en los mencionados accesorios y en el tramo recto.
- En las líneas 2 y 3 se medirá después de la válvula de bola y antes de la "te" final.
- En la línea 4 el objetivo es estudiar las pérdidas menores en accesorios, siendo precisa la colocación de los manómetros antes y después de las válvulas.

La instalación de los manómetros en la planta fluidodinámica se realizará empleando "tes" acordes al diámetro de las tuberías (3/4" o 1/2", según proceda). En la boquilla central se necesitarán reducciones para conseguir una salida de 1/4" que permita la conexión con el manómetro radial. En el caso de las líneas de 3/4", se requieren dos reducciones para alcanzar el diámetro ideal, mientras que en la línea de 1/2" es suficiente con una.

La figura 3 esquematiza el ensamblaje de los manómetros en las líneas de 3/4".



Figura 3. Conexión del manómetro con las tuberías de 3/4^a de la instalación.

Por otro lado, el caudal se medirá gracias a un rotámetro ubicado en la línea de impulsión, en la parte inferior del tablero vertical. Este elemento será limitante en la distribución del espacio debido a su tamaño, que supera los 28 cm.

La circulación del flujo se dirigirá gracias a las válvulas de bola y a la de 90°, cerrando aquellas en las que no se vaya a realizar la medida.

El circuito será cerrado, siendo alimentado por un depósito para evitar oscilaciones en el caudal producidas por el uso de grifos u otras prácticas en el laboratorio. Dichas variaciones podrían suponer un problema a la hora de realizar las medidas, retrasando la obtención de los resultados.

2.3. Impulsión de fluidos y abastecimiento de agua

Como se ha mencionado en anteriores apartados, la impulsión del agua será realizada por una bomba que hará circular por todo el circuito el fluido almacenado en un depósito. Ambos elementos se encontrarán en el nivel inferior del soporte o mesa escogido, aprovechando así el espacio al máximo.

Los cálculos que permiten la selección de la bomba se encuentran en el *Anejo III. Instalaciones*. En este caso, se empleará la bomba centrífuga modelo MINOX-01 M-0 de la marca Bominox (figura 4). En la tabla 1 se indican sus principales características.

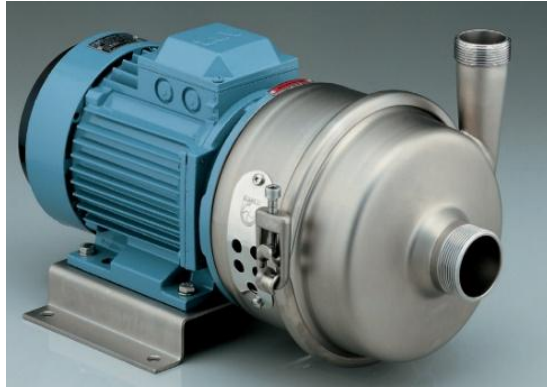


Figura 4. Bomba Bombinox MINOX-01 M-0 (2).

Tabla 1. Características de la bomba Bombinox MINOX-01 M-0 [(2), (3), (4)].

Marca	Bombinox
Modelo	MINOX-01 M-0
Material	Acero inoxidable AISI – 316L
Dimensiones (L x A x H)	327 x 135 x 161 (mm)
Peso	7,5 kg
Voltaje de alimentación	220 – 240 V
Frecuencia	50 Hz
Potencia	360 W (0,5 CV)
Capacitancia / Voltaje máximo condensador	8 μ F / 400V
Corriente nominal (In)	1,6 A
Caudal máximo (Q_{máx})	8,2 m ³ /h
Altura máxima (H_{máx})	7,8 m
Velocidad del motor	2900 rpm
Viscosidad máxima	500 cP
Presión máxima	16 bar
Rango de temperaturas	-25 a +180 °C

A la salida de la bomba se recomienda la instalación de una válvula de retención, para proteger al equipo del posible efecto ocasionado por el golpe de ariete en caso de fallos en el suministro eléctrico o en la impulsión del líquido. En este caso, dada la altura

limitada que alcanzará el agua y el bajo caudal de operación, se ha decidido prescindir de este elemento de seguridad.

El caudal se medirá con un rotámetro con rango de 600 a 6.000 L/h (figura 5), acorde al flujo proporcionado según los cálculos realizados en el *Anejo III. Instalaciones*.

Las características del rotámetro se muestran en la tabla 2. Es posible emplear otro elemento similar de diferente marca y modelo, siempre y cuando sea similar al seleccionado en este caso.



Figura 5. Rotámetro LZS – 32(D) (5).

Tabla 2. Características del rotámetro LZS – 25(D) (5).

Fabricante	Ftvogue
Modelo	LZS-32 (D)
Dimensiones (L x A)	288 x 74 mm
Diámetro interior	40 mm
Tipo de conexión	Boca plana de plástico (encolar)
Material	Plástico ABS
Tipo de flotador	PTFE
Rango de flujo	600 – 6.000 L/h
Temperatura de trabajo	0 – 60°C

Para controlar el flujo y facilitar mantenimientos, se colocará una válvula de compuerta en la línea de impulsión, entre la bomba y el rotámetro.

Todos los elementos serán de 3/4" y de PVC, permitiendo la unión por presión a las tuberías. En caso de no ser posible trabajar con este material (en ciertas válvulas, por ejemplo), se sustituirán por accesorios de latón.

En cuanto al depósito, se reutilizará una caja de plástico de marca Plastipol de 400 x 410 x 600 mm (figura 6), pues se encontraba en el laboratorio y apenas se utilizaba. Cuenta con medidas suficientes para albergar una cantidad de agua suficiente para el funcionamiento del sistema y, al mismo tiempo, cabe en el espacio asignado en el soporte.

Además, el material que la compone es fácil de perforar, permitiendo la instalación de racores. En la tabla 3 se indican sus características.



Figura 6. Caja de plástico EU – 6441L GR, marca Plastipol (6)

Tabla 3. Características del depósito/caja EU – 6441 L GR (7).

Marca	Plastipol
Modelo	EU – 6441 L GR
Dimensiones exteriores (L x A x H)	600 x 400 x 410 mm
Dimensiones interiores (L x A x H)	556 x 356 x 397 mm
Material	Polipropileno
Peso	3,55 kg

Es posible emplear cualquier elemento capaz de albergar agua sin fugas, siempre que sus dimensiones sean adecuadas para el hueco entre las dos tablas del soporte diseñado, y permitan almacenar un volumen de líquido suficiente para abastecer el montaje. Las cajas de plástico son la opción más cómoda, asequible y fácil de encontrar, pero no por ello es obligatorio emplearlas.

El volumen de agua necesario para llenar la totalidad del sistema se puede estimar a partir del volumen de las tuberías (ecuación 1).

$$V = \pi r^2 L \quad (Ec. 1)$$

donde:

- V es el volumen de la tubería (cilindro) en m³
- r es el radio de la tubería en m
- L es la longitud de la tubería

Para realizar el cálculo, se trabajará asumiendo que todas las tuberías tienen el mismo diámetro de 3/4" (21 mm de diámetro interno), pues simplifica la operación y el resultado no varía significativamente. La longitud total se aproxima y mayor a 18 m (en el *Anejo III. Instalaciones* se desglosan los diferentes tramos de tubería y sus características). Dicho valor engloba todas las conducciones, tanto las propias del montaje para estudio de pérdidas de carga, como las conexiones con el depósito y la bomba.

Se aplica la ecuación 1:

$$V = \pi \cdot \left(\frac{0,021}{2}\right)^2 \cdot 18 = 0,0062 \text{ m}^3 = 6,2 \text{ L}$$

Es crucial que el depósito siempre tenga una cantidad suficiente de agua para evitar la cavitación de la bomba centrífuga. Redondeando al alza el valor obtenido, se puede considerar que el sistema estará correctamente abastecido a partir de 10 L de agua. El depósito seleccionado tiene un volumen total de 78,6 L, siendo más que suficiente para el propósito descrito.

El depósito se conectará a las tuberías del laboratorio, de modo que el llenado y vaciado del mismo sea más sencillo.

3. EJECUCIÓN DEL MONTAJE DISEÑADO

En este apartado se adjuntan los esquemas de las diferentes secciones de la planta fluidodinámica:

- **Soporte en T.** Se muestra en la figura 7 el acoplamiento del tablero vertical que alberga los elementos hidráulicos a la estructura seleccionada.
- **Montaje vertical: elementos hidráulicos.** El esquema de la figura 8 permite identificar cada uno de los elementos que constituyen la planta fluidodinámica.
- **Conexión bomba – depósito – montaje vertical.** En la figura 9 se desglosan los elementos que permiten acoplar la bomba centrífuga al depósito, además de las conexiones entre las tuberías y estos dos elementos.
- **Conexiones depósito.** El depósito se enlazará con la toma de agua y el desagüe del laboratorio siguiendo el esquema de la figura 10.

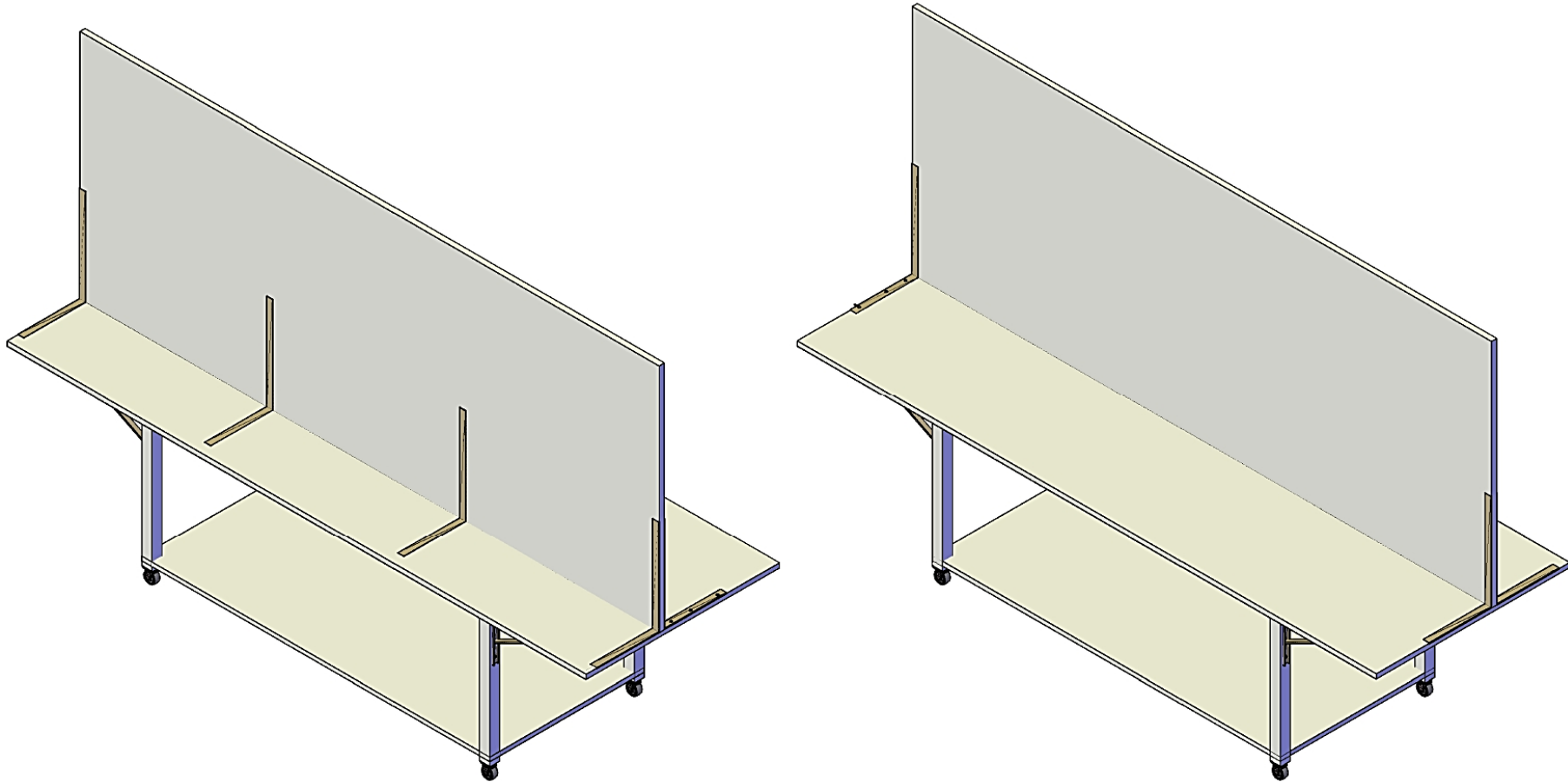
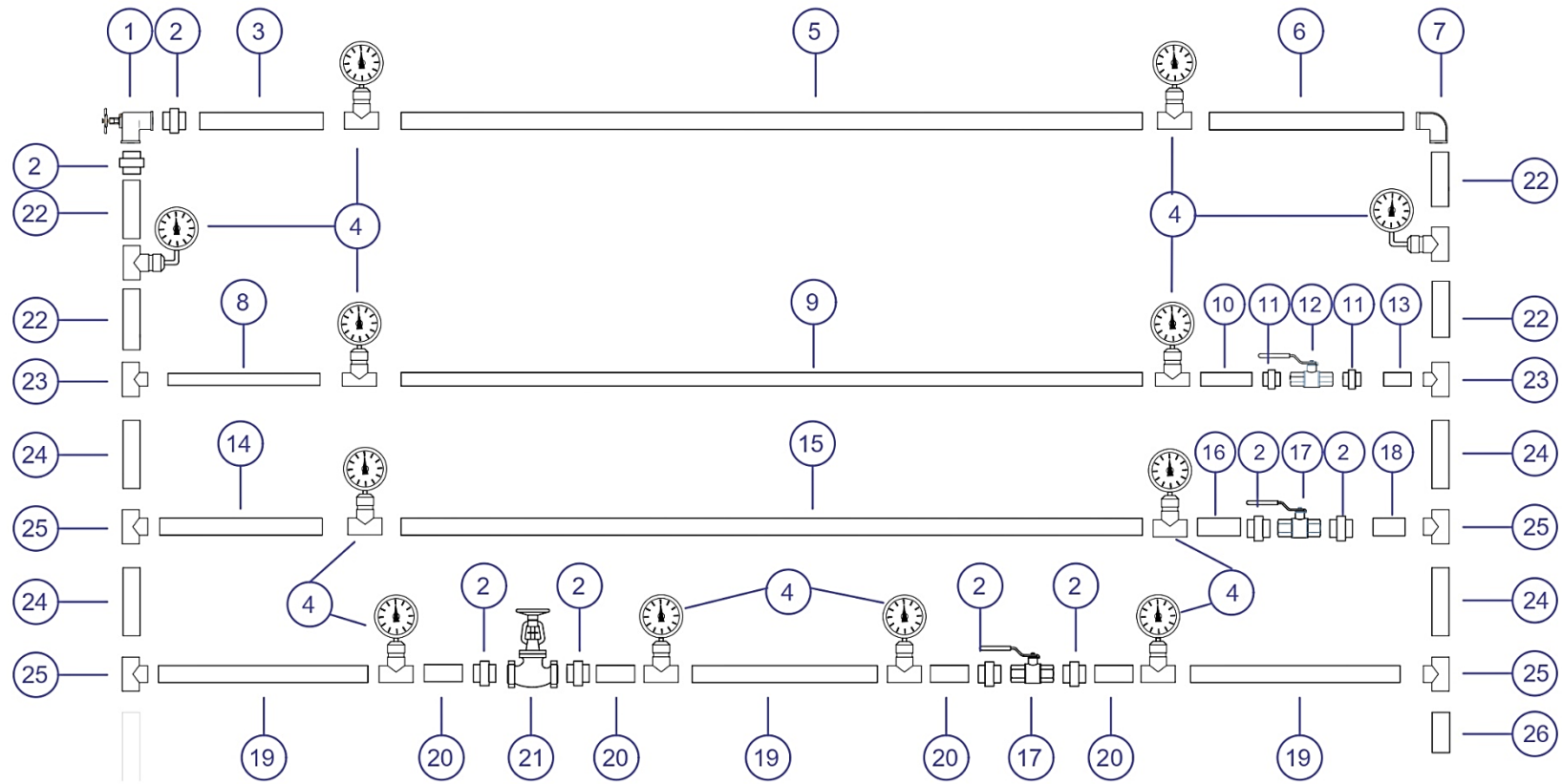
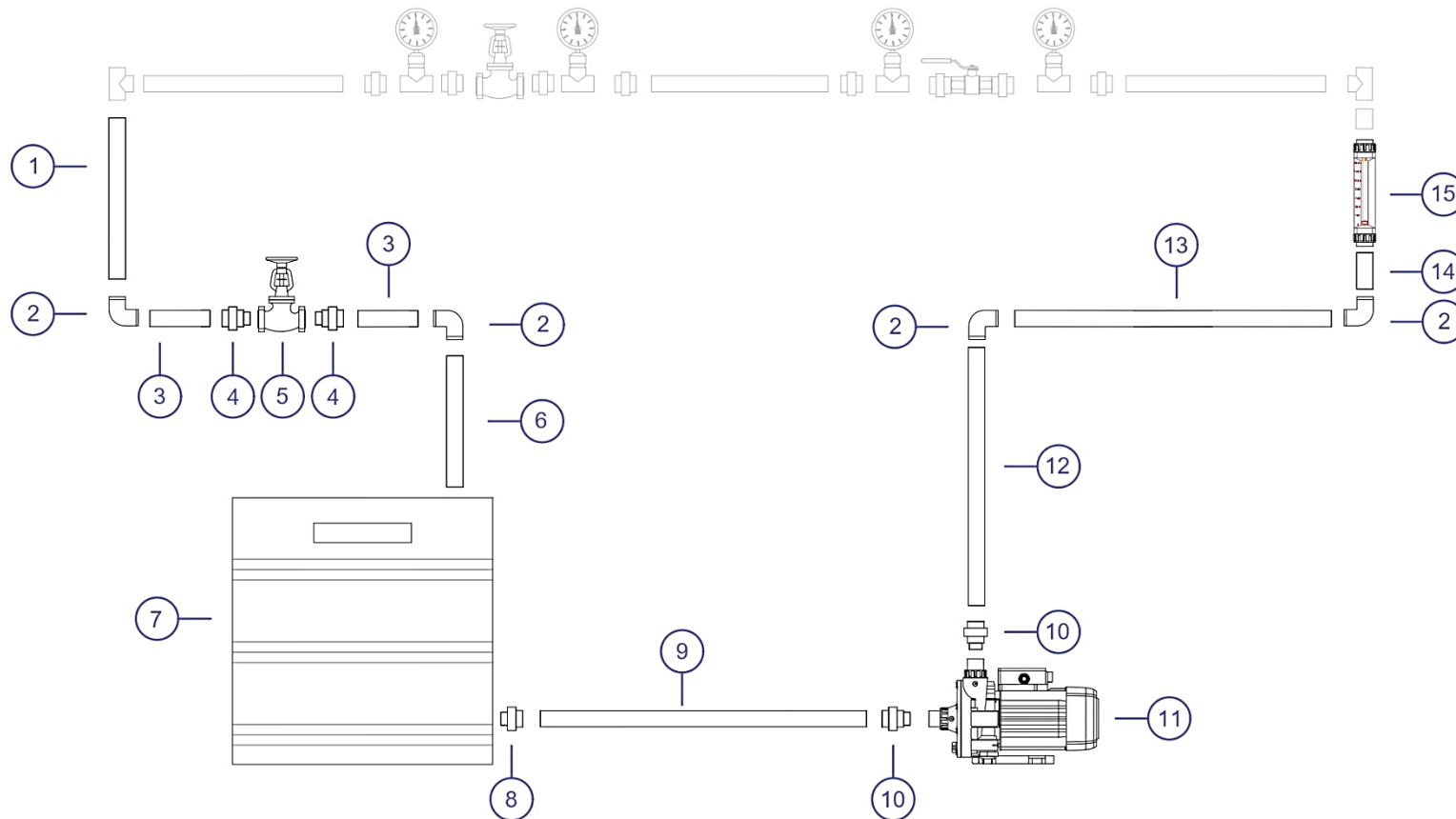


Figura 7. Anclaje del tablero a la mesa o soporte. Izquierda: sujeción trasera; derecha: sujeción frontal.



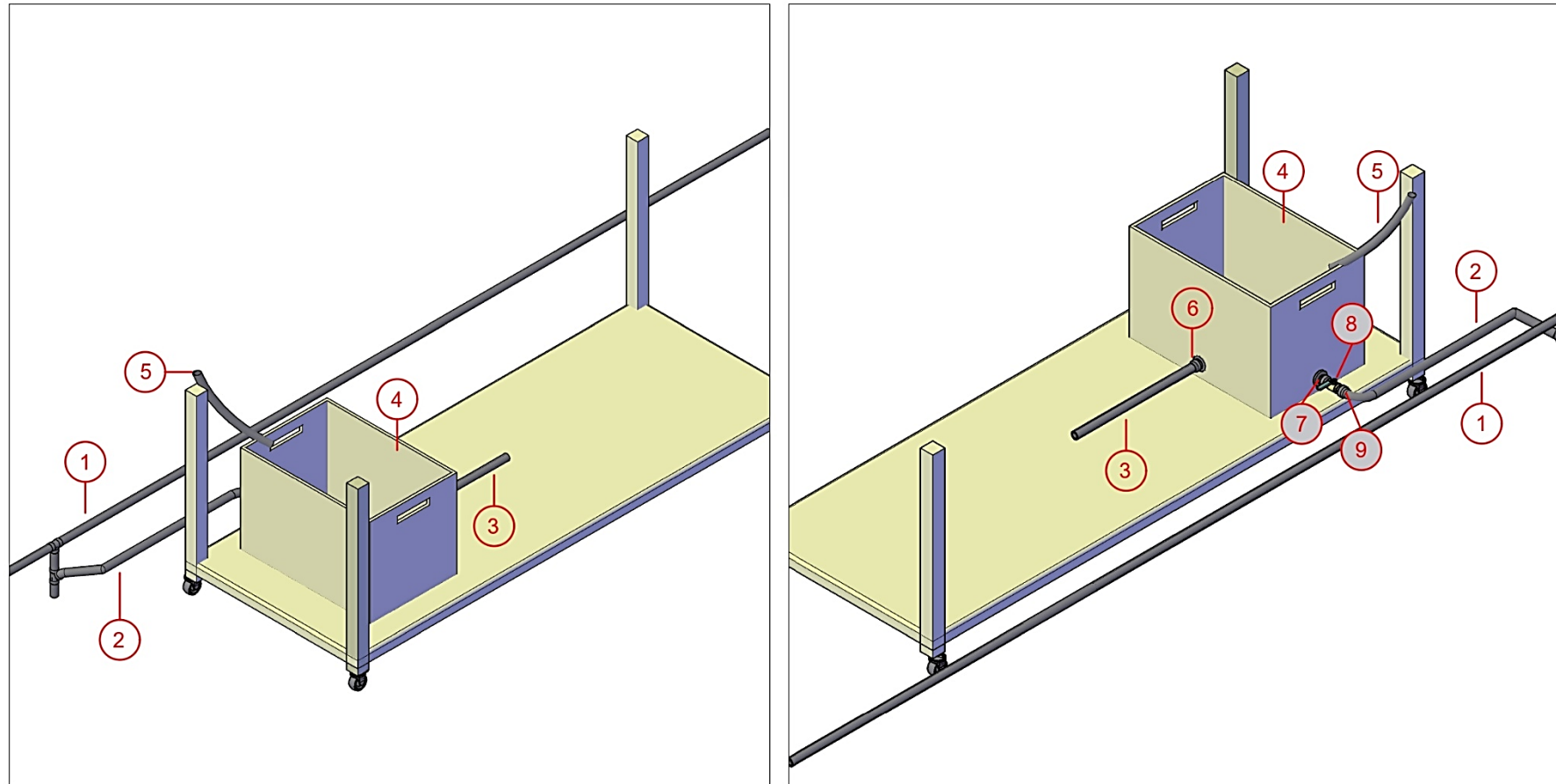
N°	Descripción	N°	Descripción	N°	Descripción
1	Válvula de regulación 90° latón 3/4"	10	Tubería PVC 1/2". L = 0,06 m	19	Tubería PVC 3/4". L = 0,74 m
2	Manguito PVC 3/4"	11	Manguito PVC 1/2"	20	Tubería PVC 3/4". L = 0,06 m
3	Tubería PVC 3/4". L = 0,15 m	12	Válvula bola PVC 1/2"	21	Válvula de compuerta latón 3/4"
4	Manómetro	13	Tubería PVC 1/2". L = 0,10 m	22	Tubería PVC 3/4". L = 0,12 m
5	Tubería PVC 3/4". L = 2,27 m	14	Tubería PVC rugoso 3/4". L = 0,20 m	23	Te PVC 3/4". Salida con reducción a 1/2"
6	Tubería PVC 3/4". L = 0,20 m	15	Tubería PVC rugoso 3/4". L = 2,27 m	24	Tubería PVC 3/4". L = 0,19 m
7	Codo 90° PVC 3/4"	16	Tubería PVC rugoso 3/4". L = 0,06 m	25	Te PVC 3/4"
8	Tubería PVC 1/2". L = 0,18 m	17	Válvula bola PVC 3/4"	26	Tubería PVC 3/4". L = 0,09 m
9	Tubería PVC 1/2". L = 2,27 m	18	Tubería PVC rugoso 3/4". L = 0,08 m		

Figura 8. Esquema de elementos que componen el montaje adherido al tablero vertical.



Nº	Descripción	Nº	Descripción
1	Tubería PVC 3/4". L = 0,35 m	9	Tubería PVC 3/4". L = 0,90 m
2	Codo 90° PVC 3/4"	10	Manguito PVC reducción 1" a 3/4"
3	Tubería PVC 3/4". L = 0,30 m	11	Bomba centrífuga
4	Manguito PVC 3/4"	12	Tubería PVC 3/4". L = 0,50 m
5	Válvula compuerta latón 3/4"	13	Tubería PVC 3/4". L = 0,75 m
6	Tubería PVC 3/4". L = 0,40 m	14	Tubería PVC 3/4". L = 0,07 m
7	Depósito	15	Rotámetro PVC
8	Racor latón 3/4"		

Figura 9. Esquema de conexión entre depósito, bomba centrífuga y montaje vertical.



Nº	Descripción	Nº	Descripción
1	Desagüe general del laboratorio	6	Racor latón 3/4"
2	Manguera flexible PVC 3/4". L = 1,5 m	7	Racor latón 1/2"
3	Tubería PVC - Conexión a bomba	8	Válvula de bola latón 1/2"
4	Depósito	9	Boquilla latón 1/2"
5	Toma general de agua del laboratorio		

Figura 10. Esquema de conexiones del depósito.

4. DISEÑO FINAL

El resultado final será una planta fluidodinámica con las siguientes características:

- Cuatro tramos de diferentes conducciones y accesorios:
 - Línea 1. Tubería de PVC de diámetro 3/4" para el análisis de pérdidas de carga en codo de PVC, válvula de regulación de 90° y estudio en tramos rectos.
 - Línea 2. Tubería de PVC de diámetro 1/2" para el estudio de pérdidas de carga en tramos rectos.
 - Línea 3. Tubería de PVC rugoso de diámetro 3/4" para el estudio de pérdidas de carga en tramos rectos.
 - Línea 4. Tubería de PVC de diámetro 3/4" para el análisis de pérdidas por fricción en válvula de bola y válvula de compuerta.
- Impulsión mediante bomba de centrífuga. A ella se conectan:
 - Válvula de bola y de compuerta para facilitar mantenimientos.
 - Rotámetro.
- Abastecimiento de agua mediante un depósito que facilita la operación con circuito cerrado.

La instalación se muestra en el esquema de la figura 11.

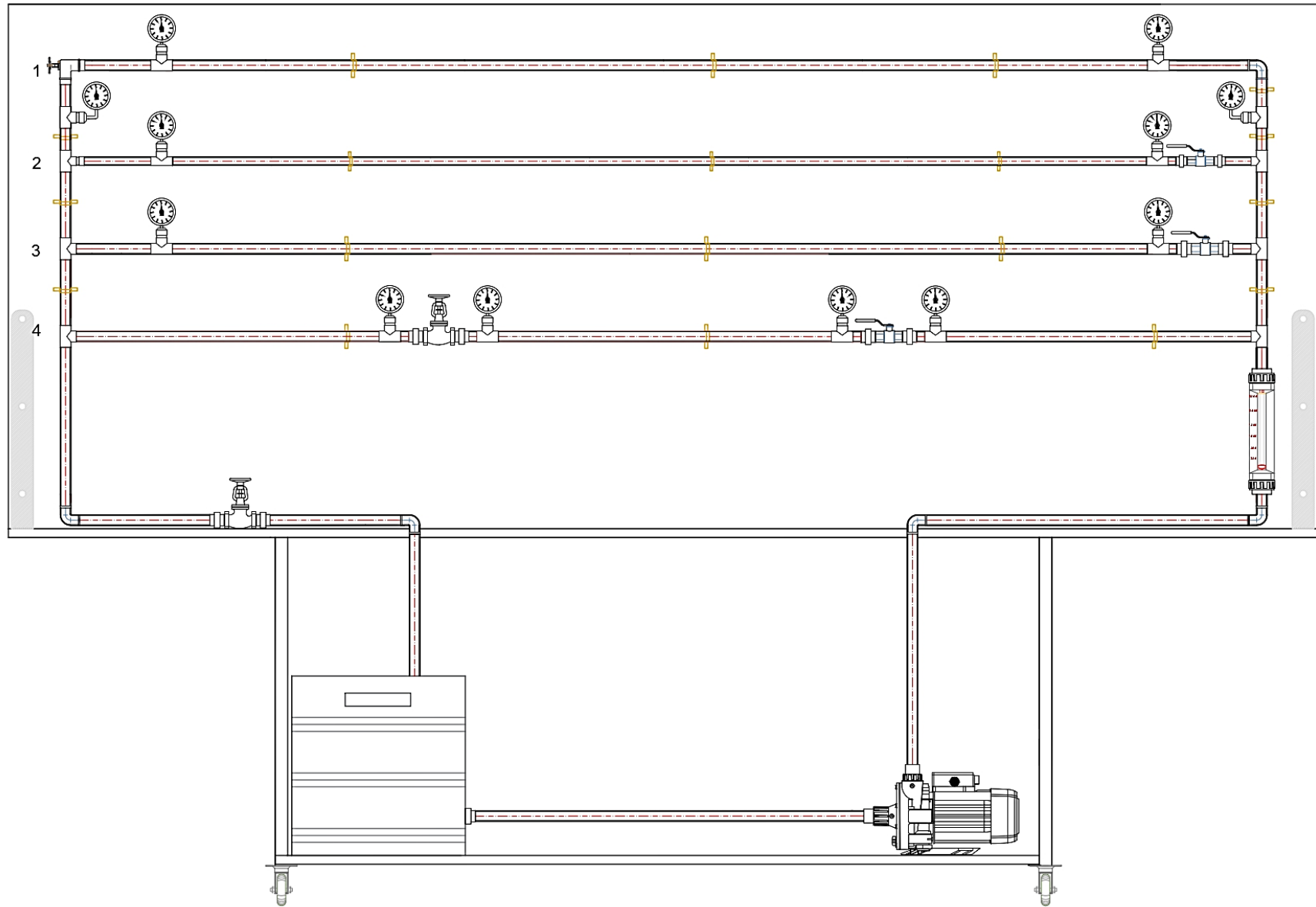


Figura 11. Esquema completo de la planta fluidodinámica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Escuadra metálica para balda reforzada Dolmen blanca 323 X 500 mm. *Obramat.es*. [En línea] [Citado el: 09 de marzo de 2025.] <https://www.obramat.es/productos/escuadra-metalica-para-balda-reforzada-dolmen-blanca-323-x-500-mm-25040835.html>.
2. Bominox. Bomba centrífuga monobloc MINOX-01 - Ficha técnica. *Bominox.com*. [En línea] [Citado el: 27 de marzo de 2025.] https://www.bominox.com/wp-content/uploads/2016/04/Bominox_Minnox-01_Data_Sheet.pdf.
3. Bominox. Curvas características MINOX-01 | SANIX-01 | ELNOX. *Bominox.com*. [En línea] [Citado el: 27 de marzo de 2025.] https://www.bominox.com/wp-content/uploads/2016/06/Bominox_Minnox-01_Sanix-01_Elnox_Performance_Curves_50Hz.pdf.
4. Bominox. Instrucciones de Instalación y Mantenimiento MINOX-01 | SANIX-01 | ELNOX-R/S/P. *Bominox.com*. [En línea] [Citado el: 28 de marzo de 2025.] https://www.bominox.com/wp-content/uploads/2016/04/Bominox_Minnox-01_Sanix-01_Elnox_Instruction_Manual.pdf.
5. Medidor de Flujo de Agua Tipo Tubo de Plástico de 0,6-6 M³/h Medidor de Flujo de Líquido con Flotador ABS para Tubería DN32 de 40 Mm. *Amazon.es*. [En línea] [Citado el: 20 de mayo de 2025.] <https://amzn.eu/d/8RhFSVZ>.
6. Caja plástica Norma Europea apilable EUROBOX EU - 6441L GR. *Plastipol.com*. [En línea] [Citado el: 9 de marzo de 2025.] <https://www.plastipol.com/almacenaje/cajas-plasticas/norma-europa/eurobox/caja-eu-6441l-gr>.
7. Plastipol S.A. Catálogo general. Sistemas de almacenaje y manutención. [En línea] [Citado el: 09 de marzo de 2025.] <https://www.plastipol.com/catalogo.pdf>.

ANEJO III
Instalaciones

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	1
1.1. Objeto del anejo	1
1.2. Alcance del proyecto	1
2. Instalación hidráulica	1
2.1. Definiciones y consideraciones	1
2.1.1. Tipo de fluido.....	2
2.1.2. Presión de un fluido	2
2.1.3. Pérdidas de carga en instalaciones hidráulicas	3
2.1.4. Impulsión de fluidos	7
2.1.5. Cavitación en equipos de impulsión	8
2.2 Cálculos justificativos.....	9
2.3. Selección del equipo de impulsión	14
2.3.1. Equipos alternativos disponibles en el mercado	16
2.3.2. Conclusiones y selección final.....	21
3. Instalación eléctrica	23
3.1. Riesgos eléctricos y medidas de protección	23
3.2. Selección del interruptor magnetotérmico	23
3.2.1. Intensidades de corriente	23
3.2.2. Curvas de disparo.....	25
3.2.3. Capacidad de corte.....	26
3.2.4. Número de polos.....	27
3.3. Características finales de la instalación eléctrica.....	27
Bibliografía	28

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto del anejo

El presente anejo tiene como objetivo la determinación de las características de las instalaciones de la planta fluidodinámica que se va a construir. Se busca garantizar la seguridad, fiabilidad y correcto funcionamiento del montaje.

La planta contará con una instalación hidráulica que compone la mayor parte del montaje: tuberías, válvulas y otros elementos, y una bomba centrífuga que impulse el fluido de operación. El primer apartado de este anejo incluye los cálculos que permiten la determinación de las características necesarias para seleccionar el equipo de impulsión adecuado, así como el estudio de las pérdidas de carga causadas por los elementos de la instalación.

Por otro lado, se considera precisa la instalación de medidas de protección ante posibles fallos eléctricos. El único elemento que se debe proteger en la planta es la bomba centrífuga que impulsará el fluido. El segundo apartado del presente anejo abarca, tanto el estudio de los distintos métodos de protección, su posterior selección y desglose de elementos eléctricos necesarios para instalar el cableado de alimentación de la bomba.

1.2. Alcance del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño y ejecución de una planta fluidodinámica que será empleada con fines docentes como práctica de laboratorio. Los aspectos estudiados para las instalaciones que componen el montaje atañen únicamente al mismo. No se realizarán modificaciones en la instalación propia del laboratorio, y se trabajará tomando como correctas las condiciones en las que se encuentre la misma, salvo detección de fallos durante el ensamblaje y puesta en marcha de la práctica.

2. INSTALACIÓN HIDRÁULICA

2.1. Definiciones y consideraciones

La mecánica de fluidos es el eje fundamental del presente proyecto, pues el objetivo final del mismo es el diseño de una planta fluidodinámica para analizar pérdidas de carga en válvulas, conducciones y otros elementos. Es interesante, por tanto, estudiar los conceptos clave sobre los que se rige este trabajo.

2.1.1. Tipo de fluido

En el montaje experimental que se está diseñando, se hará circular agua para realizar las medidas oportunas. Es indispensable determinar si el fluido utilizado es compresible o incompresible para realizar correctamente los cálculos.

La compresibilidad se refiere al cambio de volumen que sufre una sustancia si es sometida a un cambio de presión. Los líquidos apenas presentan variación en su volumen (o densidad), siendo considerados incompresibles. Los gases, en cambio, pueden ser o no compresibles en función de las variaciones que sufran. En este caso, como se ha mencionado, el fluido de proceso será agua líquida, de modo que la instalación hidráulica se basará en los principios que rigen el flujo incompresible. Además, se trabajará bajo las suposiciones de fluido ideal, algo que facilita los cálculos. (1)

2.1.2. Presión de un fluido

En términos generales, la presión se define como la relación entre la fuerza ejercida sobre una superficie y el área sobre la que actúa. Se pueden definir distintas presiones para líquidos en términos hidráulicos (1), (2):

- **Presión estática.** Intensidad de la fuerza aplicada a un fluido en equilibrio estático. Se trata de la presión normal a cualquier superficie en la que actúa, y su magnitud en un punto dado es la misma para cualquier orientación de la superficie.
- **Presión manométrica.** Diferencia entre la presión estática y la atmosférica. Es la presión que miden los manómetros y vacuómetros, dependiendo de si el fluido tiene presiones superiores o inferiores a la atmósfera, respectivamente.
- **Presión absoluta.** Suma de la presión manométrica y la atmosférica.
- **Presión de impacto.** Aquella ejercida sobre un plano perpendicular a la dirección de flujo.
- **Presión dinámica.** Diferencia entre la presión de impacto y la presión estática.

Como se ha definido en el *Anejo II. Ingeniería del diseño*, para la medida de presión en diferentes puntos de la conducción se instalarán manómetros con salida radial, conectados a “tes” de PVC que permitan su colocación en los puntos de estudio. Se utilizarán manómetros de glicerina para la lectura de la presión, obteniendo, por tanto, la presión manométrica del fluido.

La medida de presiones en distintos puntos busca permitir al alumnado probar empíricamente que existe una pérdida de carga del fluido cuando este atraviesa los diferentes elementos de la instalación.

2.1.3. Pérdidas de carga en instalaciones hidráulicas

En las instalaciones hidráulicas, se distinguen dos grandes causantes de las pérdidas de carga: las propias conducciones y los accesorios. Las primeras se denominan pérdidas de carga por fricción continua, o pérdidas mayores, y las segundas se conocen como pérdidas menores. Es interesante profundizar en estos conceptos, no solamente para el propio diseño de la instalación y selección del equipo de impulsión adecuado, sino también para establecer los principios que rigen el estudio empírico que se llevará a cabo en la práctica de laboratorio.

Las pérdidas de carga de una instalación, por tanto, se calculan como la suma de las diferentes pérdidas en tramos rectos de tubería y en accesorios, como se indica en la ecuación 1. (3)

$$h_{fT} = h_{f_{tramo\ recto}} + h_{f_{menores}} \quad (Ec. 1)$$

2.1.3.1. Pérdidas de carga en tramos rectos de conducciones

Las pérdidas de carga por fricción en tramos rectos se estudian de forma diferente en función del comportamiento reológico del fluido. En este caso, el agua se comporta como un fluido newtoniano, se empleará la ecuación de Fanning (ecuación 2) para la determinación de las pérdidas por rozamiento. (4)

$$h_{f_{tramo\ recto}} = 2 \cdot f_F \cdot \frac{L \cdot V^2}{D_i \cdot g} \quad (Ec. 2)$$

donde:

- $h_{f_{tramo\ recto}}$ son las pérdidas de carga por fricción continuas (m).
- f_F es el factor de fricción de Fanning
- L es la longitud de la tubería (m)
- V es la velocidad media (m/s)
- D_i es el diámetro interno de la conducción (m)
- g es el valor de la gravedad (m/s^2)

El factor de fricción de Fanning depende del número de Reynolds y, en el caso de flujo turbulento, también de la rugosidad relativa.

El número de Reynolds es un factor adimensional que indica si el régimen en el que circula un fluido es laminar o turbulento en base a la disipación de energía por efectos de la viscosidad. En condiciones de flujo interno en conducciones cilíndricas, $Re < 2.100$ indica régimen laminar, $Re > 4.000$ será régimen turbulento, y los valores intermedios se refieren a un régimen de transición.

Este parámetro adimensional puede determinarse de forma gráfica o analítica (ecuación 3). En este proyecto se emplearán métodos analíticos siempre que sea posible, para obtener resultados más exactos. (2), (4)

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D_i}{\mu} \quad (Ec. 3)$$

donde:

- Re es el número de Reynolds
- ρ es la densidad del fluido (kg/m^3)
- D_i es el diámetro interno de la tubería (m)
- μ es la viscosidad del fluido ($\text{kg/m}\cdot\text{s}$)
- V es la velocidad del fluido (m/s)

Por otro lado, la rugosidad relativa de una tubería (ϵ/D) relaciona el diámetro de la misma (D) y su rugosidad promedio (ϵ). Este parámetro permite tener en cuenta las imperfecciones que existan en las conducciones, causantes de fricción superior a los tubos “perfectos”. Como se ha mencionado, la rugosidad relativa solamente afecta a flujos turbulentos. (1)

En la tabla 1 se indican los valores promedio de rugosidad para distintos materiales de tuberías. Las conducciones empleadas en la instalación serán de PVC, teniendo una rugosidad prácticamente despreciable. La excepción es el tramo de la línea 3, donde el objetivo es precisamente el estudio del efecto de la rugosidad.

Tabla 1. Valores de diseño de ϵ de tuberías de distintos materiales. (1)

Material	Rugosidad ϵ (m)
Vidrio	Liso
Plástico	$3 \cdot 10^{-7}$
Tubo estirado; cobre, latón, acero	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Acero, comercial o soldado	$4,6 \cdot 10^{-5}$
Hierro galvanizado	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Hierro dúctil – revestido	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Hierro dúctil – sin revestir	$2,4 \cdot 10^{-4}$
Hormigón, bien hecho	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Acero remachado	$1,8 \cdot 10^{-3}$

Conociendo el número adimensional de Reynolds y, en caso de flujo turbulento, el valor de la rugosidad, se determina el factor de fricción de Fanning para completar el cálculo. En caso de trabajar en régimen laminar, se emplea la ecuación 4.

$$f_F = \frac{16}{Re} \text{ (Ec. 4)}$$

donde:

- f_F es el factor de fricción de Fanning
- Re es el número de Reynolds

Por otro lado, si el régimen es turbulento, existen varias opciones: ecuaciones empíricas, gráficos... En este anejo se empleará la ecuación de Chen (ecuación 5) por ser válida tanto en régimen turbulento como de transición, y para cualquier rugosidad. (3)

$$\frac{1}{\sqrt{f_F}} = -4 \cdot \log \left\{ \frac{1}{3.7065} \cdot \left(\frac{\epsilon}{D_i} \right) - \frac{5.0452}{Re} \cdot \log \left[\frac{1}{2.8257} \cdot \left(\frac{\epsilon}{D_i} \right)^{1.1098} + \frac{5.8506}{Re^{0.8981}} \right] \right\} \text{ (Ec. 5)}$$

donde:

- f_F es el factor de fricción de Fanning
- ϵ es la rugosidad promedio (m)
- D_i es el diámetro interno (m)
- Re es el número de Reynolds

2.1.3.2. Pérdidas de carga en elementos (pérdidas menores)

Es preciso estudiar las pérdidas de carga menores. La planta fluidodinámica contará con codos, “tes”, válvulas y otros elementos que suponen un obstáculo en el flujo del agua.

Las pérdidas menores, como su nombre indican, tienen un impacto más reducido que las pérdidas en tramos rectos. No obstante, si bien por sí solo cada accesorio tiene una influencia mínima, la suma de varios elementos puede dar lugar a un efecto más notorio en la presión (3). Se calculan siguiendo la ecuación 6.

$$h_{f_{menores}} = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (Ec. 6)$$

donde:

- $h_{f_{menores}}$ son las pérdidas de carga en accesorios (m)
- K es el coeficiente de pérdida, parámetro adimensional
- V es la velocidad media (m/s)
- g es la gravedad (m/s²)

El coeficiente de pérdida K puede ser determinado analíticamente, estudiando los efectos que cada accesorio del montaje tiene en el flujo. Sin embargo, es más sencillo (e igual de eficaz) emplear los valores tabulados que generalizan el valor que el coeficiente tiene en cada tipo de elemento, como se indica en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de K para diferentes accesorios. [Modificado de (2), (5)]

Material		K
Codos 45°	Radio estándar	0,35
	Radio largo	0,20
Codo 90°	Radio estándar	0,75
	Radio largo	0,45
	A escuadra	1,30
Uniones y acoplamientos		0,04
“Tes”	Estándar en un tramo, bifurcación sellada	0,4
	Usada como L al entrar/salir de una bifurcación	1,0

Tabla 2 (continuación). Valores de K para diferentes accesorios. [Modificado de (2), (5)]

Material		K
Válvula de globo o asiento	cóncavo: abierta	6,0
	½ abierta	9,5
	compuesto: abierta	6,0
	½ abierta	8,5
	de tapón: abierta	9,0
	¾ abierta	13,0
	½ abierta	36,0
	¼ abierta	112,0
Válvula de compuerta	abierta	0,17
	¾ abierta	0,9
	½ abierta	4,5
	¼ abierta	24,0
Válvula de 90°	abierta	1,1
	½ abierta	3,5
Válvula en Y, abierta		2,0
Válvula de bola (corte de flujo)	abierta	0,05
	cerrada	-

2.1.4. Impulsión de fluidos

Para que un fluido circule a través de conducciones, es preciso comunicarle energía externa mediante equipos como bombas, para impulsar líquidos, y ventiladores, compresores o soplantes, para gases. En la instalación diseñada, se requiere una bomba para suministrar la energía necesaria para hacer circular al fluido por el montaje, venciendo las pérdidas de carga. (3)

En el presente anejo se determinarán las características de la bomba empleada para impulsar adecuadamente el agua del sistema.

2.1.4.1. Potencia necesaria

Se comienza calculando la energía que requiere el fluido para circular por el sistema correctamente. El Balance de Energía Mecánica (ecuación 7), aplicado a los extremos del sistema tratado, permite el cálculo de la energía necesaria, W. (3)

$$\left(\frac{V_2^2}{2 \cdot g \cdot \alpha_2} - \frac{V_1^2}{2 \cdot g \cdot \alpha_1} \right) + (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_f = H \quad (\text{Ec. 7})$$

donde:

- V_2 es la velocidad en el punto 2 (m/s)
- V_1 es la velocidad en el punto 1 (m/s)
- α es un parámetro que relaciona la velocidad media con la velocidad eficaz
- Z_2 es la altura del punto 2 (m)
- Z_1 es la altura del punto 1 (m)
- P_2 es la presión en el punto 2 (Pa)
- P_1 es la presión en el punto 1 (Pa)
- ρ es la densidad del fluido a la temperatura de operación (kg/m^3)
- g es la gravedad (m/s^2)
- h_f es la suma de las pérdidas de carga (m)
- H es la carga total de la bomba (m)

2.1.4.2. Tipo de bomba

Existen diferentes tipos de bombas para impulsión de líquidos. Es preciso seleccionar un equipo que, además de contar con la potencia necesaria, sea acorde a los requisitos del sistema.

Por un lado, las bombas de desplazamiento positivo, que pueden ser alternativas o rotatorias, son útiles para la impulsión de líquidos de viscosidades altas o para mantener un caudal constante e independiente de la presión. Las bombas centrífugas, ampliamente empleadas en la industria, son idóneas para líquidos poco viscosos. (3)

2.1.5. Cavitación en equipos de impulsión

A la hora de seleccionar una bomba, es importante comprobar que las condiciones de operación no produzcan cavitación. Este fenómeno tiene lugar cuando la presión del líquido impulsado es menor que la presión de vapor a la temperatura correspondiente, provocando la evaporación del fluido y generando burbujas. Estas son arrastradas a zonas de mayor presión, en el interior de la bomba, donde estallan causando erosión del metal, pérdida de eficacia, ruido, vibraciones y reducción del flujo. Si la presión absoluta es reducida, puede producirse cavitación en la admisión de la bomba dañando el impulsor.

Numéricamente, este fenómeno se estudia mediante la carga neta de succión positiva requerida (NPSH_r), la diferencia entre la carga total equivalente de líquido en la línea de centro y la presión de vapor del líquido. Si bien es posible calcular este parámetro, lo

habitual es tomar como referencia las curvas $NPSH_r - Q$ que cada fabricante publica para sus diferentes equipos. (2)

Para el correcto diseño de la instalación de una bomba, se debe comprobar que la carga de succión positiva disponible ($NPSH_d$) sea igual o superior a la requerida para la capacidad deseada. Para ello, se realiza el cálculo mediante la ecuación 8. (3)

$$NPSH_d = \frac{P_1 - P_v}{\rho g} - h - h_{fa} \quad (Ec. 8)$$

siendo:

- P_1 es la presión en el punto 1 (Pa)
- P_v es la presión de vapor del fluido a la temperatura de operación (Pa)
- ρ es la densidad del fluido a la temperatura de operación (kg/m^3)
- g es la aceleración gravitatoria (m/s^2)
- h es la altura de admisión de la bomba respecto a 1 (m)
- h_{fa} son las pérdidas por fricción en la línea de aspiración (m)

2.2 Cálculos justificativos

A partir de la introducción teórica anterior, se aplicarán las distintas ecuaciones al sistema diseñado para determinar la energía de la bomba requerida.

Velocidad media

Es preciso conocer la velocidad a la que circulará el agua. En principio, no existe un valor específico, por lo que un valor comprendido en el rango habitual de 0,5 y 5 m/s sería correcto. En plantas fluidodinámicas, es habitual trabajar con velocidades entre 2 y 4 m/s, de modo que las pérdidas de carga sean apreciables (a mayor velocidad, más caída de presión tiene lugar).

Para la selección de la bomba, es interesante conocer el valor del caudal volumétrico, Q . Esto se consigue aplicando la ecuación 9.

$$Q = V \cdot S \quad (Ec. 9)$$

donde:

- Q es el caudal volumétrico (m^3/s)
- V es la velocidad de flujo (m/s)
- S es la sección de la tubería (m^2).

Pérdidas de carga

Para comenzar, es preciso hacer inventario de los elementos que producen pérdidas de carga, tanto mayores como menores. Se han organizado en dos tablas (tabla 3 y tabla 4, respectivamente) para organizar mejor la información.

Tabla 3. Tramos rectos de la planta fluidodinámica.

Tubería	Material de tubería	Longitud (m)	Cantidad	Diámetro externo (mm)
Vertical	PVC	1,2	2	25
Horizontal (3/4")	PVC	3	1	25
Horizontal (1/2")	PVC	3	1	20
Horizontal (3/4")	PVC rugoso	3	1	25
Bomba – depósito	PVC	1	1	25
Otras conexiones (depósito – montaje, montaje – bomba)	PVC	2,5	1	25

Tabla 4. Accesorios y válvulas de la planta fluidodinámica, con sus valores de K correspondientes [(2), (5)]

Elemento	Cantidad	K
“Te” 3/4” con bifurcación cerrada	8	0,4
“Te” 3/4" con reducción a 1/2"	2	0,44
Codo 90°	5	0,75
Rotámetro	1	2
Válvula bola	3	0,05
Válvula de compuerta	2	0,17
Válvula regulación 90°	1	1,1
Uniones y acoplamientos	30	0,04

Es preciso determinar en qué puntos se aplicará el Balance de Energía Mecánica. Se ha seleccionado el circuito que estudia la línea 1, asignando los puntos 1 y 2 en el depósito, como se indica en la figura 1.

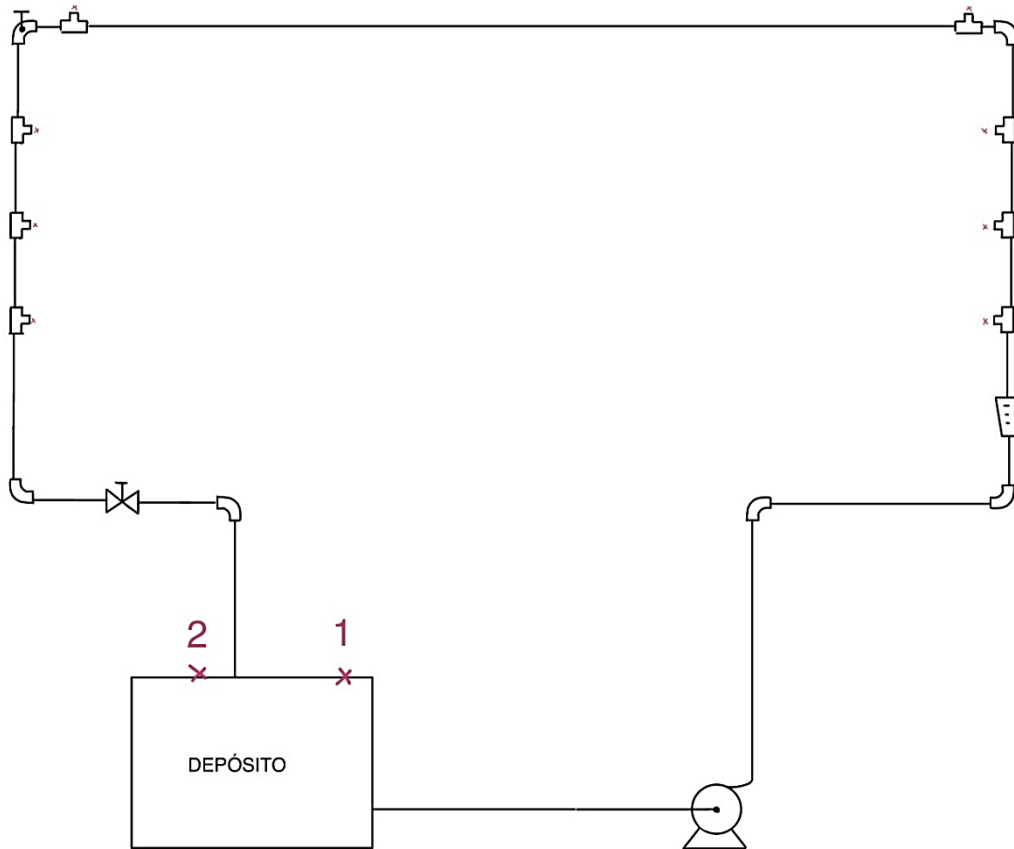


Figura 1. Esquema del circuito al que se aplica el Balance de Energía Mecánica.

Se tendrán en cuenta:

- 8 “tes” con la bifurcación sellada
- Un rotámetro
- Una válvula de compuerta totalmente abierta
- Una válvula de ángulo 90°
- Cinco codos de 90°
- Dos uniones para la conexión con la bomba centrífuga
- Once uniones para las válvulas y “tes” que lo precisen

La longitud del sistema será, siguiendo la tabla 3, de 8,9 metros. Las conducciones tienen un diámetro interno de 21 mm y son de PVC. Es preciso tener en cuenta la diferencia de altura de la parte superior del depósito a la bomba: se cuenta con un impulso adicional gracias a la fuerza de gravedad. Esta cifra (aproximadamente 28 cm) se tiene en cuenta con signo negativo en los datos, respetando las fórmulas expuestas anteriormente.

Aplicación del balance de energía mecánica

A partir de los datos obtenidos en el análisis anterior, se realizan los cálculos para obtener la carga total de la bomba, H. En la tabla 5 se muestran los datos empleados.

Tabla 5. Datos para la aplicación del Balance de Energía Mecánica

Datos generales		
h ₂	-0,28	m
h ₁	-0,28	m
P ₂	101325	Pa
P ₁	101325	Pa
ε	3,00E-07	m
ρ	998	kg/m ³
μ	1,00E-03	Kg/m·s
D _i	0,021	m
P _v	2339	Pa

Información para h _{fT}		
L	8,9	m
ΣK	11,62	-

Se realiza el cálculo para diferentes velocidades dentro del rango de 2 a 4 m/s, y algunos valores próximos.

- Se aplica la ecuación 3 para determinar el régimen de flujo mediante el número de Reynolds. Al obtener un valor superior a 4000, el régimen es turbulento.
- Se aplica la ecuación de Chen (ecuación 5) para obtener el factor de fricción de Fanning y, mediante las ecuaciones 2 y 6 se obtienen las pérdidas de carga en tramos rectos y en accesorios, respectivamente.
- Conociendo estos datos, se aplica el Balance de Energía Mecánica (ecuación 7).

Los resultados de la secuencia de cálculo anterior figuran en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados de la aplicación del Balance de Energía Mecánica.

V (m/s)	Q (m ³ /h)	Q (m ³ /s)	Re	f _F	h _{fT} (m)	H (m)
1,80	2,24	0,0006	37649	5,58E-03	3,45	3,45
2,00	2,49	0,0007	41832	5,45E-03	4,21	4,21
2,20	2,74	0,0008	46016	5,34E-03	5,05	5,05
2,40	2,99	0,0008	50199	5,24E-03	5,96	5,96
2,60	3,24	0,0009	54382	5,14E-03	6,94	6,94
2,80	3,49	0,0010	58565	5,06E-03	7,99	7,99
3,00	3,74	0,0010	62749	4,99E-03	9,12	9,12
3,20	3,99	0,0011	66932	4,92E-03	10,31	10,31
3,40	4,24	0,0012	71115	4,86E-03	11,58	11,58
3,60	4,49	0,0012	75298	4,80E-03	12,92	13,92
3,80	4,74	0,0013	79481	4,74E-03	14,32	16,32
4,00	4,99	0,0014	83665	4,69E-03	15,80	18,80

Estudio del NPSH_d

A partir de la ecuación 8, se consigue determinar la carga neta positiva de aspiración disponible (NPSH_d) para los diferentes caudales estudiados. En la tabla 7 se muestran los resultados.

Tabla 7. Resultados del estudio de la NPSH_d.

Q (m ³ /h)	H (m)	NPSH _d (m)
2,24	3,45	10,12
2,49	4,21	10,06
2,74	5,05	10,00
2,99	5,96	9,94
3,24	6,94	9,87
3,49	7,99	9,80
3,74	9,12	9,72
3,99	10,31	9,64
4,24	11,58	9,55
4,49	13,92	9,46
4,74	16,32	9,36
4,99	18,80	9,26

2.3. Selección del equipo de impulsión

En base a las necesidades del montaje que el presente proyecto busca diseñar, se empleará una bomba centrífuga de baja potencia. El fluido de proceso es agua, un líquido sencillo de impulsar y relativamente poco viscoso. Además, los caudales a los que se operará serán bajos.

Es conveniente aclarar que, siempre que se cumplan los requisitos mínimos determinados en el apartado 2.2. *Cálculos justificativos*, cualquier bomba capaz de operar en las condiciones especificadas para el montaje diseñado será aceptable. En caso de sustitución del equipo de impulsión por rotura o avería, o reproducción completa del presente proyecto, no es obligatorio volver a colocar el modelo escogido.

En este caso, un condicionante del promotor del proyecto es el uso del equipo Rover BE-M 20 CE. Se trata de una bomba de desplazamiento positivo pensada para uso doméstico, sencilla de instalar y de conectar a la planta fluidodinámica. El material constructivo es una aleación inoxidable, especialmente interesante dado el alto poder corrosivo del agua. Además, presenta la ventaja de ser autocebante, simplificando la puesta en marcha de la planta fluidodinámica. (6)

La tabla 8 agrupa las características de la bomba propuesta por el promotor.

Tabla 8. Características de la bomba Rover BE-M 20 CE (6)

Marca	Rover Pompe
Modelo	BE – M 20 CE
Conexiones aspiración / impulsión	20 mm / 20 mm
Material	Aleación inoxidable
Dimensiones (L x A x H)	230 x 120 x 190 (mm)
Peso	5 kg
Voltaje de alimentación	230 V
Frecuencia	50 Hz
Potencia	360 W (0,5 CV)
Caudal máximo ($Q_{m\acute{a}x}$)	28 L/min
Altura máxima ($H_{m\acute{a}x}$)	27 m
Velocidad del motor	2850 rpm

La determinación del caudal idóneo de operación para el modelo estudiado se realiza en base a la curva carga – caudal de la bomba (figura 2). A simple vista, se observa que el caudal no es suficiente para la instalación diseñada.

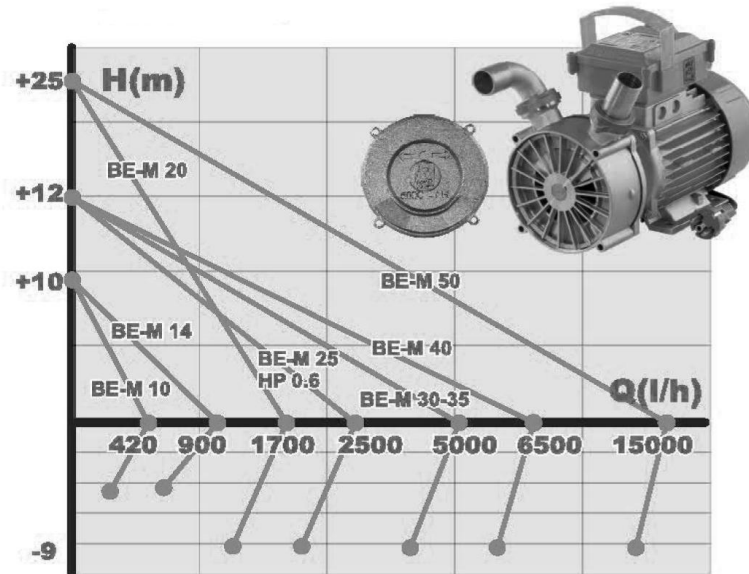


Figura 2. Curva H-Q de la bomba Rover Pompe BE-M 20 CE

La representación gráfica de las curvas H – Q de la bomba y del sistema (figura 3) corrobora la afirmación anterior: el equipo no es apto para su uso en este caso.

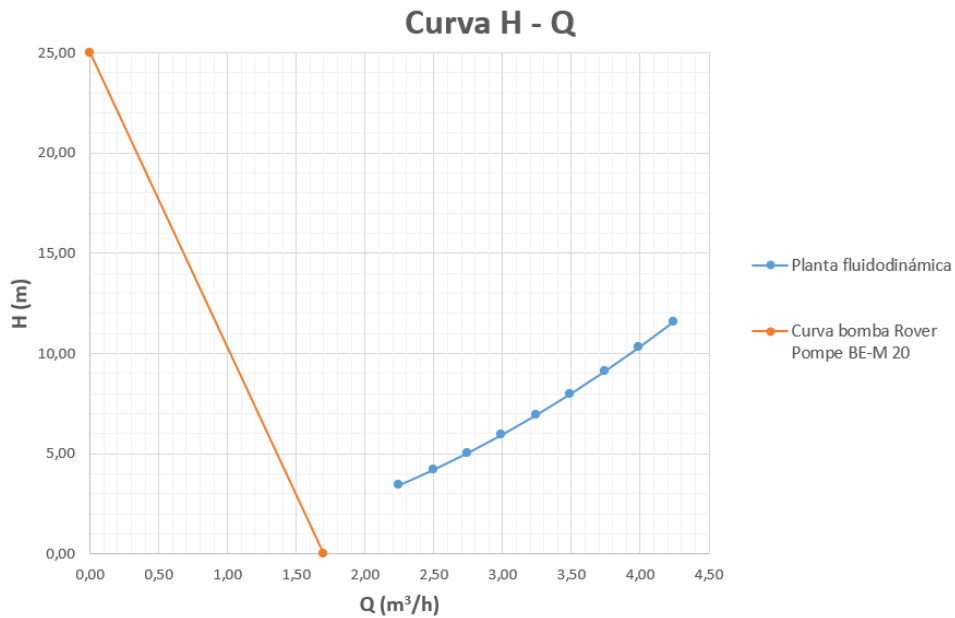


Figura 3. Curvas H – Q de la bomba Rover Pompe BE-M 20 y de la instalación [modificado de (6)].

Por tanto, el condicionante del promotor no podrá ser cumplido para el diseño de la planta fluidodinámica objeto de este proyecto.

2.3.1. Equipos alternativos disponibles en el mercado

Teniendo en cuenta el rechazo del equipo de impulsión propuesto por el promotor, es preciso buscar una opción alternativa que cumpla con las condiciones de la planta.

Se han estudiado las bombas centrífugas monobloc más pequeñas de diversas casas comerciales. El equipo M-0 de la gama MINOX 01 comercializada por Bominox ha destacado por sus características. A continuación se desglosa el estudio completo.

Inicialmente, se ha hecho una búsqueda general en la web para determinar qué bombas centrífugas ofrecían la posibilidad de operar a caudales bajos. La gama MINOX-01 ha destacado en este aspecto.

Tras esta preselección, se ha comprobado en el catálogo cuál de los modelos concretos sería el más adecuado. Para ello, se ha tomado como referencia un valor de velocidad aproximado de 3 m/s (caudal de 3,7 m³/h) que, leyendo en la tabla 6, aportaría una altura de 12,5 m aproximadamente. En la figura 4 se anexan las curvas carga – caudal de los diferentes modelos.

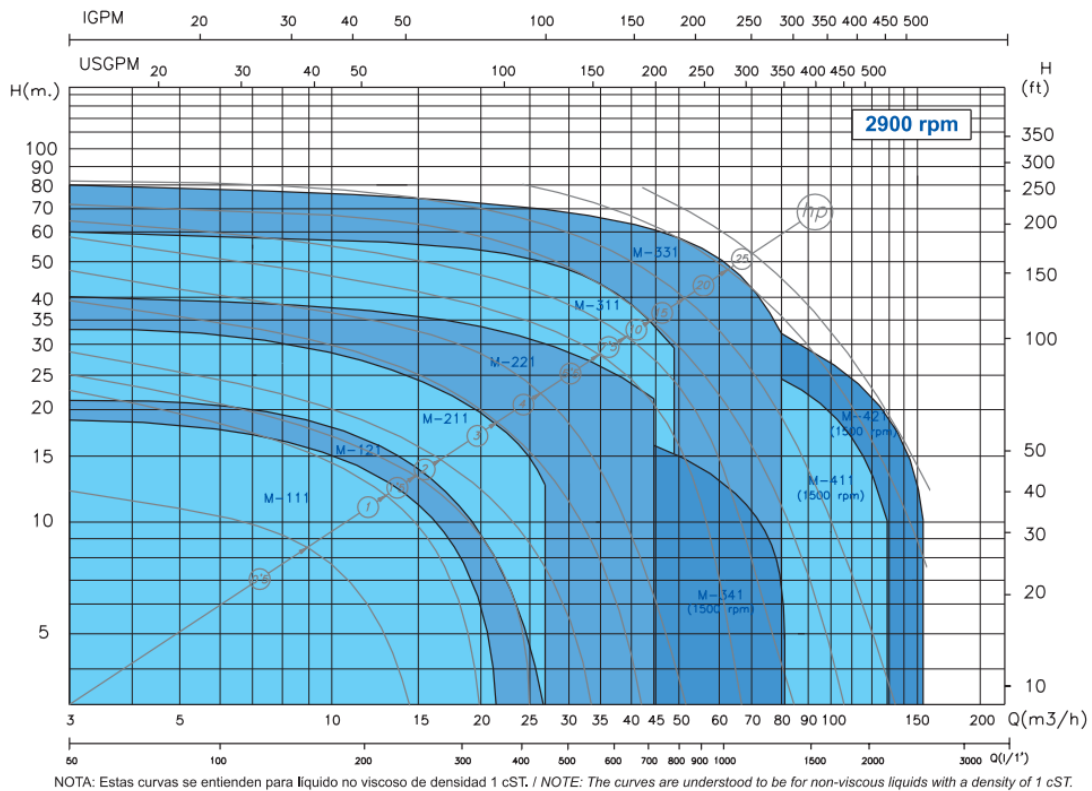


Figura 4. Curvas H – Q de la gama MINOX – 01, marca Bominox (7).

El valor estudiado se corresponde con la bomba MINOX-01 M-0, aunque no aparezca el rótulo en la imagen. Esto se comprueba en el documento que incluye las curvas características específicas para cada equipo MINOX-01 (8).

El equipo más pequeño de esta gama es el más económico y el que mejor encaja con las especificaciones del presente proyecto. La figura 5 muestra su curva H – Q, en la que sí se consiguen puntos de operación adecuados para la planta fluidodinámica.

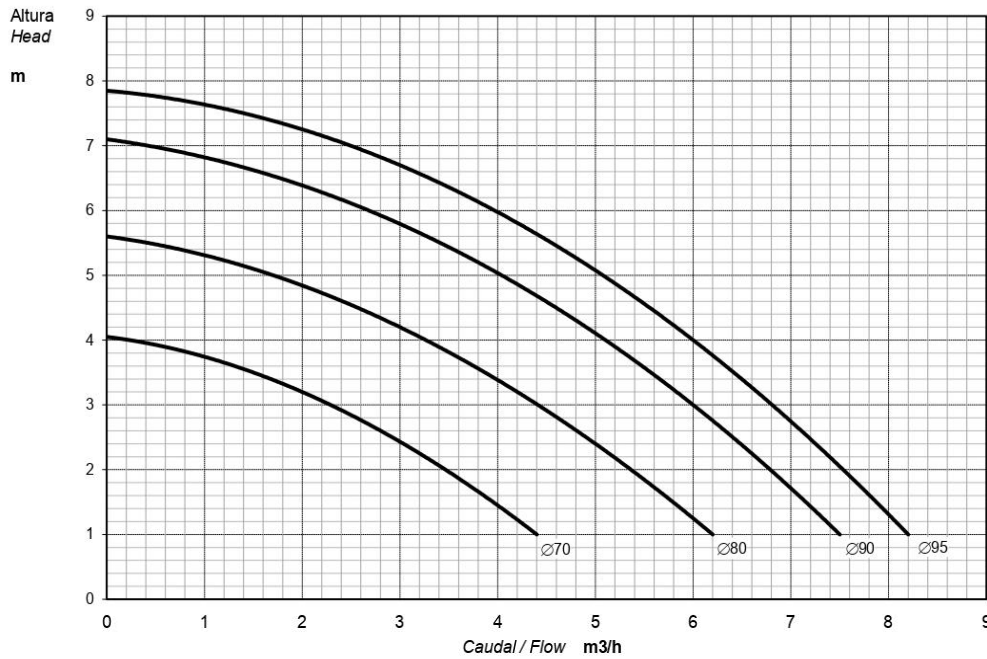


Figura 5. Curvas H – Q de la bomba Bominox MINOX-01 M-0 (8).

Se representan estos datos en un gráfico junto con las curvas de la instalación, para comprobar los puntos de operación¹. Se muestra el resultado en la figura 6.

¹ Se ha tenido en cuenta que la bomba MINOX-01 M-0 tiene la boquilla de aspiración de 1 ¼” y la de impulsión de 1” de diámetro, requiriéndose adaptar las entradas y salidas. Los valores de K se han reajustado levemente para corregir esta diferencia, que tiene influencia mínima en los cálculos.

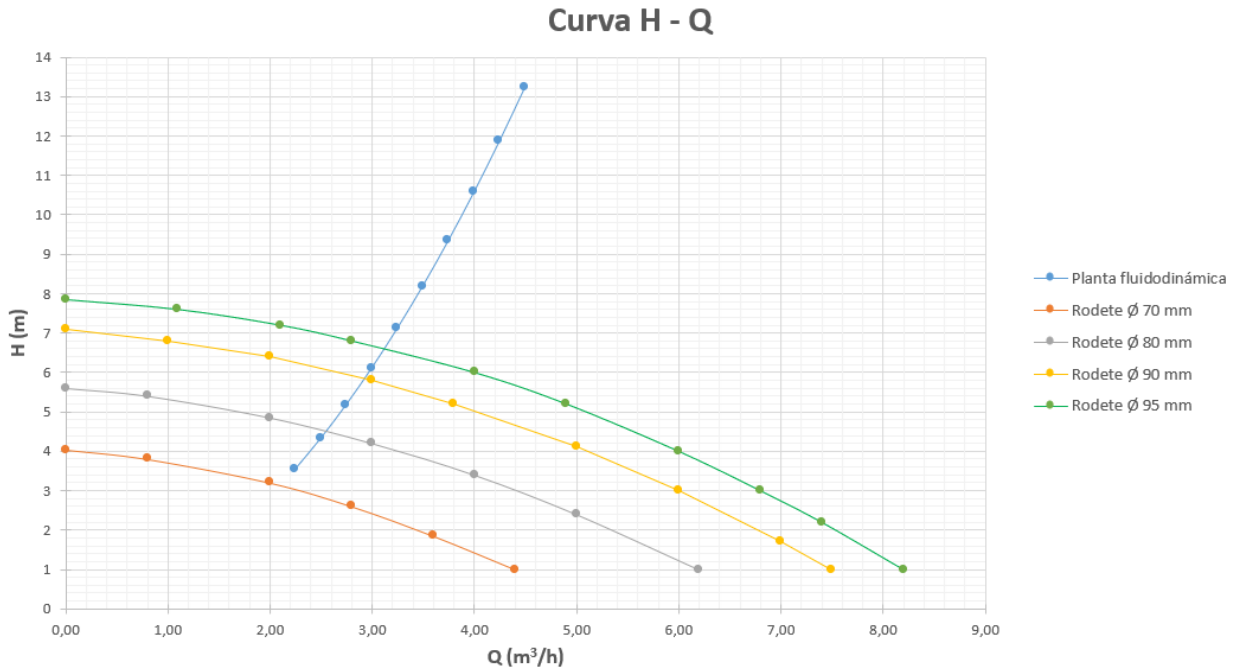


Figura 6. Curvas H – Q de la bomba Bominox MINOX–01 M–0 y de la instalación [modificado de (8)].

Se detectan varios puntos de operación:

- Rodete 80 mm: punto de operación en un caudal aproximado de 2,55 m³/h y una altura de 4,50 metros.
- Rodete 90 mm: punto de operación en un caudal aproximado de 2,98 m³/h y una altura de 6,05 metros.
- Rodete 95 mm: punto de operación en un caudal aproximado de 3,10 m³/h y una altura de 6,6 metros.

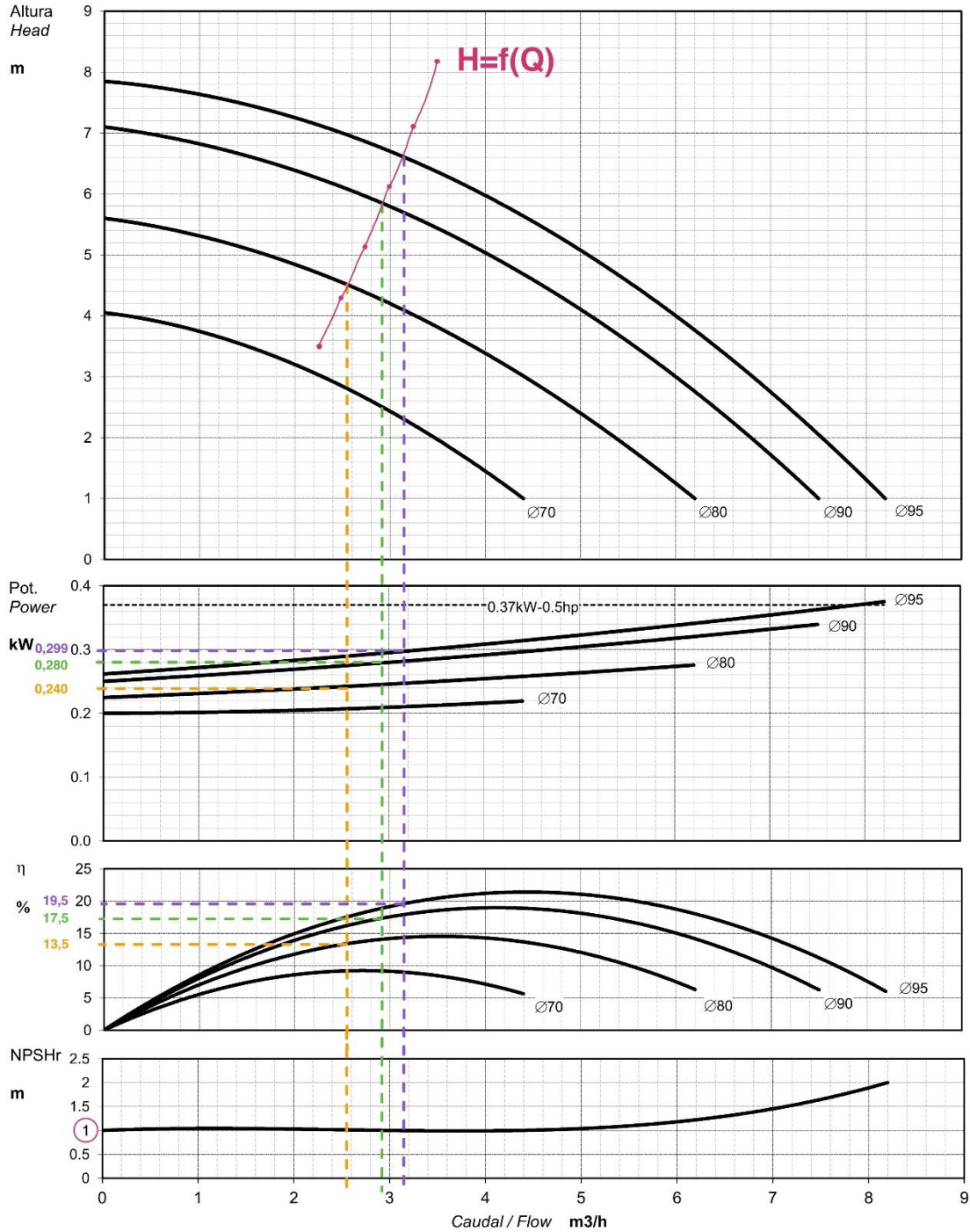
Se descarta, además, el uso del rodete de 70 mm, pues no sería adecuado para las condiciones de operación especificadas.

En este caso, el fabricante sí ha compartido las curvas características de potencia – caudal y NPSH_r – caudal. Se estudian en la figura 7 los puntos de operación en cada curva, obteniéndose gráficamente los datos agrupados en la tabla 9.



CURVAS CARACTERÍSTICAS / PERFORMANCE CURVES

Bomba tipo / Pump type	M-0	Potencia / Power	0.37-0.55 kW	0.5-0.75 hp
rpm	2900	Rodete / Impeller Ø (mm)	Abierto 3p / Open 3p	max 95 - min 70
Hz	50	Ø asp / Ø inlet	DN-32	
Código / Code	CBO6N-100	Ø imp / Ø outlet	DN-25	



Curvas con prestaciones para agua limpia a 20 °C / Curves show performance with clear water at 20 °C

Tolerancia ±5% / Permissible tolerance ±5%

Figura 7. Curvas características Bominox MINOX-01 M-0 [Modificado de (8)].

Tabla 9. Información de operación de la bomba Bombinox MINOX-01 M-0 en la instalación diseñada.

Ø rodete (mm)	Q (m ³ /h)	H (m)	Potencia (kW)	η (%)	NPSH _r (m)
80	2,55	4,50	0,240	13,7	1
90	2,98	6,05	0,280	17,5	1
95	3,10	6,60	0,299	19,5	1

Dado que la instalación de la bomba es en carga y no en aspiración, no habrá problemas de cavitación de la misma. Este hecho se confirma analizando los valores de NPSH disponible y requerida: los valores de carga neta positiva de aspiración disponible (NPSH_d) son superiores a los requeridos por el fabricante en todos los casos.

En la tabla 10 se determina para cada punto de operación el exceso de NPSH_d para las distintas situaciones. Se puede observar que existe un margen de seguridad suficiente antes de que se produzca cavitación en la bomba centrífuga.

Tabla 10. Información de operación de la bomba MINOX-01 M-0 en la instalación.

Ø rodete (mm)	Q (m ³ /h)	H (m)	NPSH _d (m)	NPSH _r (m)	Exceso NPSH _d (m)
80	2,55	4,50	9,99	1,00	8,99
90	2,98	5,86	9,86	1,00	8,86
95	3,10	6,53	9,82	1,00	8,82

Tomando como referencia el rango de 2 a 4 m/s (equivalente a 2,49 – 4,99 m³/h), se determina que la operación idónea de la bomba se consigue con el rodete de 95 mm, para 3,10 m³/h y 6,53 m de carga, pues el objetivo es trabajar a caudales elevados, dentro de las posibilidades que ofrezca el equipo.

Se indican en la tabla 11 las características principales del equipo MINOX-01 M-0. Al igual que se ha mencionado en otras selecciones de elementos de la instalación, cualquier otra bomba con características similares a las indicadas será apta.

Tabla 11. Características de la bomba Bombinox MINOX-01 M-0 [(7), (8), (9)].

Marca	Bombinox
Modelo	MINOX-01 M-0
Conexiones aspiración / impulsión	1 ¼" / 1"
Material	Acero inoxidable AISI – 316L
Dimensiones (L x A x H)	327 x 135 x 161 (mm)
Peso	7,5 kg
Voltaje de alimentación	220 – 240 V
Frecuencia	50 Hz
Capacitancia / Voltaje máximo condensador	8 µF / 400V
Potencia	360 W (0,5 CV)
Corriente nominal (In)	1,6 A
Caudal máximo (Q_{máx})	8,2 m ³ /h
Altura máxima (H_{máx})	7,8 m
Velocidad del motor	2900 rpm
Viscosidad máxima	500 cP
Presión máxima	16 bar
Rango de temperaturas	-25 a 180 °C

2.3.2. Conclusiones y selección final

Se ha podido comprobar que la bomba Rover Pompe BE-M 20 CE, propuesta para su instalación por parte del promotor del proyecto, no puede ser empleada en el presente proyecto. Sería preciso trabajar a caudales inferiores, dificultando la medida de la diferencia de presión en los puntos objeto de estudio. Además, la posición en “V” de las tomas de aspiración e impulsión, como se observa en la figura 8, supone un inconveniente para conectar las tuberías.

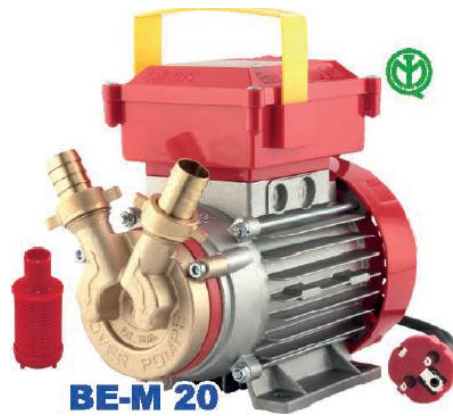


Figura 8. Bomba Rover Pompe BE – M 20 CE (6).

Otro inconveniente de la bomba mencionada es que no se trata de una bomba centrífuga, sino de trasiego o desplazamiento positivo. Estos equipos no están pensados directamente para el uso que la planta va a suponer para ellos.

Por tanto, se propone la instalación de la bomba M – 0 de la gama MINOX – 01 fabricado por Bombinox (figura 9). El coste del equipo es asumible, y el resultado final de la planta fluidodinámica será óptimo.



Figura 9. Bomba Bombinox MINOX-01 M-0 (7).

3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.1. Riesgos eléctricos y medidas de protección

Siguiendo el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, es necesario proteger todo circuito eléctrico de las posibles sobreintensidades que se puedan presentar en el mismo. Para ello, se determinará el mejor método de corte de dicho circuito de acuerdo con los riesgos previsibles.

Las sobreintensidades pueden deberse a varios factores: sobrecargas por el uso o defectos en el aislamiento, cortocircuitos y descargas eléctricas atmosféricas. La instalación que se busca diseñar en este proyecto puede ser considerada “análoga a doméstica”, recomendándose el uso de interruptores automáticos para el corte del circuito. (10)

Un interruptor automático es un aparato mecánico de conexión que permite establecer, soportar e interrumpir corrientes, además de presentar la ventaja de soportar temporalmente y cortar corrientes de cortocircuito. En baja tensión (el caso de este proyecto), se trabaja normalmente con interruptores magnetotérmicos.

También conocido como pequeño interruptor automático (PIA), el interruptor magnetotérmico combina un disparador térmico y otro magnético cuya acción conjunta consigue la protección contra sobreintensidades pequeñas y prolongadas, y contra sobreintensidades elevadas puntuales, respectivamente. Existen múltiples opciones comerciales que se adaptan a las distintas instalaciones que requieran el uso de estos elementos. (11)

En el siguiente apartado se determinarán las características idóneas para el interruptor magnetotérmico que se colocará en la planta diseñada.

3.2. Selección del interruptor magnetotérmico

La selección de un interruptor magnetotérmico adecuado para la instalación diseñada se centra en cuatro características: intensidad nominal, curva de disparo, capacidad de corte y número de polos.

3.2.1. Intensidades de corriente

Para comenzar el dimensionado del interruptor magnetotérmico, se busca determinar la corriente a la que operará el circuito habitualmente. Se debe cumplir la ecuación 10.

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (\text{Ec. 10})$$

Siendo:

- I_B : corriente para la que se ha diseñado el circuito en función de la previsión de cargas.
- I_Z : corriente máxima admisible del cable en función del sistema de instalación usado.
- I_n : corriente asignada del dispositivo de protección.

(10), (11)

La instalación eléctrica de la planta fluidodinámica cuenta con un único elemento: la bomba centrífuga MINOX-01 M-0, cuyas características técnicas se muestran en la tabla 11 del presente anejo (2.3.1. *Equipos alternativos disponibles en el mercado*). La intensidad nominal de la bomba coincide con la intensidad de corriente de diseño del circuito:

$$I_B = I_m = 1,6 A$$

La intensidad de corriente máxima admisible del conductor (I_Z) se determina en función del tipo de cable utilizado como conexión eléctrica.

Para el caso de la bomba instalada, el manual de instrucciones indica que el cable empleado debe ser de, como mínimo, 1,5 mm² de tipo H05 RN-F (9). Se comienza identificando la información que aporta el código del conductor:

- H: cable conforme con las normas armonizadas.
- 05: su tensión asignada U_0/U es 300/500 V.
- R: aislamiento de goma de etileno propileno o elastómero sintético equivalente.
- N: cubierta de goma de policloropreno o material equivalente.
- F: conductor flexible para uso en cables flexibles.

(12)

Se toma como referencia la sección mínima (1,5 mm²) por ser el valor que cuente con una menor intensidad máxima admisible (I_Z). De este modo, se garantiza que la instalación será adecuada en cualquier caso que cumpla con las indicaciones del fabricante de la bomba centrífuga.

Teniendo en cuenta la norma UNE-HD 60364-5-52, se trabajará con el método de instalación E: el cable de alimentación de la bomba centrífuga se colocará en la mesa, sujeto por embellecedores o soportes de plástico para favorecer la estética del montaje. Se toma el valor correspondiente de la tabla B.52.13.

$$I_{Z_{inicial}} = 26 A$$

Es preciso aplicar correcciones al valor inicial obtenido, pues las condiciones de funcionamiento del conductor no coinciden exactamente con las indicadas en la tabla. Se toma un factor de corrección de 1,12 teniendo en cuenta que la temperatura del laboratorio no será 30°C, sino aproximadamente 20°C. (13)

$$I_Z = 26 A \cdot 1,12 = 29,12 A$$

Siguiendo la ecuación 10, se determina:

$$1,6 A \leq I_n \leq 29,12 A$$

Siguiendo la norma UNE-EN 60898-1, los interruptores automáticos tienen como valores preferentes de corriente asignada, respetando el resultado de I_B obtenido, 6 A, 8 A, 10 A, 13 A, 16 A, 20 A y 25 A. (14)

3.2.2. Curvas de disparo

Por otro lado, la curva de disparo determina la sensibilidad del interruptor magnetotérmico. En instalaciones domésticas y similares (como es el caso de este proyecto) se definen tres clases de disparo magnético, I_m . (10) (11)

Tabla 12. Tipos de curvas de disparo en interruptores magnetotérmicos (10).

Curva de disparo	Intensidad de disparo (I_m)	Aplicaciones
Curva B	$I_m = 3$ a 5 veces I_n	Circuitos sin transitorios.
Curva C	$I_m = 5$ a 10 veces I_n	Circuitos con carga mixta. Instalaciones domésticas y análogas.
Curva D	$I_m = 10$ a 20 veces I_n	Circuitos con transitorios importantes.

Como ya se mencionó previamente, los interruptores magnetotérmicos actúan protegiendo contra sobrecargas y cortocircuitos. Esto se observa en las curvas de disparo, como la mostrada en la figura 10.

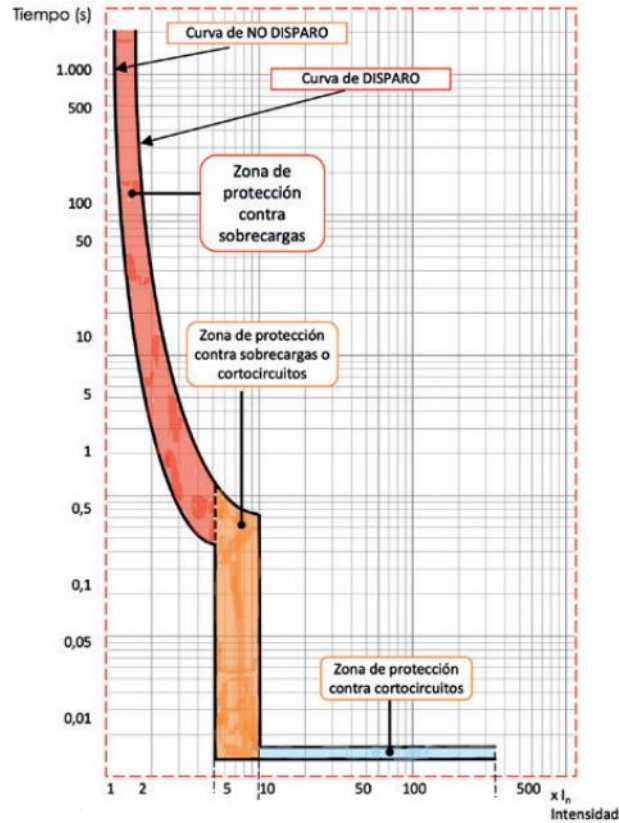


Figura 10. Zonas de las curvas de disparo de un interruptor magnetotérmico (15).

En el diseño llevado a cabo, la sensibilidad del interruptor magnetotérmico se ve condicionada por el motor de la bomba centrífuga. Los motores, tanto monofásicos como trifásicos, presentan intensidades superiores a la nominal en el momento del arranque. Es importante tener en cuenta dichas variaciones para asegurar el buen funcionamiento del montaje.

Es habitual que los fabricantes indiquen el valor de la intensidad de arranque (I_a) de sus productos. Sin embargo, en el caso de la bomba centrífuga empleada, se desconoce este dato, siendo preciso trabajar con una aproximación. Estimando que la intensidad de arranque sea de 5 a 8 veces el valor de la intensidad nominal, y siguiendo la información mostrada en la tabla 12, la curva de disparo más adecuada será la de tipo C. (11)

3.2.3. Capacidad de corte

Otra característica determinante de los interruptores magnetotérmicos es la capacidad de corte, siendo esta la corriente máxima que el aparato de protección es capaz de cortar de forma segura sin dañarse. Las capacidades de corte normalizadas más comunes son: 3000 A, 4500 A, 6000 A y 10000 A. (14)

La planta fluidodinámica diseñada se ubicará en un laboratorio universitario de mediano tamaño, con una intensidad de corriente disponible elevada. Esto lleva a decidir que, como mínimo, el poder de corte del interruptor sea de 6 kA.

3.2.4. Número de polos

Finalmente, se estudia el número de polos que protege el interruptor. Existen interruptores magnetotérmicos unipolares (protección de fase), bipolares (fase y neutro), tripolares (sistemas trifásicos sin neutro) y tetrapolares (sistemas trifásicos con neutro).
(11)

En este caso, el motor de la bomba MINOX-01 M-0 trabaja con fase y neutro (9), siendo necesario el uso de un interruptor magnetotérmico bipolar.

3.3. Características finales de la instalación eléctrica

Se concluye a partir del análisis realizado en el presente anejo que, para la instalación que se está diseñando, se empleará un interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A, con curva de disparo de tipo C y un poder de corte de, como mínimo, 6000 A.

Es importante mencionar que, en caso de emplear un modelo de bomba centrífuga diferente, se deberán realizar las comprobaciones pertinentes para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica.

La instalación eléctrica contará, por tanto, con los siguientes elementos:

- Clavija bipolar de 16 A / 250 V con toma de tierra lateral.
- Interruptor magnetotérmico bipolar de 10 A, curva C con corte de 6 kA.
- Caja del interruptor magnetotérmico.
- Interruptor bipolar de la bomba centrífuga.
- Cable de 2 x 1,5 m².

BIBLIOGRAFÍA

1. Mott, Robert L. y Untener, Joseph A. *Mecánica de fluidos*. México : Pearson Educación, 2015. ISBN: 9786073232883.
2. Perry, Robert H. y Green, Don W., [ed.]. *Manual del ingeniero químico*. Madrid : McGraw Hill, 1994. ISBN: 9789684220966.
3. Costa Novella, Enrique y et. al. *Ingeniería Química. Volumen 3: Flujo de fluidos*. Madrid : Alhambra, 1985. ISBN: 8420511196.
4. Ocón García, Joaquín y Tojo Barreiro, Gabriel. *Problemas de Ingeniería Química. Operaciones básicas. Tomo I*. Madrid : Aguilar, 1982. ISBN: 9788403201057.
5. Smith, Peter y Zappe, R.W. *Valve selection handbook. Engineering fundamentals for selecting the right valve design for every industrial flow application*. Houston : Elsevier, 1999. 9780884158868.
6. Rover Pompe. Instrucciones para el uso. Bombas y electrobombas autocebantes de doble sentido. s.l. : Rover Pompe, 2015.
7. Bominox. Bomba centrífuga monobloc MINOX-01 - Ficha técnica. *Bominox.com*. [En línea] [Citado el: 27 de marzo de 2025.] https://www.bominox.com/wp-content/uploads/2016/04/Bominox_Minnox-01_Data_Sheet.pdf.
8. Bominox. Curvas características MINOX-01 | SANIX-01 | ELNOX. *Bominox.com*. [En línea] [Citado el: 27 de marzo de 2025.] https://www.bominox.com/wp-content/uploads/2016/06/Bominox_Minnox-01_Sanix-01_Elnox_Performance_Curves_50Hz.pdf.
9. Bominox. Instrucciones de Instalación y Mantenimiento MINOX-01 | SANIX-01 | ELNOX-R/S/P. *Bominox.com*. [En línea] [Citado el: 28 de marzo de 2025.] https://www.bominox.com/wp-content/uploads/2016/04/Bominox_Minnox-01_Sanix-01_Elnox_Instruction_Manual.pdf.
10. Alcalde San Miguel, Pablo. *Reglamento electrotécnico para baja tensión: actualizado según RD 560/2010, RD 1053/2014, RD 244/2019, RD 542/2020, RD 298/2021 y RD 145/2023*. 6ª ed. Madrid : Paraninfo, 2024. ISBN: 9788428367820.
11. García Trasancos, José. *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión*. 7ª ed. Madrid : Paraninfo, 2016. págs. 135-176. ISBN: 9788428338950.
12. Asociación Española de Normalización. UNE 20434. Sistema de designación de los cables. Madrid : AENOR, 2022.
13. Asociación Española de Normalización. UNE-HD 60364-5-52. Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-52: Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones. Madrid : AENOR, 2022.

14. Asociación Española de Normalización. UNE-EN 60898-1. Accesorios eléctricos. Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecorrientes. Parte 1: Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna. Madrid : AENOR, 2020.
15. Blanco Santurde, Miguel Ángel y de la Cruz Muñoz Escobar, Juan. Asociación Profesional de Empresarios de Instalaciones Eléctricas y de Telecomunicaciones de Madrid. [En línea] 2024. [Citado el: 23 de febrero de 2025.] <https://www.apiem.org/wp-content/uploads/2024/04/Manual-Interruptores-Automaticos-EFICAM-2024.pdf>.

ANEJO IV

Programación de actividades

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	1
2. Definición de las actividades	1
2.1. Actividades iniciales	2
2.2. Elaboración del proyecto	3
2.3. Ejecución del proyecto.....	3
2.4. Corrección del documento	3
3. Cronograma	3
4. Recursos materiales y mano de obra.....	5

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente anejo es la organización y gestión adecuada del tiempo y los recursos disponibles para el cumplimiento de los plazos marcados. Este proyecto se elabora como un Trabajo Fin de Grado que busca ser defendido en la convocatoria del segundo semestre, siendo la fecha límite de entrega del documento el 27 de junio de 2025.

Se han programado las actividades con bastante margen temporal, de modo que, en caso de existir retrasos en la ejecución, sea posible cumplir con el plazo final. La necesidad de cuadrar los horarios de ejecución con las clases que tienen lugar en el laboratorio el segundo semestre, y los posibles problemas en el abastecimiento de materiales y puesta en marcha de la planta fluidodinámica experimental, pueden suponer un obstáculo en el seguimiento de la planificación teórica.

Para programar correctamente la ejecución de la planta fluidodinámica, se identifican las actividades que requiere el proyecto, determinando su duración aproximada y el orden en el que deben ser llevadas a cabo. Se estudian, además, los recursos que serán necesarios.

Para la elaboración de este anejo se ha empleado el programa informático ProjectLibre que, a partir de los datos de cada actividad, genera el cronograma del proyecto y determina el camino crítico.

2. DEFINICIÓN DE LAS ACTIVIDADES

El proyecto se ha fragmentado en diferentes actividades, de modo que se consiga estimar de forma fiable la duración de cada una y del conjunto. Estas se agrupan por capítulos, facilitando la organización de cada etapa.

Se indica en la tabla 1 la información de duración y precedencia de cada actividad. Los recursos empleados se especifican en el siguiente apartado pues, al tratarse de un proyecto en el que no se contratarán trabajadores, solamente se contará con la inversión económica de la compra de materiales.

Tabla 1. Información de las actividades del proyecto

Capítulo	Nº	Actividad	Precedencia	Duración (días)
Actividades iniciales	1	Búsqueda bibliográfica	-	10
	2	Estudio de alternativas	1	5
	3	Diseño preliminar	2	4
Elaboración del proyecto	4	Memoria	8	4
	5	Anejos a la memoria	3	25
	6	Planos	4	7
	7	Pliego de condiciones	5	3
	8	Presupuesto	11	2
	9	Manual de uso	15	14
	10	Prevención de riesgos	11	6
Ejecución del proyecto	11	Compra de materiales	3	4
	12	Construcción estructura	11	2
	13	Instalación hidráulica	12	7
	14	Instalación eléctrica	13	1
	15	Prueba de funcionamiento	14	2
	16	Corrección de errores	15	8
Corrección documento	17	Revisión y corrección del archivo final	9	10

2.1. Actividades iniciales

En este primer capítulo se incluyen aquellas actividades que acotan las características del proyecto a elaborar: búsqueda bibliográfica, estudio de alternativas y diseño preliminar. Se analizan proyectos similares al que se va a realizar, se toman ideas y se determinan los posibles errores e inconvenientes de otros ejemplos para tratar de evitarlos.

Al terminar esta etapa, se tiene una idea clara de cuál es el resultado que se busca y cómo se va a ejecutar.

2.2. Elaboración del proyecto

La elaboración del proyecto propiamente dicho es el eje fundamental de la planificación. Este documento será el que se evalúe llegada la fecha límite y, además, supone la base sobre la que se trabajará en el montaje experimental.

Este capítulo abarca la elaboración de la memoria y sus anejos, planos, pliego de condiciones, presupuesto, manual de uso y prevención de riesgos. No podrá terminar antes que la fase de ejecución, pues el último documento incluye un informe de la práctica que, hasta que la planta fluidodinámica no esté operativa, no podrá ser redactada.

Es preciso mencionar que el anejo de ejecución no está englobado en la actividad denominada “Anejos a la memoria”, sino que será elaborado junto con el “Manual de uso”. Esto se debe a que los cuatro primeros anejos (incluyendo el presente documento) son necesarios para la organización y el diseño del proyecto, mientras que el último busca explicar rigurosamente el proceso de ensamblaje y puesta en marcha de la planta fluidodinámica.

2.3. Ejecución del proyecto

La etapa de ejecución representa la fase en la que el diseño realizado en el proyecto escrito se traslada al laboratorio. Abarca la compra de materiales, realización de las instalaciones hidráulica y eléctrica, prueba de funcionamiento y corrección de posibles errores.

Al terminar este conjunto de actividades, la planta fluidodinámica debe ser totalmente operativa y estar lista para su uso docente.

2.4. Corrección del documento

Una vez terminada la elaboración de los archivos del proyecto, es preciso revisarlos para garantizar que el documento final entregado para su puntuación está libre de errores.

3. CRONOGRAMA

Se muestra en la figura 1 el cronograma generado mediante el software ProjectLibre. Se indica en color rojo las actividades que componen el camino crítico, es decir, aquellas cuyo tiempo determina la duración total del proyecto. Un retraso en estas tareas supone un aumento del plazo estimado inevitablemente.

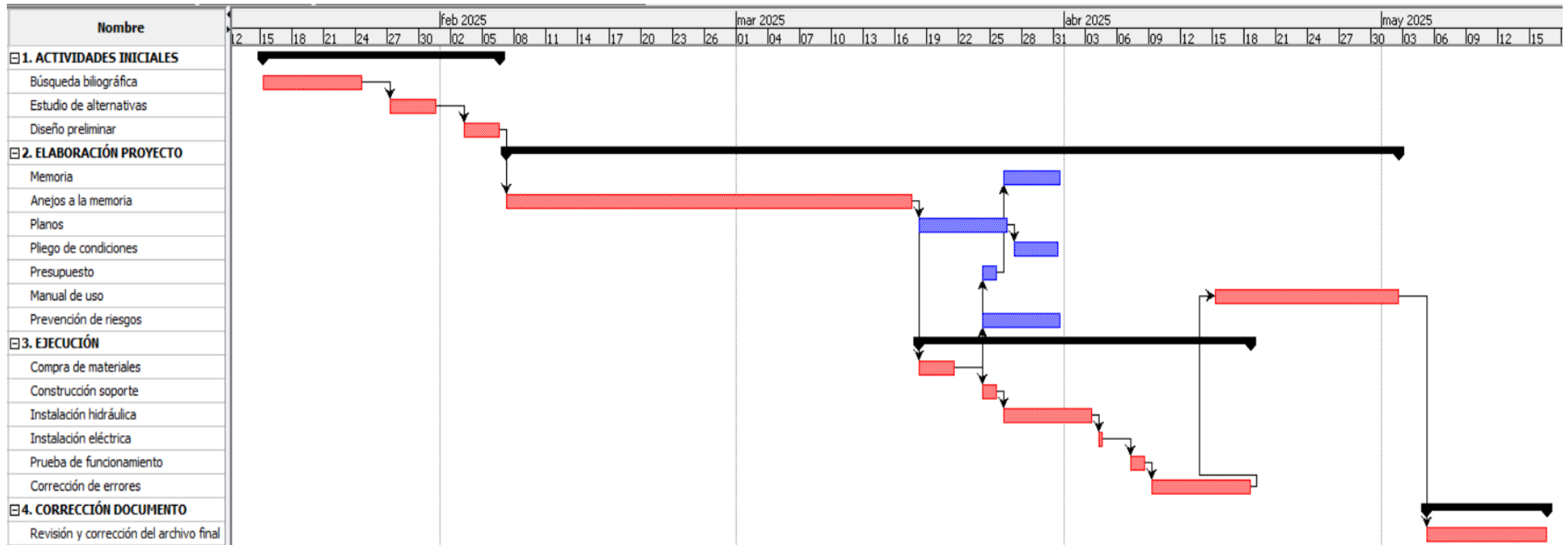


Figura 1. Cronograma del proyecto con actividades críticas marcadas en rojo.

De este modo, las actividades críticas (ordenadas cronológicamente) se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Actividades críticas del proyecto por orden cronológico

Nº	Actividad	Precedencia	Duración (días)
1	Búsqueda bibliográfica	-	10
2	Estudio de alternativas	1	5
3	Diseño preliminar	2	4
5	Anejos a la memoria	3	25
11	Compra de materiales	3	4
12	Construcción de estructura	11	2
13	Instalación hidráulica	12	7
14	Instalación eléctrica	13	2
9	Manual de uso	15	14
17	Revisión y corrección del archivo final	9	5

El proyecto comienza su ejecución el 15 de enero de 2025 y termina el 16 de mayo del mismo año. Esto supone un margen de 42 días hasta el 27 de junio, fecha límite de entrega. Se considera, por tanto, que el proyecto es viable para el plazo establecido.

4. RECURSOS MATERIALES Y MANO DE OBRA

Los recursos empleados son los elementos indicados en el presupuesto (*Documento 4. Mediciones y presupuesto*). En el mencionado documento, se tiene en cuenta el coste total de ejecución del proyecto, ascendiendo el total a **2.760,70€**.

Como se ha adelantado anteriormente, no se contratará mano de obra para la ejecución de este proyecto. Se trata de un trabajo académico en el que parte del tiempo que engloban los 12 créditos ECTS se corresponde con la ejecución y puesta en marcha de la planta fluidodinámica. Se cuenta, además, con la ayuda de los tutores de este Trabajo Fin de Grado. Por tanto, el coste final de esta obra en particular se verá reducido a **2.386,69€**.

ANEJO V

Ejecución

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	1
2. Estructura de la instalación	1
3. Instalación hidráulica	4
3.1. Prueba de la bomba centrífuga.....	4
3.2. Ensamblaje de elementos hidráulicos	5
3.3. Conexión con desagüe	12
4. Instalación eléctrica	14
5. Pruebas y funcionamiento.....	14
5.1. Prueba hidrostática.....	14
5.2. Prueba de elementos de medida y válvulas	15
5.3. Prueba de uso (práctica de laboratorio)	16
6. Modificaciones y reingeniería	16
6.1. Modificaciones preliminares.....	17
6.2. Reingeniería	17
6.2.1. Propuestas de modificación	19
7. Montaje final.....	19
8. Presupuesto de ejecución	20

1. INTRODUCCIÓN

Este anejo busca documentar el proceso de ejecución del proyecto de la planta fluidodinámica experimental para el estudio de pérdidas de carga. Tomando como base la información contenida en los documentos que componen el presente Trabajo Fin de Grado, se ha llevado a cabo la construcción de la instalación, siendo preciso realizar ciertas modificaciones para conseguir un resultado final óptimo.

Los cambios efectuados han sido mínimos, buscando siempre reducir los tiempos de ejecución y facilitar los procedimientos, teniendo en cuenta la decisión de no contratar profesionales para llevar a cabo la obra. En su lugar, esta ha sido ejecutada por los tutores del trabajo y por la propia proyectista/alumna, con ayuda del personal de los laboratorios de la Facultad de Ciencias. Asimismo, se han tenido en cuenta sus recomendaciones a la hora de seleccionar las piezas y ensamblar la instalación, buscando optimizar todo lo posible el manejo y los futuros mantenimientos de la planta.

2. ESTRUCTURA DE LA INSTALACIÓN

La estructura de la planta fluidodinámica ha sido construida a partir de una mesa de laboratorio de 1,80 x 0,80 x 0,85 m, y dos tableros de melamina hidrófuga blancos de 19 mm de grosor y dimensiones de 3,0 x 1,2 y 3,0 x 1,0 metros, empleados para montar un soporte en “T”.

Se ha comenzado sustituyendo el tablero original de la mesa por el de melamina de un metro de ancho, que actuará de base del soporte en “T”. Debido a las dimensiones de la estructura, que tiene un vuelo de aproximadamente 60 cm por cada lado de los perfiles metálicos de la mesa, se ha considerado preciso añadir cuatro escuadras de 300 x 500 mm en las patas. Colocando el lado largo de estas piezas en el tablero, se ha reducido a 10 cm el vuelo de la mesa, asegurando una mayor estabilidad.

La figura 1 muestra el resultado de los anclajes del lado derecho de la mesa.



Figura 1. Anclaje del tablero base a la estructura metálica mediante escuadras.

Una vez instalada la base, se continúa con el anclaje del segundo tablero, de 1,2 metros de ancho y 3 de largo, que debe mantenerse totalmente vertical. Para conseguir una estructura final segura y robusta, se emplean seis escuadras idénticas a las anteriores: cuatro de ellas se colocan enfrentadas dos a dos en los extremos del tablero, y las dos restantes se posicionan a uno y dos metros de distancia de los bordes laterales.

Para aportar la mayor comodidad posible a la práctica de laboratorio, se ha ubicado el tablero vertical a una distancia de 60 cm del extremo frontal de la base, de modo que quede un espacio suficiente para que el alumnado apoye sus apuntes y pueda trabajar de forma óptima.

En las figuras 2 y 3 se puede ver el resultado final de la estructura por la parte posterior y frontal, respectivamente.



Figura 2. Estructura de la instalación: vista posterior.



Figura 3. Estructura de la instalación: vista frontal (ubicación real de la práctica).

3. INSTALACIÓN HIDRÁULICA

Esta etapa representa un momento crítico en el proceso de ensamblaje, siendo fundamental trabajar con precisión para conseguir un resultado final óptimo.

3.1. Prueba de la bomba centrífuga

La planta fluidodinámica se ha planteado con la instalación de la bomba centrífuga MINOX – 01 M – 0, para velocidades de flujo de entre 2 y 4 m/s y una presión aproximada inferior a 2,5 bar. Sin embargo, a la hora de realizar la compra de los materiales, se ha considerado conveniente sustituir el equipo propuesto en el proyecto por un modelo similar con la instalación eléctrica incluida: la bomba Parkside PTPS 1100¹ (figura 4).



Figura 4. Bomba centrífuga Parkside PTPS 1100.

Antes de comenzar con el ensamblaje final, se ha realizado una prueba para medir el caudal y la presión máximos que la bomba centrífuga instalada puede aportar al sistema. Para ello, se ha empleado un fragmento de aproximadamente medio metro de tubo de PVC de 25 mm, un manómetro de glicerina conectado a una “te” de PVC, un tramo de 80 cm de hidrotubo de PVC de 25 mm y una válvula de compuerta. En la figura 5 se observa el montaje descrito.

¹ En el proyecto se ha mantenido la sugerencia de emplear la bomba original de marca Bominox, pues el equipo comprado específicamente para la planta fluidodinámica de este montaje la oferta una tienda donde la oferta varía según la temporada, de modo que no siempre es posible encontrar la bomba instalada.

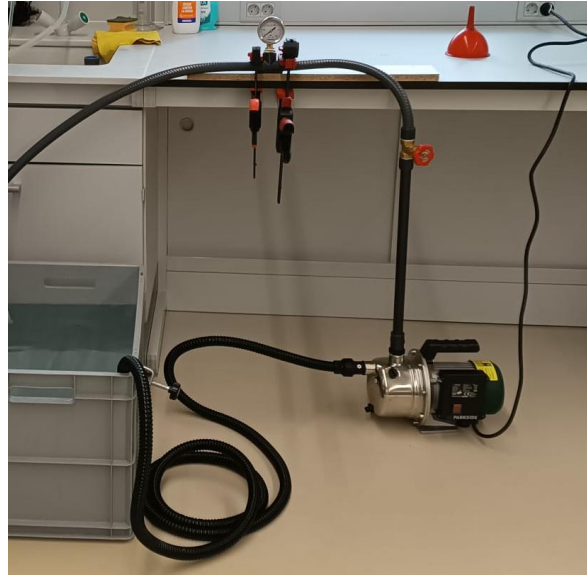


Figura 5. Montaje experimental para prueba de la bomba centrífuga.

Empleando dos depósitos de volumen conocido, se han realizado medidas de caudal y presión a diferentes aberturas de válvula. Se ha determinado que la bomba ofrece un caudal máximo de aproximadamente 4.500 L/h a presión inferior a 2,5 bar. De este modo, se confirma que las pérdidas de carga serán suficientemente elevadas como para poder medirlas, y que el rotámetro y los manómetros seleccionados son adecuados para el rango de operación.

3.2. Ensamblaje de elementos hidráulicos

Una vez comprobada la aptitud de la bomba centrífuga, se ha revisado que los elementos hidráulicos comprados sean adecuados, encajen correctamente y estén en buen estado. Aprovechando este momento, se han colocado emulando su posición final para facilitar el posterior ensamblaje, tal y como se ve en la figura 6.



Figura 6. Elementos hidráulicos según su posición en la planta fluidodinámica.

Una vez se ha revisado el material, se comienza el proceso de montaje. El primer paso es tomar las medidas en el tablero, realizando marcas en la posición donde se colocarán posteriormente las piezas. Es esencial que las líneas horizontales tengan el mismo largo, de modo que puedan ser encajadas verticalmente sin problemas.

En la figura 7 se muestran los lados del tablero vertical marcados con lápiz, siguiendo las instrucciones del plano 6 del presente proyecto.



Figura 7. Tablero vertical con marcas orientativas para el anclaje.

A continuación, se ha procedido al ensamblaje de las cuatro líneas horizontales. Para ello, se ha colocado teflón en cinta en las uniones roscadas para sellar lo máximo posible las diferentes juntas. Se ha realizado el corte de los fragmentos de tubería de cada tramo, tal y como se muestra en la figura 8, y se han encolado las uniones a presión.



Figura 8. Colocación previa al encolado de los elementos de las líneas horizontales.

En la imagen no se han colocado los fragmentos de hidrotubo de PVC, pues al ser flexible no se mantenía en una posición fija sin mover el resto de elementos.

Se ha considerado preciso separar del tablero las tuberías, de modo que las válvulas no quedasen apoyadas. De este modo, en caso de tener que realizar mantenimientos será más sencillo acceder a los elementos hidráulicos y desenroscarlos. Para conseguir este objetivo, se han aprovechado los recortes del tablero, cortándolos en fragmentos de tamaño aproximadamente igual al de la base de las abrazaderas.



Figura 9. Izquierda: fragmentos de tablero; derecha: colocación de las abrazaderas.

Continuando con la preparación de las líneas, una vez preparadas las líneas horizontales, se ha procedido a la toma de medidas y colocación de los elementos verticalmente. Para ello, se ha comenzado por la parte inferior del tablero, al ser esta la que suponía un mayor limitante en la distribución del espacio. Empleando abrazaderas de diámetro de 50 mm con recubrimiento de goma, se ha anclado el rotámetro en su posición (figura 10), de modo que la separación coincidiese con la de las líneas.

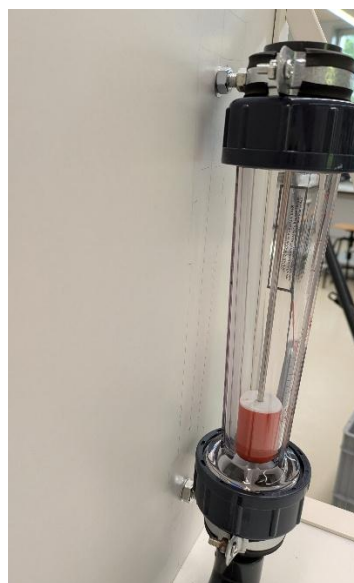


Figura 10. Colocación final del rotámetro.

Posteriormente, se ha agujereado la base del soporte, realizando dos perforaciones de 30 mm de diámetro para poder conectar la bomba y el depósito, ubicados en la parte inferior de la mesa, con el resto de elementos hidráulicos de la zona superior. De este modo, se ha conseguido encajar los codos de PVC de 3/4". En la figura 11 se observa el resultado.



Figura 11. Izquierda: perforación para conexión con elementos inferiores. Derecha: resultado final colocado.

Tras perforar el tablero, se han medido los tramos de tubo necesarios para conectar la bomba y el depósito, mediante tubería de PVC de 3/4" y tubería flexible de 3/4", respectivamente. En el caso del depósito, la decisión de no emplear conducción rígida se debe a la búsqueda de facilitar al máximo los mantenimientos de la planta fluidodinámica: en caso de querer retirar la caja de plástico, la tubería de PVC flexible no supone un obstáculo, mientras que la otra sí. Por otro lado, el enlace roscado de la bomba permite moverla sin necesidad de flexionar el tubo.

Una vez asentada la línea más baja (línea 0), encargada de la alimentación y desagüe del sistema, se han tomado las medidas necesarias para añadir una a una las siguientes líneas. Al tener ya cortados los tramos de tubería horizontal, solamente ha sido necesario preparar los tubos verticales. Además, se han realizado las perforaciones pertinentes para anclar los soportes en las posiciones adecuadas: antes y después de cada válvula, en puntos intermedios de tramos largos de tubería, y entre "tes". En la figura 12 se aprecia el resultado de la colocación de las líneas 1 y 0 ya colocadas.

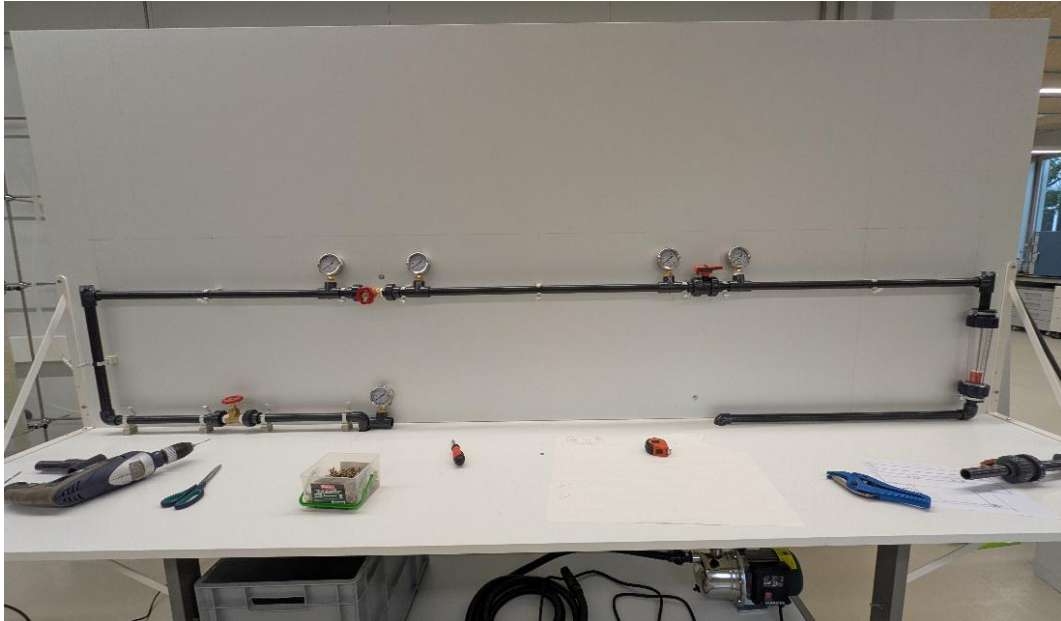


Figura 12. Planta fluidodinámica con las líneas 0 y 1 posicionadas.

Se ha repetido el procedimiento en cada una de las líneas horizontales intermedias, consiguiendo el resultado final mostrado en la figura 13. En el caso de la colocación del tubo de PVC flexible, se ha considerado oportuno añadir más abrazaderas para garantizar una sujeción firme.



Figura 13. Planta fluidodinámica con las líneas 0, 1, 2 y 3 colocadas.

La línea superior (línea 4) cierra la construcción de la instalación. Al igual que se ha hecho en los tramos anteriores, se han tomado las medidas para encajar perfectamente

todos los elementos, prestando especial atención a que los manómetros no sobresalgan por arriba.

En este caso particular, el tramo vertical que conecta las líneas 3 y 4 también cuenta con manómetros, encargados de medir la presión antes del codo y después de la válvula de 90°. Para colocarlos, es preciso tener en cuenta que deben mantenerse siempre de pie, siendo necesario añadir codos de 1/4" para corregir su posición en la "te". A la hora de instalarlos, se han valorado dos alternativas: colocarlos de modo que la tubería quedase por fuera, o dejarlos en la parte externa del montaje. Finalmente, teniendo en cuenta la parte estética y la protección contra golpes que aportan las conducciones, se ha seleccionado la primera opción, tal y como se aprecia en la figura 14.



Figura 14. Manómetro del tramo vertical entre líneas 3 y 4, lado derecho.

Finalmente, se han cortado los tramos de tubería de la línea 4, y se han colocado los elementos restantes, comprobando que los manómetros de las tres líneas superiores estuviesen alineados, garantizando que el estudio de pérdidas de carga en tramos rectos pudiese ser realizado en la misma longitud de tubo.

La figura 15 muestra el resultado final de la colocación de la instalación hidráulica.



Figura 15. Colocación final de los elementos hidráulicos.

El último paso para fijar definitivamente la instalación es pegar cada unión a presión con pegamento especial para PVC. Esta es la etapa crítica para evitar fugas en el sistema: una mala aplicación de la cola puede suponer grandes problemas en la estanqueidad de la planta fluidodinámica. Por ello, es importante conocer el procedimiento correcto:

- Primero, se limpian con etanol las piezas que se vayan a encolar. En este caso, se ha aprovechado el residuo de la práctica de destilación, compuesto por una mezcla de etanol con restos de agua. Con un trozo de papel, se han borrado las marcas de rotulador indeleble realizadas para el corte de los tubos, y se ha retirado la suciedad que pudieran traer de fábrica.
- Una vez limpios, se ha aplicado una capa de pegamento que cubriese aproximadamente 2 cm del tubo. Con la cantidad de cola restante, sin volver a sumergir el pincel en el frasco, se aplica una cantidad menor de cola en la otra pieza a pegar.
- Sin demorarse mucho, se introduce el fragmento de tubo en la pieza, con trayectoria recta y **sin movimientos giratorios**. En caso contrario, se crearían canalizaciones por las que el agua se filtraría, perdiéndose la estanqueidad de la unión.
- Con ayuda del pincel, sin tomar más producto del envase, se distribuye por el perímetro de la junta la cola que sobresalga de la unión al apretar ambas piezas.
- Tras encolar las piezas, se deben dejar secar como mínimo 5 minutos sin manipularlas en absoluto. Pasado ese tiempo, con extremo cuidado, se pueden colocar en su posición final en la instalación. Allí, deben dejarse reposar durante 24 horas para dejar fraguar completamente el pegamento.

Con el objetivo de facilitar la aplicación del pegamento, se han retirado del tablero la mayoría de los elementos hidráulicos, y se ha procedido a encolar las piezas siguiendo un orden ascendente. En la figura 16 se muestra el encolado de la línea más baja, empezando por las tuberías de conexión con el depósito y la bomba centrífuga.



Figura 16. Encolado de la línea inferior.

Poco a poco, se ha ido encolando cada tramo hasta completar el circuito. Para conseguir manejar las diferentes piezas, se han soltado las válvulas roscadas de la planta fluidodinámica, consiguiendo una holgura en cada línea de aproximadamente 5 cm.

El resultado del proceso descrito coincide con la imagen mostrada en la figura 15, pues no se han producido modificaciones en la colocación de los elementos. Una vez encolado todo el circuito, se ha dejado fraguar el pegamento 24 horas antes de someterlo a pruebas hidrostáticas.

3.3. Conexión con desagüe

La planta fluidodinámica trabajará en sistema cerrado, tal y como se ha mencionado en el diseño del proyecto. Para ello, un depósito se encargará de almacenar el agua necesaria para que la instalación opere.

Se ha utilizado la caja de plástico indicada en el *Anejo II. Ingeniería del diseño* como depósito. Para vaciarlo, se ha instalado un racor de latón de 1/2", previa perforación de la caja, al que se ha conectado una válvula de bola. Al otro lado de la válvula se ha acoplado una boquilla de 3/4" empleando una reducción de 1/2" a 3/4". Esto se muestra en la figura 17, donde se puede ver el resultado desde la parte externa e interna del depósito.



Figura 17. Conexión de desagüe en el depósito de agua; izquierda: vista exterior; derecha: vista interior.

A la boquilla de salida del desagüe se conecta un tramo de tubería flexible de PVC de 3/4", con una longitud aproximada de un metro, sujetándola con abrazaderas metálicas.

La bomba centrífuga incluía una manguera de plástico para la aspiración del fluido, junto con una válvula de pie y un filtro para purificar el agua del sistema. Por tanto, en lugar de instalar un racor en el depósito, como se había diseñado inicialmente, se ha aprovechado la propia conexión de la bomba. Para asegurar que la manguera no se mueva se ha agujereado el depósito por la parte trasera superior.

En la figura 18 se muestra una imagen de la vista superior del depósito, con las tuberías de aspiración de la bomba y vaciado del sistema colocadas.

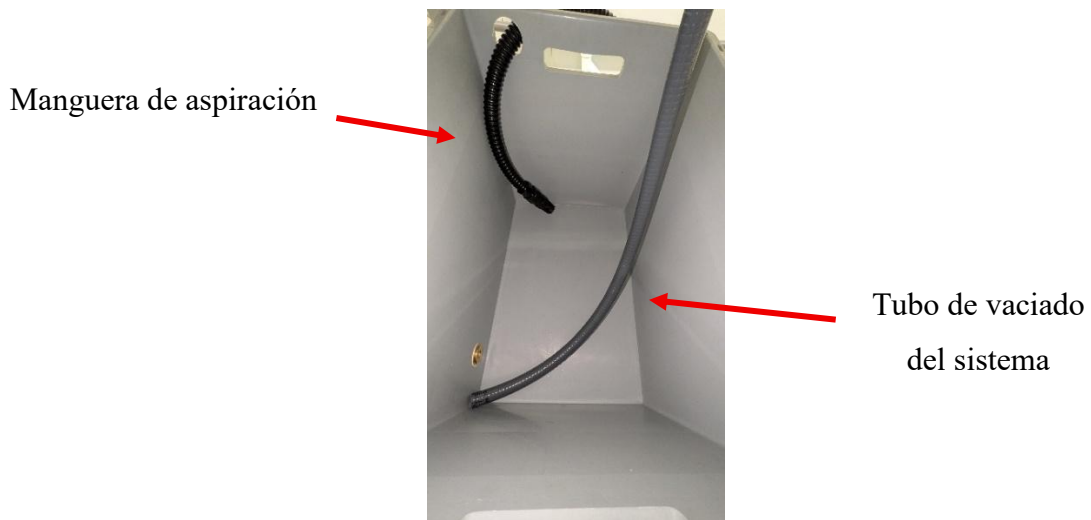


Figura 18. Vista superior del depósito, con tuberías de aspiración y vaciado.

Para el llenado del depósito, se empleará un grifo previamente instalado en esa zona del laboratorio.

4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El proyecto plantea la realización de la instalación eléctrica de la bomba centrífuga de la planta fluidodinámica. Normalmente, este tipo de equipos suelen comercializarse sin el ensamblaje del cableado de alimentación e interruptores necesarios para su funcionamiento, incrementando el coste y tiempo invertido en la ejecución.

Valorando el tiempo disponible para concluir la obra, limitado por la entrega del Trabajo Fin de Grado para su defensa el 14 – 15 de julio, se ha determinado que instalar la bomba centrífuga inicialmente seleccionada (MINOX – 01 M – 0) es un inconveniente por las razones mencionadas, además de los posibles retrasos en su envío. Por estas razones, tal y como se ha adelantado en el apartado 3. *Instalación hidráulica*, se ha sustituido el equipo por otro análogo, de características similares, con la instalación eléctrica ya incluida: cableado de alimentación e interruptor magnetotérmico.

5. PRUEBAS Y FUNCIONAMIENTO

Tras finalizar el ensamblaje de la planta fluidodinámica, se han llevado a cabo las comprobaciones necesarias para asegurar que el resultado es adecuado, fiable y opera correctamente.

5.1. Prueba hidrostática

La primera comprobación llevada a cabo ha sido la prueba hidrostática, cuyo objetivo es verificar la estanqueidad del sistema.

Para ello, se ha comenzado ajustando las roscas de las uniones de las válvulas y revisando que todos los elementos estuviesen correctamente colocados. A continuación, se ha llenado el depósito de agua y se ha cebado la bomba centrífuga y la manguera de aspiración. El procedimiento de cebado se incluye en el *Documento 5. Manual de usuario* del presente proyecto.

Antes de encender la bomba, se ha cubierto la base del soporte con papel de laboratorio, para poder identificar fácilmente las posibles fugas. Finalmente, se ha arrancado el equipo y se ha dejado funcionar unos minutos. Línea por línea, se ha hecho circular el agua prestando especial atención a las uniones roscadas.

En esta revisión se han detectado fugas leves en algún manómetro por fallo del teflón colocado en las juntas metálicas. Para subsanar este problema, se ha vaciado el sistema y se han retirado las uniones roscadas, limpiándoles el teflón y volviendo a aplicarlo.

Tras terminar la corrección de fallos de la primera prueba, se ha vuelto a poner en marcha el sistema. En este caso, no se ha detectado ninguna fuga. Para asegurar la estanqueidad de la planta fluidodinámica, se ha realizado una segunda prueba en la que se ha sometido la instalación a presiones próximas a 2,5 bar, valor máximo que soportará durante su uso, durante aproximadamente 60 minutos. Al no detectarse fugas ni pérdidas de presión, se ha confirmado la estanqueidad.

De acuerdo con los materiales empleados, la presión máxima soportada por la instalación es de 16 bar. Por tanto, la toma de medidas es totalmente segura para el rango de operación para el que ha sido diseñada la planta fluidodinámica.

5.2. Prueba de elementos de medida y válvulas

Otra prueba que se ha realizado es la comprobación del funcionamiento del rotámetro, de los manómetros y de las válvulas.

Para comprobar si el rotámetro mide correctamente el caudal, simplemente se ha observado si el valor indicado era coherente con los datos aportados por el fabricante de la bomba centrífuga. A máximo caudal, teniendo todas las válvulas abiertas, se ha obtenido una cifra de 3.000 L/h. Este valor concuerda con el máximo indicado en las características de la bomba, pues los 4.600 L/h se conseguirían únicamente en condiciones horizontales y sin elementos que supongan pérdidas de carga.

En cuanto a los manómetros, antes de realizar verificaciones ha sido preciso agujerearlos. Este paso se ha realizado tras asentar todos los elementos en la planta fluidodinámica, pues una vez perforados es recomendable mantenerlos verticales, o podrían perder parte de la glicerina que contienen.

Se ha puesto en marcha el sistema y se ha comprobado, línea a línea, que los manómetros arrojan medidas de presión coherentes y legibles. Uno de los posibles problemas sería que los valores en dos puntos fuesen tan similares que no se pudieran cuantificar. Se ha verificado que las medidas son óptimas, la escala correcta y las caídas de presión son detectables.

Finalmente, se han probado todas las válvulas de la instalación: que la apertura y cierre fuese correcto, que generasen pérdidas de presión suficientes para llevar a cabo la práctica... De nuevo, el resultado ha sido satisfactorio. La regulación y el guiado del flujo del sistema es óptimo, y las válvulas de compuerta y de 90° permiten apreciar a diferentes aperturas de obturador un cambio en la diferencia de presión a la entrada y a la salida.

5.3. Prueba de uso (práctica de laboratorio)

Es importante no perder de vista el objetivo de la planta fluidodinámica: servir como práctica de laboratorio para que el alumnado analice empíricamente los conocimientos adquiridos en el aula. Por tanto, la prueba final se ha centrado en simular el desarrollo de experimento por parte de los estudiantes.

Siguiendo el guion de prácticas, se ha comenzado por medir a máximo caudal (3.000 L/h) las pérdidas de carga en los puntos de estudio, realizando tres medidas en cada elemento para minimizar posibles errores. A continuación, se ha repetido el experimento a un caudal de 1.600 L/h. Esta última parte ha permitido verificar la ausencia de fugas una última vez.

Los resultados obtenidos en las medidas experimentales se han analizado para comprobar su coherencia. Asimismo, se ha elaborado un informe de laboratorio análogo al que se exigirá a los estudiantes.

Toda la documentación mencionada se adjunta en el *Documento 5. Manual de usuario* del proyecto.

6. MODIFICACIONES Y REINGENIERÍA

Antes de ejecutar el proyecto, se llevó a cabo un análisis minucioso de los aspectos constructivos con el objetivo de detectar y prever posibles fallos o problemas. Esto llevó a la realización de ciertas modificaciones en los bocetos preliminares.

Por otro lado, una vez puesta en marcha la planta fluidodinámica, se han observado ciertos aspectos mejorables de la instalación. Se proponen cambios menores para facilitar el uso de la instalación, formando parte del proceso de reingeniería del proyecto.

6.1. Modificaciones preliminares

Inicialmente, se planteó un diseño para la planta fluidodinámica en el que la circulación del fluido fuera de izquierda a derecha. Sin embargo, la posición del interruptor y las boquillas de cebado y vaciado de la bomba centrífuga motivó la inversión del esquema, de modo que la manipulación del equipo de impulsión fuese más sencilla.

La figura 19 muestra el primer esquema de la planta fluidodinámica, cambiado a posteriori a la versión actual del proyecto.

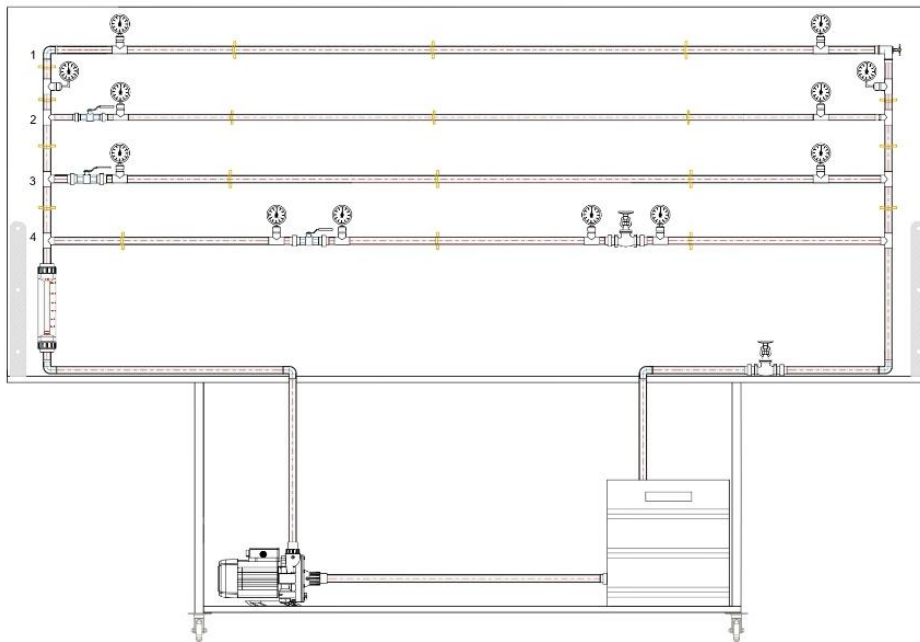


Figura 19. Esquema original de la planta fluidodinámica (inverso al actual).

Asimismo, se realizó una modificación en el modo de conectar los manómetros. Se barajó la opción de instalar medidores de panel con salida posterior, perforando el tablero vertical para anclarlos. Se realizaría una toma de piezómetro en las tuberías, agujereándolas e instalando conexiones rápidas. Esta posibilidad fue descartada por la dificultad de encontrar los manómetros en tiendas que trabajasen con la Facultad de Ciencias, y por la complicación a la hora de ejecutar el montaje. La propuesta final facilitó la colocación de los medidores de presión y redujo notablemente el tiempo requerido.

6.2. Reingeniería

Tras verificar que la operación de la planta fluidodinámica era correcta, se han detectado ciertos aspectos que podrían mejorar notablemente el manejo de la misma.

En primer lugar, el vaciado de la bomba supone un problema tal y como se ha planteado. Si bien el equipo incluye una boquilla de desagüe, es complicado dirigir el agua hacia un recipiente o un desagüe debido a la ubicación del orificio, tal y como se aprecia en la figura 20.

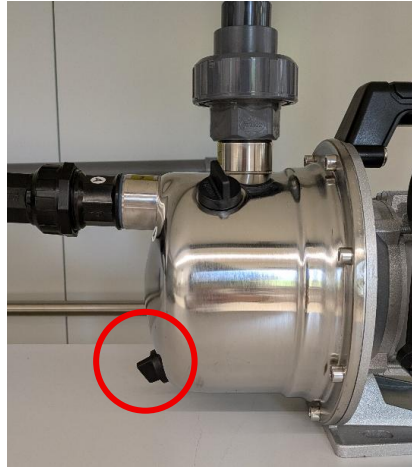


Figura 20. Posición de la boquilla de vaciado de la bomba centrífuga.

Una forma sencilla de facilitar el vaciado de la bomba es mediante la instalación de una válvula de drenaje. De este modo, se puede conectar un tubo de silicona y dirigir el agua hacia un desagüe o un depósito sin complicación.

En la figura 21 se muestra la válvula de drenaje instalada en otra bomba del laboratorio.

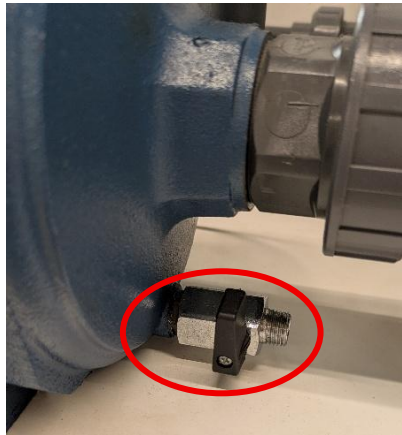


Figura 21. Válvula de drenaje de otra bomba del laboratorio.

También relacionado con el vaciado del sistema, se ha detectado un fallo en el diseño de la línea de impulsión. Tal y como se ha planteado, para soltar la bomba es preciso extraer previamente el agua de todo el sistema. Se propone la instalación de una válvula de bola a la salida de la impulsión de la bomba, de modo que se pueda aislar el equipo y sea posible desconectarlo fácilmente.

6.2.1. Propuestas de modificación

Tras realizar la prueba de uso de la instalación, se ha detectado que las pérdidas de carga en la línea 3, formada por una conducción de PVC supuestamente rugoso, eran similares que en el caso de la tubería lisa.

Se ha barajado la posibilidad de instalar conducciones de acero o de cobre para analizar la influencia de los diferentes materiales en las caídas de presión. Sin embargo, dada la longitud de la tubería y los valores de rugosidad recogidos en la bibliografía, se ha determinado que el resultado tampoco permitiría percibir diferencias con el PVC.

Se sugiere el uso de tubos de piscina, usados habitualmente para la conexión con los filtros. Su diseño podría permitir obtener los resultados que en un principio se esperaban para la línea 3 de la planta fluidodinámica. Por tanto, cuando sea preciso realizar mantenimientos en esa sección, se recomienda modificar la conducción para mejorar el desarrollo de la práctica.

7. MONTAJE FINAL

El resultado final del presente proyecto, ubicado en su posición definitiva en los laboratorios de la Facultad de Ciencias, se muestra en la figura 22.



Figura 22. Planta fluidodinámica experimental del laboratorio de la Facultad de Ciencias.

8. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN

Una vez finalizada la etapa de ejecución del proyecto, es preciso realizar una revisión del presupuesto para determinar el coste final de la planta fluidodinámica construida.

El presupuesto total del presente proyecto asciende a 2.760,70€, tal y como se recoge en el resumen de la tabla 1.

Tabla 1. Resumen del presupuesto de ejecución.

Capítulo	Importe (€)
1 CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA	1.612,99
2 INSTALACIÓN HIDRÁULICA	618,87
3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	49,71
Presupuesto de ejecución material (PEM)	2.281,57
21% IVA	479,13
Presupuesto de ejecución material con IVA (PEM + IVA)	2.760,70

Asciende el presupuesto de ejecución material con IVA a la expresada cantidad de DOS MIL SETECIENTOS SESENTA EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS.

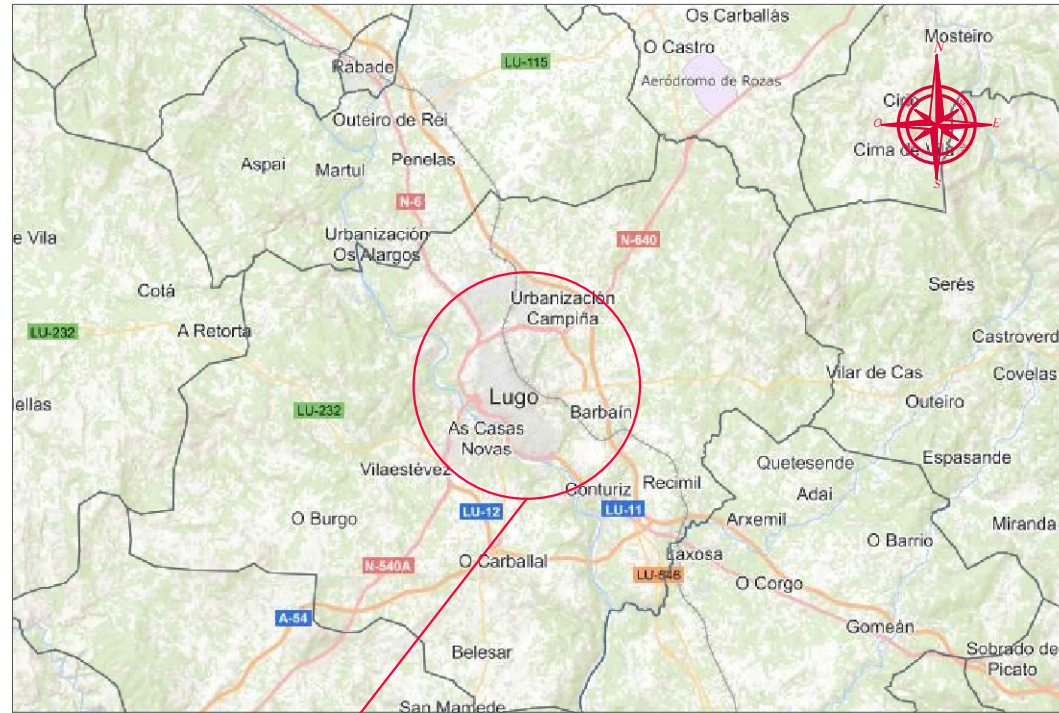
Tal y como se ha indicado, se ha prescindido de la contratación de profesionales para la ejecución del proyecto, y se ha reducido el gasto en la instalación eléctrica. Estas decisiones han permitido reducir en 309,10€ más IVA la inversión económica requerida. Por tanto, el presupuesto de ejecución de la obra descrita en este documento asciende a **2.386,69€ (dos mil trescientos ochenta y seis euros con sesenta y nueve céntimos).**

DOCUMENTO 2

Planos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

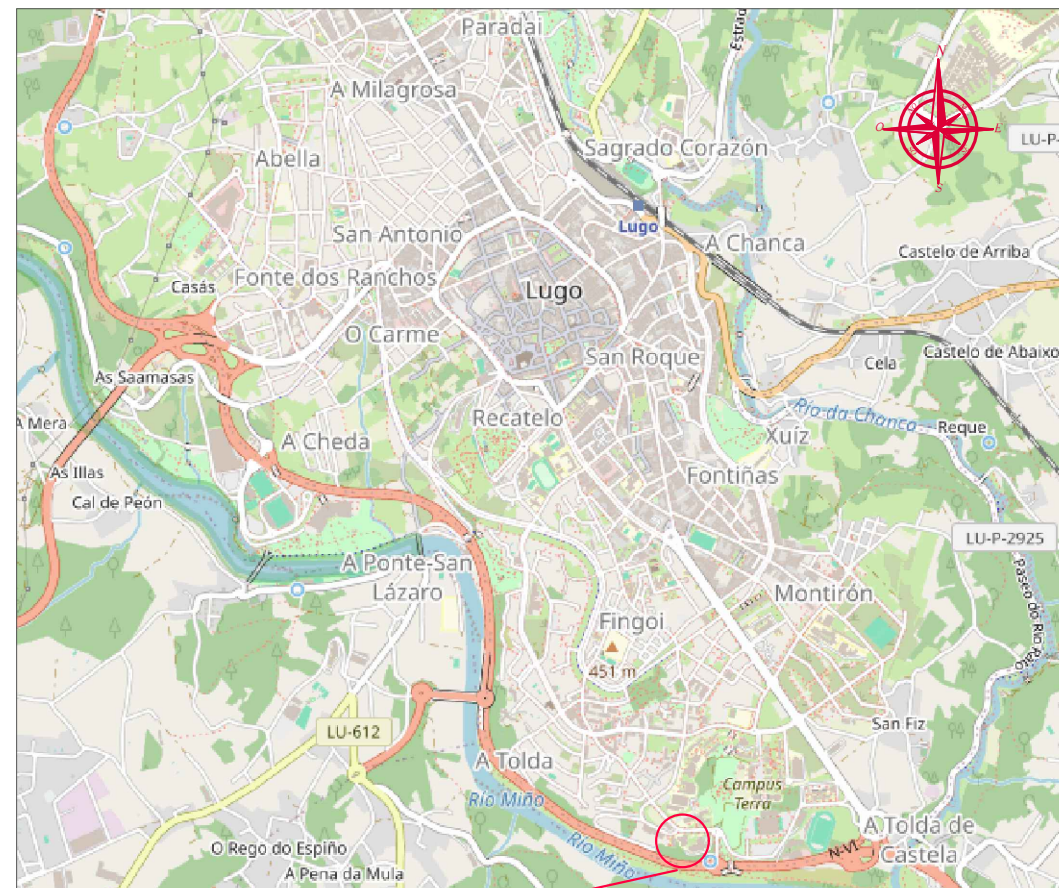
1. Situación y emplazamiento	1
2. Planta del piso -1 del edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias	2
3. Planta del Laboratorio de Tecnologías de Procesado de Alimentos, Sección I (actual Laboratorio de Ingeniería Química) – Edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias	3
4. Instalaciones hidrosanitarias del Laboratorio de Tecnologías de Procesado de Alimentos, Sección I (actual Laboratorio de Ingeniería Química) – Edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias	4
5. Soporte: anclajes y cotas	5
6. Esquema con cotas de la planta fluidodinámica experimental	6
7. Esquema unifilar	7



Localización

FUENTE: www.sedecatastro.gob.es

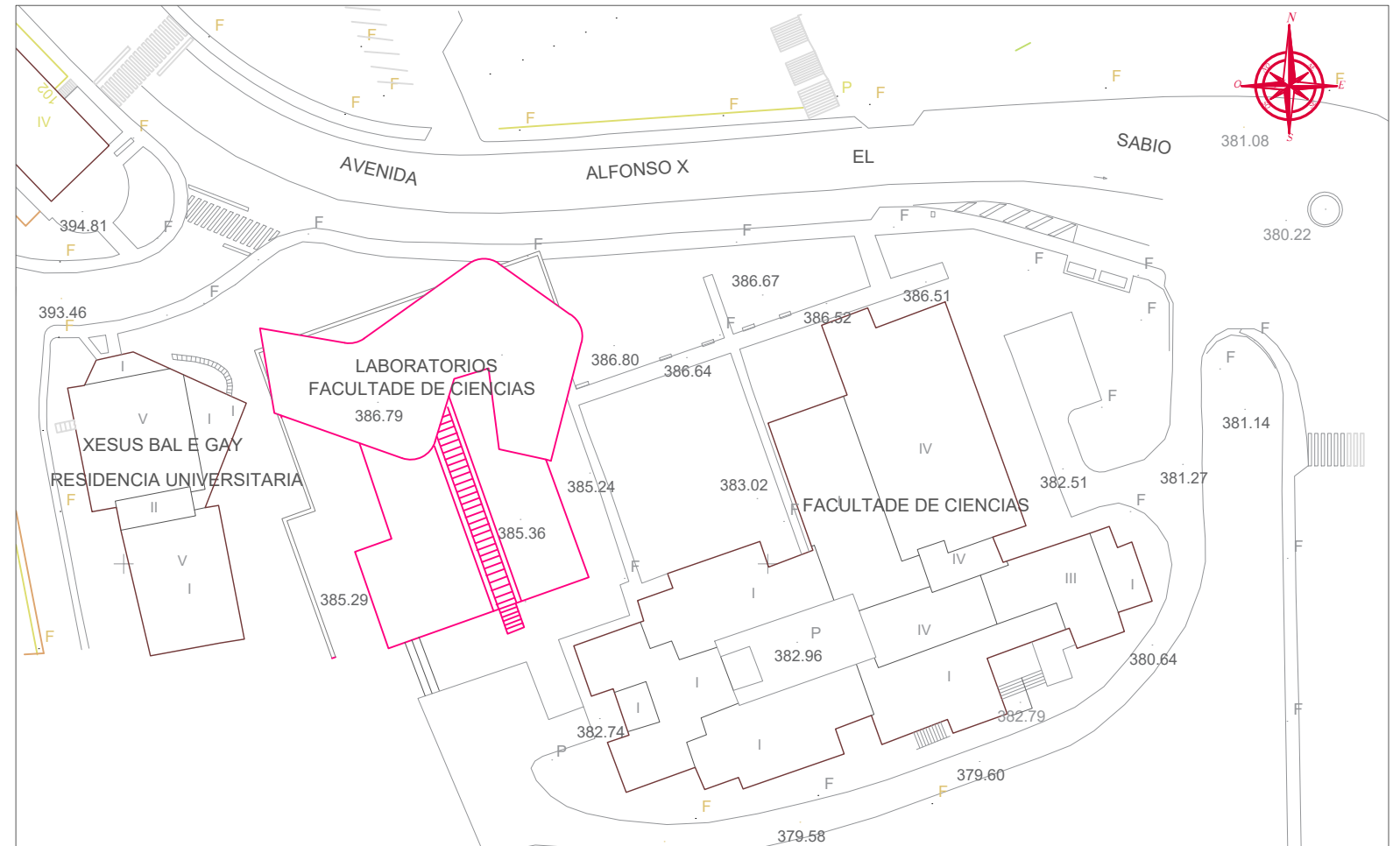
Escala 1/300000




Situación

FUENTE: www.sedecatastro.gob.es

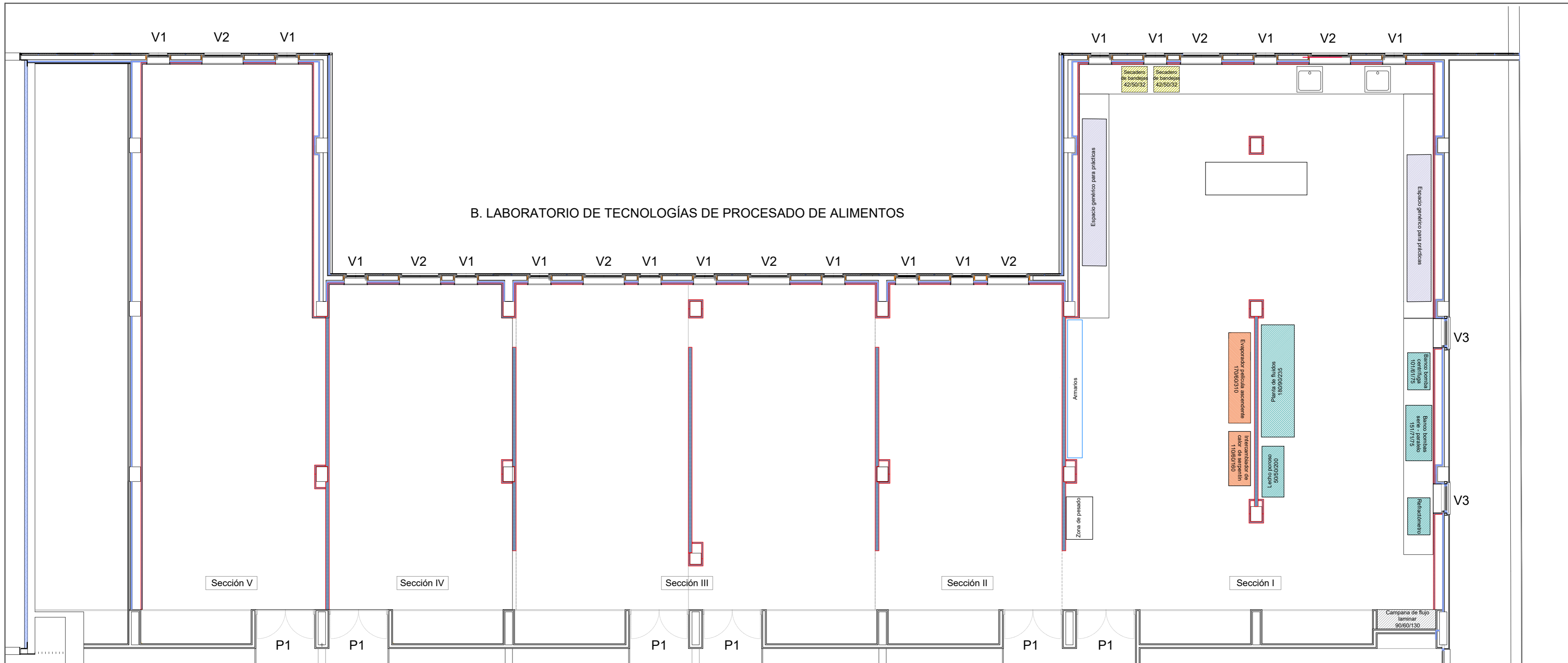
Escala 1/30000



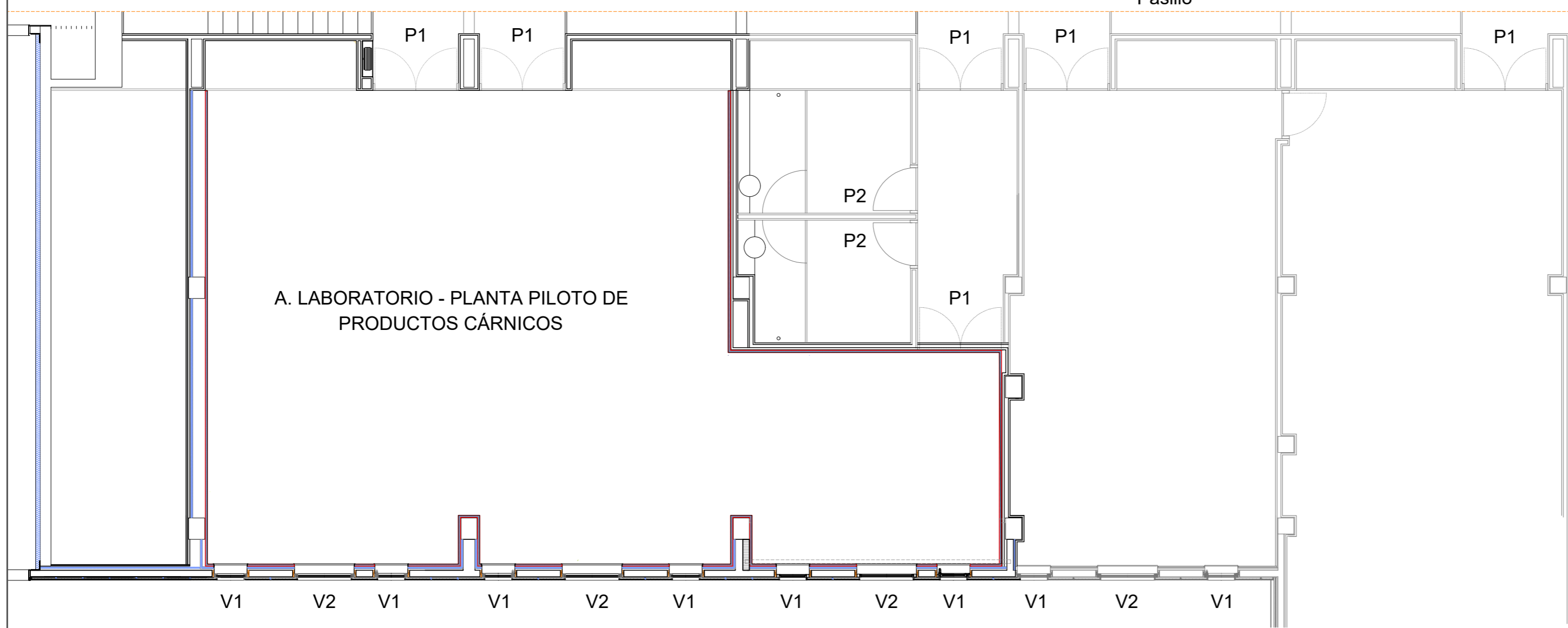
Emplazamiento

 Facultad de Ciencias - Universidad de Santiago de Compostela Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales	
PROYECTO	Proyecto de una planta fluidodinámica experimental para el estudio de pérdidas de carga
PLANO	Situación y emplazamiento
AUTORA	Lucía Gómez Fernández
FECHA	JULIO 2025
ESCALA	1/1000
FIRMA	
PLANO Nº 01	

B. LABORATORIO DE TECNOLOGÍAS DE PROCESADO DE ALIMENTOS



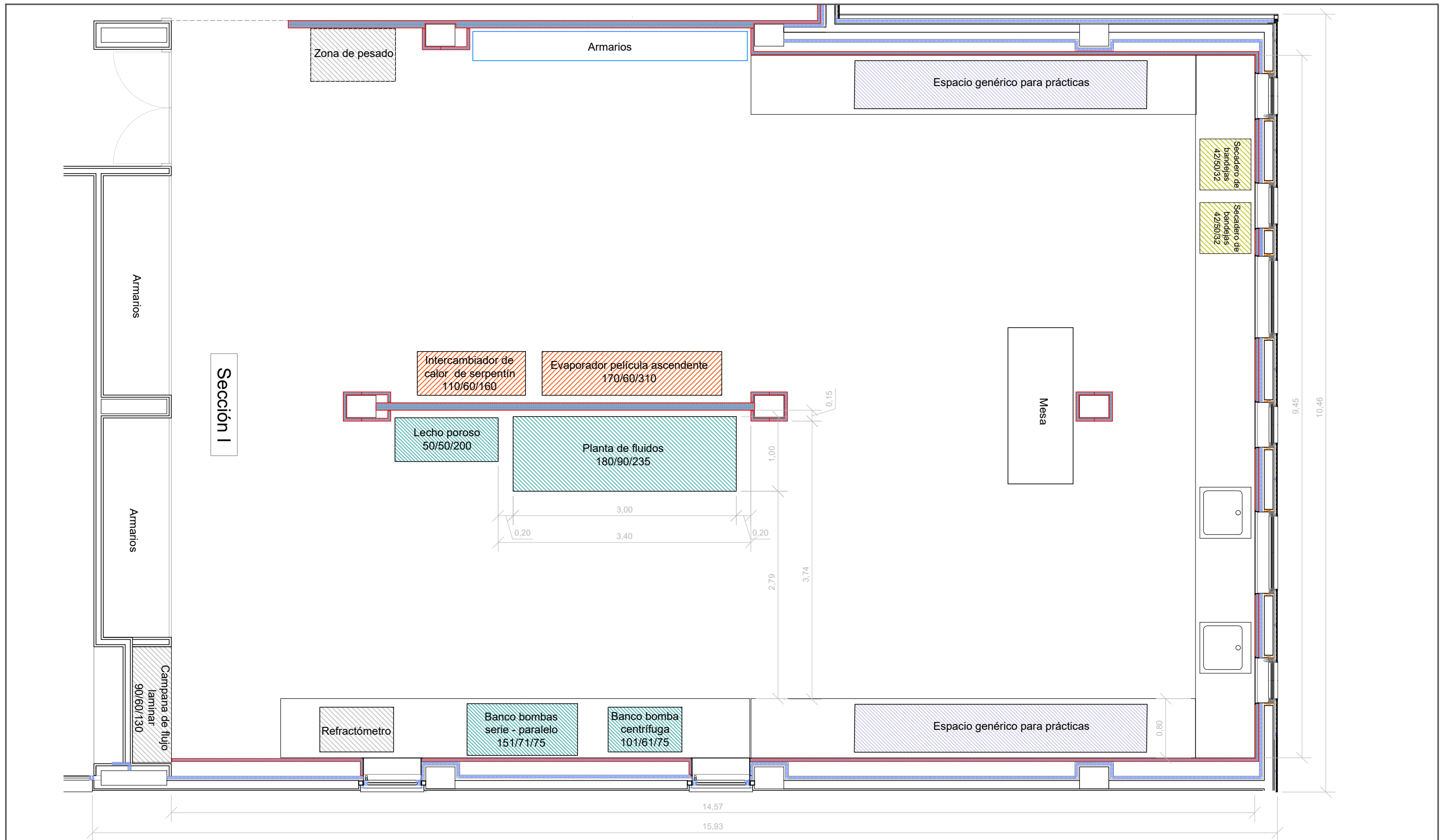
A. LABORATORIO - PLANTA PILOTO DE PRODUCTOS CÁRNICOS




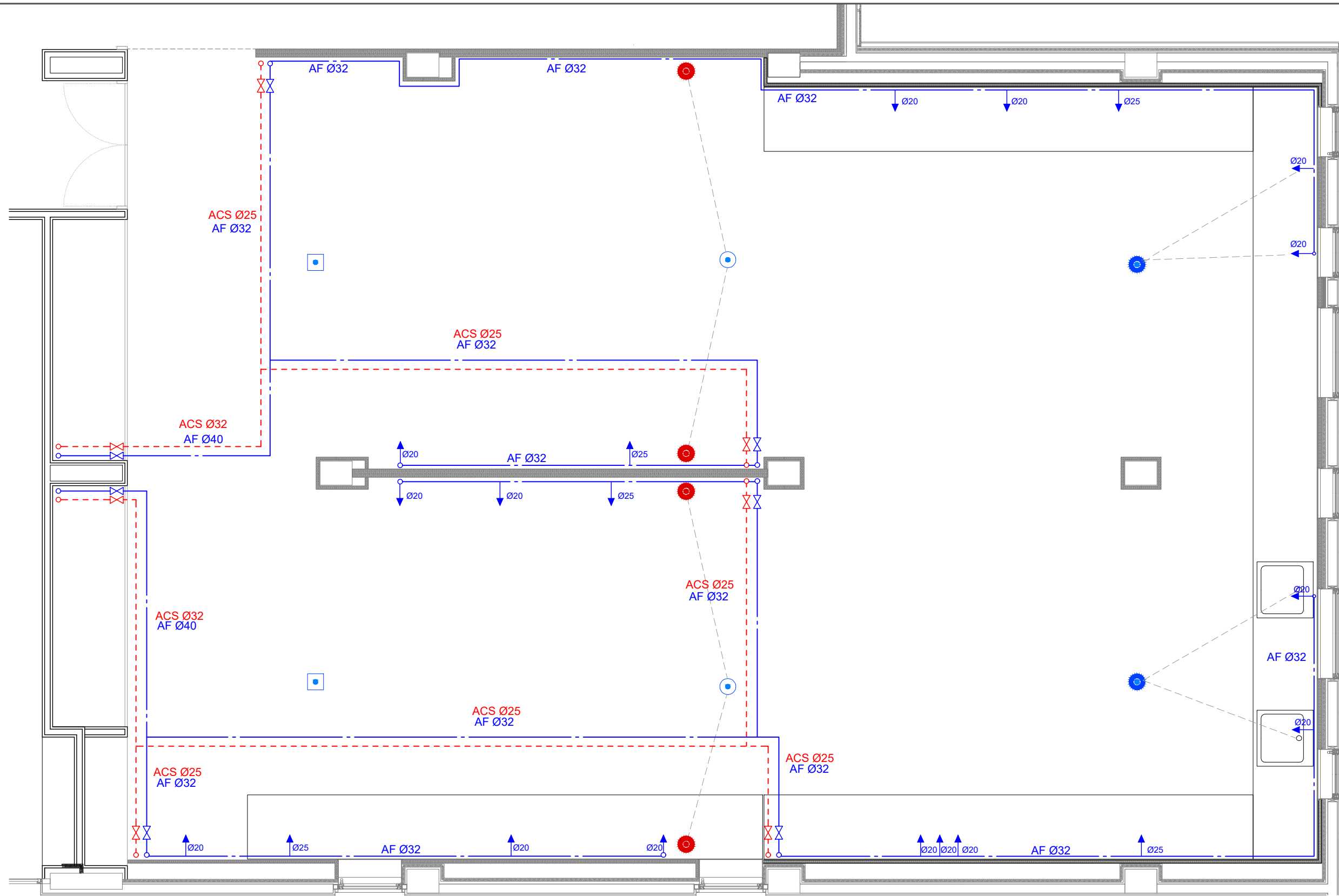
Nombre	Superficie (m ²)
A. Lab. Planta piloto de productos cárnicos	
TOTAL	110,38
B. Lab. Tecnologías de procesado de alimentos	
Sección I	144,6
Sección II	43,65
Sección III	85,55
Sección IV	43,7
Sección V	71,2
Armarios/ paso instalaciones	20,47
TOTAL	409,17
TOTAL SUPERFICIE ÚTIL	519,55
TOTAL SUPERFICIE CONSTRUIDA	588,42

Elemento	Dimensiones (Ancho x Alto)
P1	1,50 m x 2,20 m
P2	0,85 m x 2,00 m
V1	0,60 m x 1,80 m
V2	1,10 m x 1,80 m
V3	0,85 m x 1,80 m

	Facultad de Ciencias - Universidad de Santiago de Compostela Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales		
	PROYECTO Proyecto de una planta fluidodinámica experimental para el estudio de pérdidas de carga		
PLANO Planta del piso -1 del edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias			
AUTORA Lucía Gómez Fernández			PLANO Nº 02
FECHA JULIO 2025	ESCALA 1/75	FIRMA	

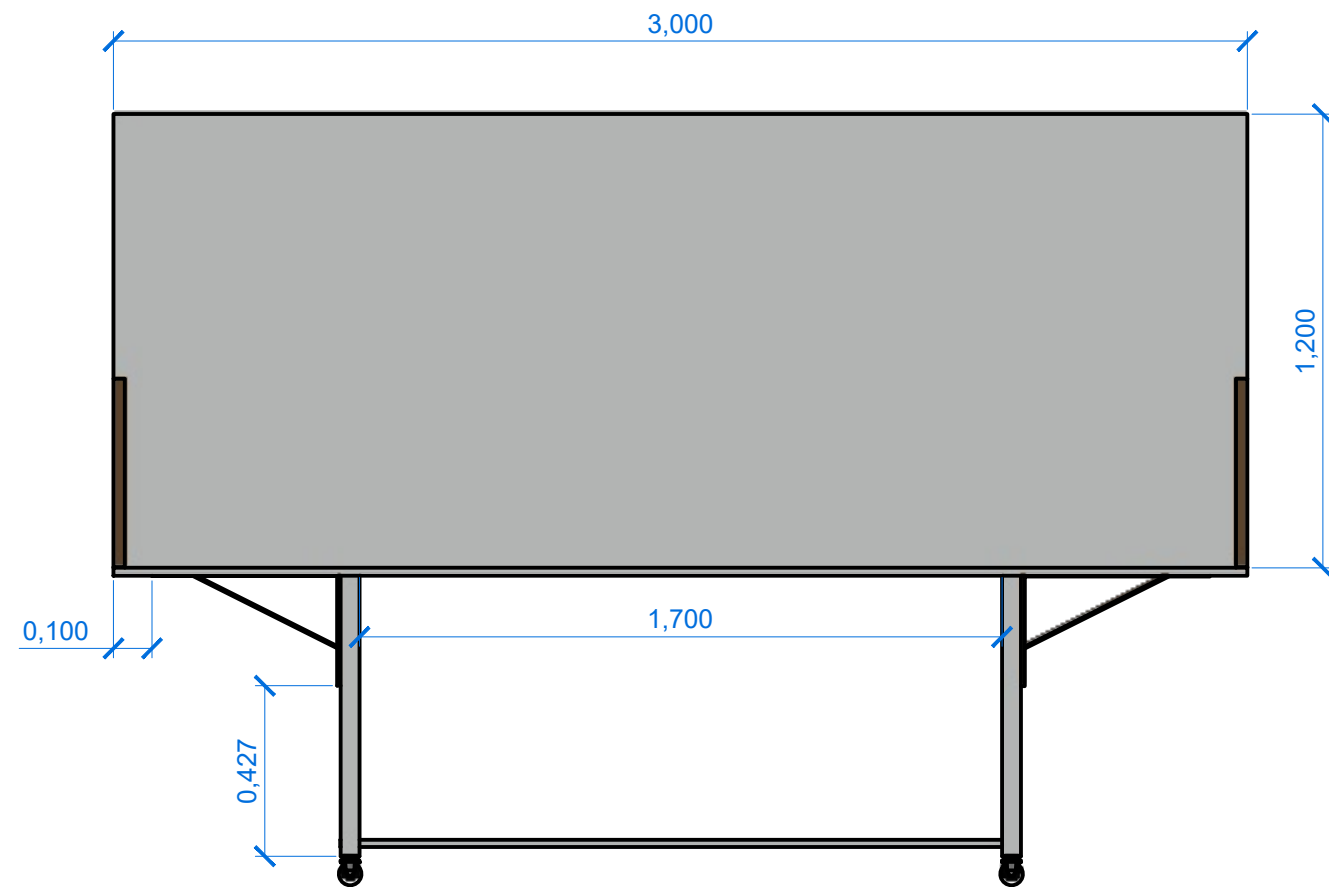


	Facultad de Ciencias - Universidad de Santiago de Compostela Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales		
	PROYECTO Proyecto de una planta fluidodinámica experimental para el estudio de pérdidas de carga		
PLANO Planta del Laboratorio de Tecnologías de Procesado de Alimentos, Sección I (actual Laboratorio de Ingeniería Química) - Edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias			
AUTORA Lucía Gómez Fernández		PLANO N°	
FECHA JULIO 2025		ESCALA 1/50	FIRMA
			03

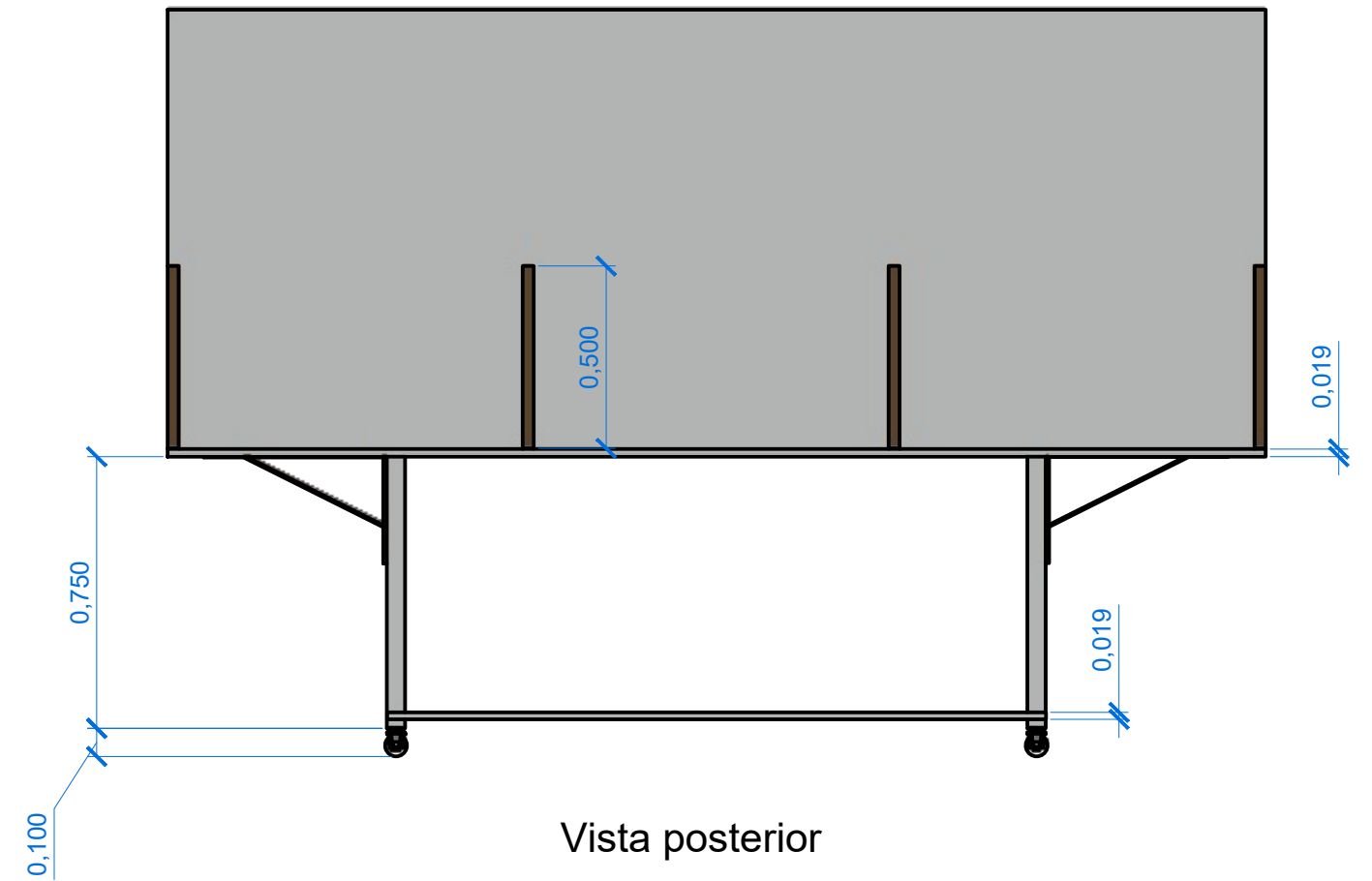


LEYENDA	
	Sumidero de entronque
	Sumidero y bote sinfónico
	Desagüe oculto
	Sumidero de acero inox. de superficie
	ACS Ø-- Tubería de agua caliente sanitaria, diámetro en mm
	Llave de corte de agua caliente
	AF Ø-- Tubería de agua fría, diámetro en mm
	Llave de corte de agua fría
	Derivación disponible, diámetro en mm

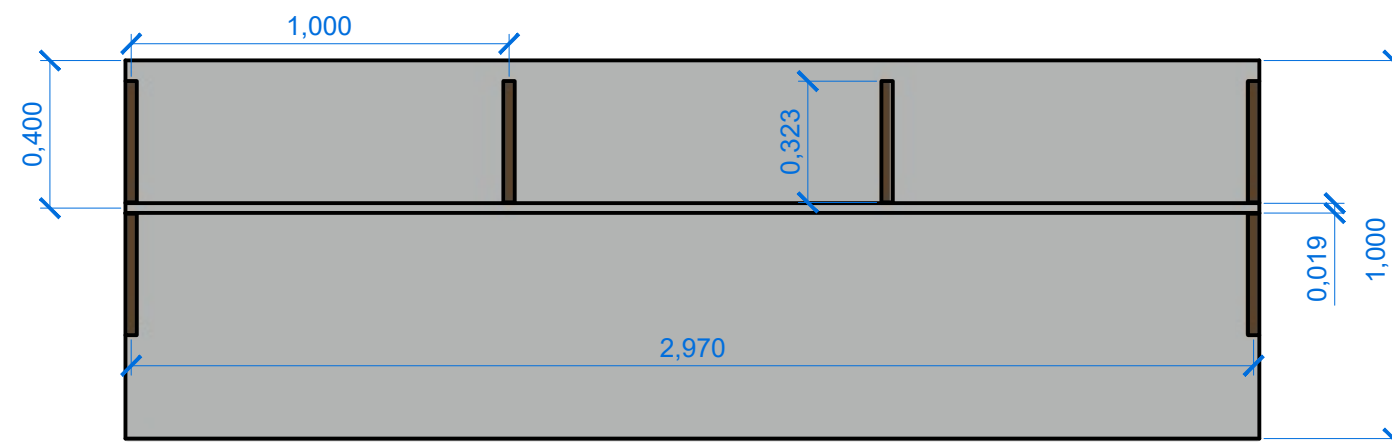
	Facultad de Ciencias - Universidad de Santiago de Compostela Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales	
	PROYECTO Proyecto de una planta fluidodinámica experimental para el estudio de pérdidas de carga	
PLANO Instalaciones hidrosanitarias del Laboratorio de Tecnologías de Procesado de Alimentos, Sección I (actual Laboratorio de Ingeniería Química) - Edificio de Laboratorios de la Facultad de Ciencias		
AUTORA Lucía Gómez Fernández	PLANO N° 04	
FECHA JULIO 2025	ESCALA 1/50	FIRMA




Alzado

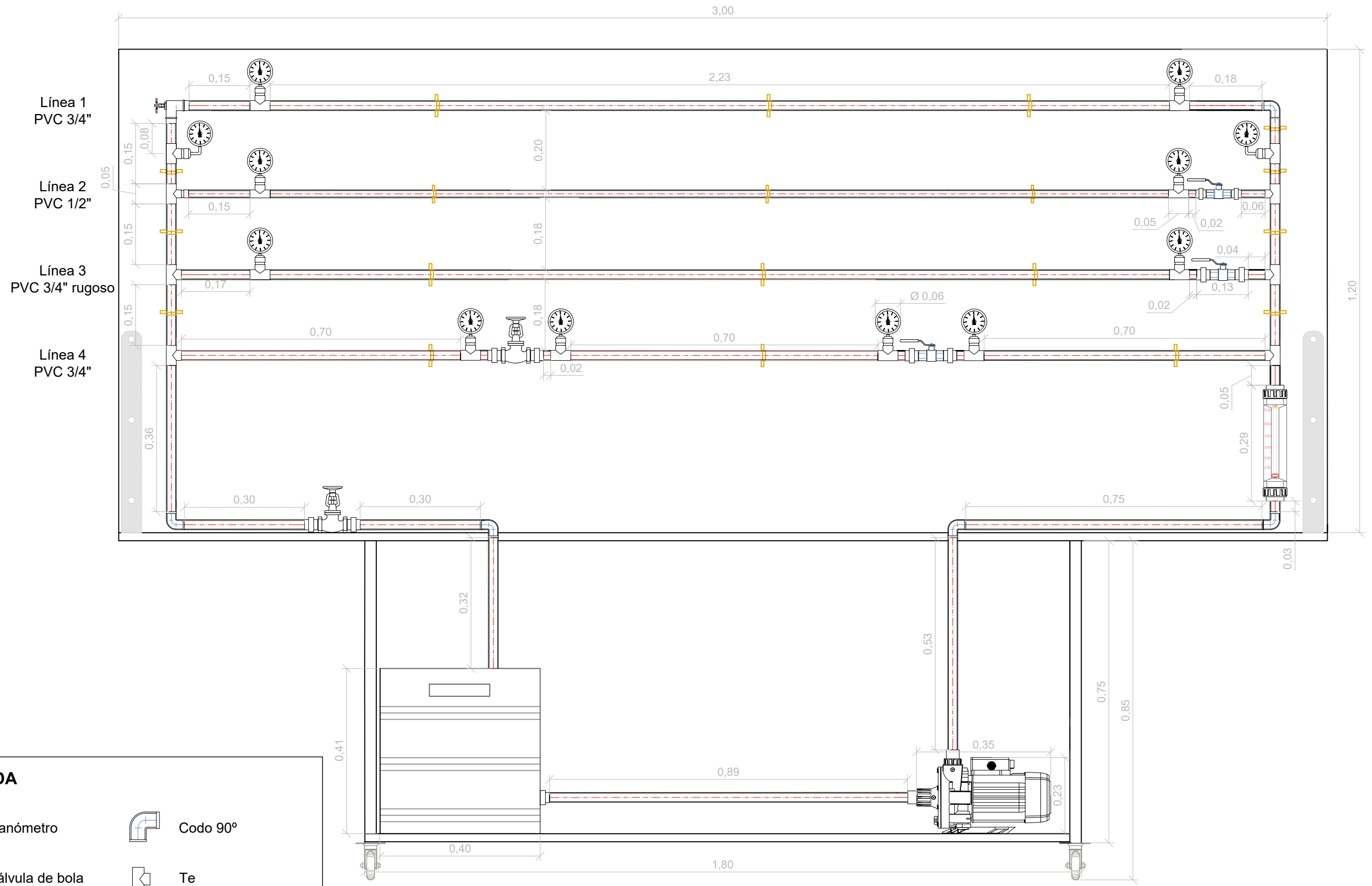


Vista posterior









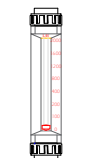




Planta

	Facultad de Ciencias - Universidad de Santiago de Compostela Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales		
	PROYECTO Proyecto de una planta fluidodinámica experimental para el estudio de pérdidas de carga		
PLANO Soporte: anclajes y cotas			
AUTORA Lucía Gómez Fernández		PLANO N° 05	
FECHA JULIO 2025	ESCALA 1/20	FIRMA	

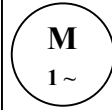


LEYENDA

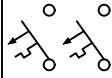
- | | | | |
|---|---------------------------|---|---------------------|
|  | Manómetro |  | Codo 90° |
|  | Válvula de bola |  | Te |
|  | Válvula de regulación 90° |  | Te con reducción |
|  | Válvula de compuerta |  | Abrazadera metálica |
|  | Rotámetro |  | Manguito |

 Facultad de Ciencias - Universidad de Santiago de Compostela Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales	
PROYECTO	Proyecto de una planta fluidodinámica experimental para el estudio de pérdidas de carga
PLANO	Esquema con cotas de la planta fluidodinámica experimental
AUTORA	Lucía Gómez Fernández
FECHA	JULIO 2025
ESCALA	1/10
FIRMA	
PLANO N° 06	

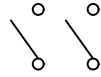
Leyenda



Motor monofásico de C.A.



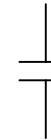
Interruptor magnetotérmico bipolar



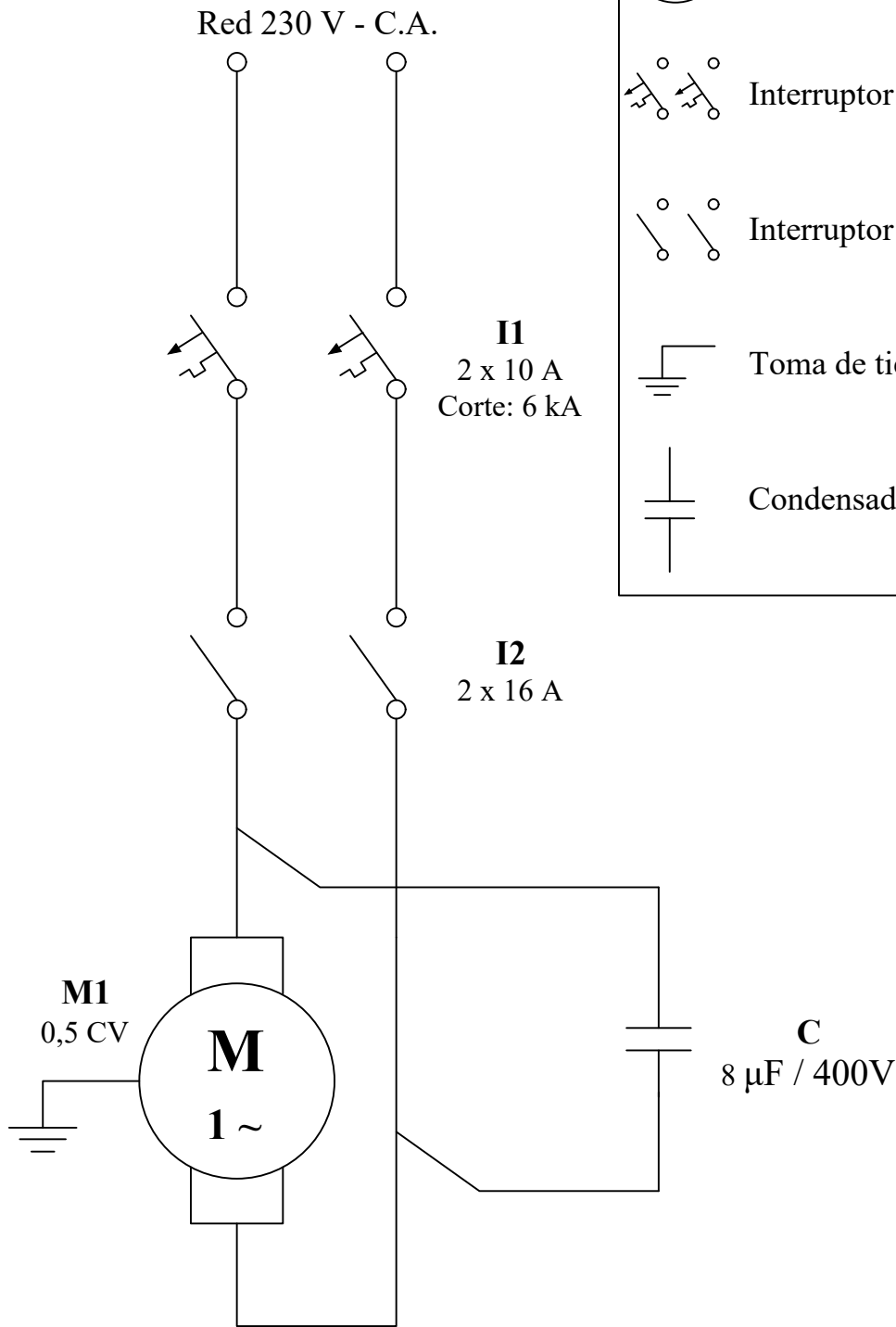
Interruptor bipolar



Toma de tierra



Condensador



Facultad de Ciencias - Universidad de Santiago de Compostela
Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales

PROYECTO Proyecto de una planta fluidodinámica experimental para el estudio de pérdidas de carga

PLANO Esquema unifilar

AUTORA Lucía Gómez Fernández

PLANO N°

FECHA JULIO 2025

ESCALA S/E

FIRMA

07

DOCUMENTO 3

Pliego de condiciones

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Pliego de cláusulas administrativas	1
1.1. Disposiciones generales	1
1.1.1. Naturaleza y objeto del pliego de condiciones	1
1.1.2. Descripción de la obra	1
1.1.3. Documentos que integrarán el proyecto	1
1.1.4. Normativa de obligado cumplimiento en la obra.....	2
1.2. Disposiciones facultativas.....	3
1.2.1. Obligaciones y derechos del promotor	3
1.2.2. Obligaciones y derechos del proyectista.....	4
1.2.4. Prescripciones generales relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares.....	5
1.3. Disposiciones económicas	7
2. Pliego de condiciones técnicas particulares.....	8
2.1. Prescripciones sobre los materiales	8
2.2. Prescripciones en cuanto a la ejecución de la unidad de obra	10
2.3. Prescripciones sobre verificaciones en la obra terminada	11

Proyecto: Proyecto de una planta fluidodinámica experimental para el estudio de pérdidas de carga.

Promotor: Facultad de Ciencias, Universidad de Santiago de Compostela.

Situación: Facultad de Ciencias - edificio anexo de laboratorios, Lugo, España.
Referencia catastral: 8012044PH1681S0001QG.

Proyectista: Lucía Gómez Fernández

1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1.1. Disposiciones generales

1.1.1. Naturaleza y objeto del pliego de condiciones

Este pliego de condiciones tiene por objeto fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en el presente proyecto.

1.1.2. Descripción de la obra

Se diseñará y ejecutará la construcción de una planta fluidodinámica experimental con carácter docente para el Laboratorio de Tecnologías de Procesado de Alimentos de la Facultad de Ciencias, actual Laboratorio de Ingeniería Química (Universidad de Santiago de Compostela) ubicado en Lugo, España.

La obra será diseñada y supervisada por Lucía Gómez Fernández, estudiante del Grado en Ingeniería de Procesos Químicos Industriales, quien actuará como proyectista, directora de obra y contratista.

1.1.3. Documentos que integrarán el proyecto

La definición geométrica y cuantitativa de la obra se establece mediante el presente pliego de condiciones, los planos, la memoria, las mediciones y el presupuesto. Se completarán las indicaciones de ejecución de la obra con el documento de prevención de riesgos.

En caso de incompatibilidad o contradicción entre las indicaciones de los mencionados documentos, prevalecerán las disposiciones del director de obra. Dichas indicaciones deberán ser notificadas por escrito al promotor, figurando la aprobación por parte de todas las partes implicadas.

1.1.4. Normativa de obligado cumplimiento en la obra

Durante la ejecución de la obra, se deberán respetar las siguientes normativas:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269 10/11/1995.
- Real Decreto 486/1997, del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE núm. 97 23/04/1997.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE núm. 224 8/9/2002. ITC-BT-29: Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. BOE núm. 246 11/10/2008.
- Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. BOE nº 188 07/08/1997.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. BOE núm. 298 14/12/1993.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. BOE núm. 311 28/12/1992.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE núm. 140 12/06/1997.
- Ley 10/2008, de 3 de noviembre, de residuos de Galicia. DOG núm. 224 18/11/2008.

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. BOE núm. 181 29/07/2011.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. BOE núm. 43 del 19/02/2002.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE núm. 27 31/01/1997.
- Guía técnica ISSGA: Buenas prácticas en prevención de riesgos laborales. Manual de seguridad en el laboratorio.
- Normas generales de seguridad en los laboratorios de prácticas de la Universidad de Santiago de Compostela (NPR-20).

1.2. Disposiciones facultativas

1.2.1. Obligaciones y derechos del promotor

Se indican a continuación los derechos con los que cuenta el promotor, así como las obligaciones que debe cumplir.

Obligaciones del Promotor:

- Garantizar el acceso al lugar de instalación de la planta fluidodinámica, proporcionando las condiciones adecuadas para una correcta ejecución.
- Brindar al proyectista toda aquella información técnica, planos, especificaciones y cualquier otro dato que pueda resultar relevante para la ejecución del proyecto.
- Tramitar las autorizaciones y los permisos necesarios para la construcción de la planta fluidodinámica será tarea del promotor
- Abonar los pagos de acuerdo a los plazos y condiciones establecidas en el contrato.

Derechos del Promotor:

- Revisar, aprobar y modificar cualquier documento relacionado con el proyecto antes de su ejecución. Cualquier cambio significativo debe ser acordado por ambas partes y verse reflejado en el contrato.
- Realizar inspecciones durante la ejecución de la instalación sin previo aviso, así como verificar que se estén cumpliendo las especificaciones acordadas en el pliego de condiciones.
- Solicitar medidas correctivas con las correspondientes penalizaciones, en caso de detectar incumplimiento del contrato.
- Recibir informes periódicos que documenten el avance de la ejecución de la planta fluidodinámica, incluyendo información como tiempos de trabajo, uso de materiales, incidencias, etc.
- Intervenir en caso de detectar problemas técnicos o de seguridad durante la fase de ejecución del proyecto, con el objetivo de garantizar un progreso de la obra acorde a las especificaciones.

1.2.2. Obligaciones y derechos del proyectista

En el presente proyecto, la figura de proyectista, contratista y director de obra se condensa en una misma persona, la ingeniera a cargo de la obra.

Obligaciones del proyectista

- Respetar los tiempos establecidos para las diferentes fases que componen el proyecto.
- Diseñar y ejecutar la planta fluidodinámica experimental cumpliendo los requisitos establecidos en el pliego de condiciones, con el fin de obtener un resultado adecuado a las exigencias del promotor.
- Respetar las normativas vigentes en los ámbitos de seguridad, prevención de riesgos y medioambiente, entre otros.
- Brindar al promotor toda aquella información que pueda ser relevante para el correcto uso y gestión de la planta. Esto incluye planos, memorias, manuales de operación, informes de pruebas, fichas técnicas y cualquier otro documento pertinente.

- Mantener una comunicación continua y honesta con el promotor, informándole del progreso, posibles problemas y cualquier otra incidencia en el proceso de elaboración y ejecución del proyecto.
- Garantizar que la ejecución de la planta fluidodinámica se realiza bajo los estándares de calidad pertinentes, empleando materiales y equipos adecuados a la normativa vigente y al uso que van a recibir. En contraposición, la proyectista no asumirá ninguna garantía sobre la instalación una vez completado el proyecto: si las verificaciones finales son favorables, cualquier posible fallo posterior se atribuirá a la garantía comercial de los elementos afectados.

Derechos del proyectista

- Acceder al lugar de instalación de la planta fluidodinámica, permitiéndosele trabajar en un horario acorde a los plazos estipulados de ejecución de la obra.
- Solicitar la ampliación de los plazos de ejecución inicialmente acordados si se presentan imprevistos fuera del control del proyectista, tales como retrasos en el suministro de materiales, condiciones meteorológicas adversas que impidan el desarrollo normal de las actividades, etc. Dichas alteraciones deben ser debidamente justificadas y notificadas por escrito al promotor.
- Recibir información clara y detallada de todo aspecto que afecte al proyecto, incluyendo los requisitos del promotor, sugerencia de modificaciones, etc.
- Contar con un entorno de trabajo acorde a las actividades que se requieren para ejecutar de forma eficiente y segura el proyecto.

1.2.4. Prescripciones generales relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares

Trabajos

Las condiciones de ejecución de los trabajos deberán cumplir con las especificaciones técnicas detalladas en el pliego de condiciones. En caso de que no se especifiquen normativas particulares, se aplicarán las normativas nacionales e internacionales correspondientes a cada tipo de trabajo e instalación.

Se deben cumplir las normativas de seguridad laboral vigentes, aplicando las medidas necesarias para la prevención de riesgos laborales durante toda la instalación y puesta en marcha de la planta. Se contará con equipos de protección en caso de ser necesario.

El proyectista deberá elaborar un plan de trabajo detallado, en el que se incluyan cronogramas y plazos de ejecución de las diferentes actividades. Cualquier modificación deberá ser aprobada por el promotor.

Materiales y equipos

Los materiales y equipos empleados en la ejecución del proyecto deberán respetar las normativas vigentes a nivel local, autonómico, nacional y europeo. De forma general, elemento empleado contará con el marcado CE, que asegura que se cumplen los requisitos esenciales de seguridad, salud y protección del medio ambiente establecidos por la legislación de la Unión Europea (UE).

Se tendrán en cuenta las siguientes normativas específicas:

- UNE-EN 1453-1:2017. Para los sistemas de canalización en materiales plásticos, particularmente en tubos de pared estructurada para la evacuación de aguas residuales (a baja y alta temperatura) en el interior de la estructura de los edificios, con material de policloruro de vinilo no plastificado (PVC).
- UNE-EN 809:1999+A1:2010/AC:2010. Requisitos comunes de seguridad para bombas y grupos motobombas para líquidos.
- UNE-EN ISO 2858:2011. Para las bombas centrífugas de aspiración axial.
- UNE-EN 13951:2012. Requisitos de seguridad para bombas para líquidos, aplicable a equipos agroalimentarios, y especificaciones relacionadas con el diseño para garantizar la higiene en la utilización.
- UNE-EN 60034. Para las máquinas eléctricas rotativas utilizadas en la planta.
- UNE-EN ISO 12100:2012. Principios generales de seguridad para el diseño de máquinas, evaluación del riesgo y reducción del riesgo, aplicable a la maquinaria y equipos empleados en la planta.

Todos los materiales, equipos y componentes deberán estar en condiciones adecuadas y cumplir con los estándares de calidad establecidos por las normativas mencionadas. Los materiales deberán ser acompañados por los certificados de conformidad que garanticen su adecuación para el uso previsto.

La proyectista y contratista se responsabilizará de la correcta selección y adquisición de los materiales. Estos deben ser almacenados adecuadamente para evitar daños y asegurarse de que estén listos para su uso de acuerdo con el cronograma del proyecto.

En caso de ser necesario realizar alguna sustitución, se deberán emplear elementos de características similares o superiores a las descritas, y obtener la aprobación previa del promotor.

Medios Auxiliares

Se deberá disponer de los equipos y herramientas necesarias para la correcta ejecución del proyecto. Deben ser adecuados para los trabajos a realizar, estar en condiciones óptimas de funcionamiento y cumplir con las normativas de seguridad correspondientes.

1.3. Disposiciones económicas

El proyecto será financiado por la Facultad de Ciencias, cubriendo materiales, equipos y demás recursos necesarios. El presupuesto deberá respetar las partidas aprobadas, y cualquier gasto extra requerirá autorización previa del promotor.

La proyectista se compromete a la gestión eficiente de los recursos, evitando sobrecostos y optimizando el uso de materiales.

El presupuesto total asciende a **2.760,70€** si es ejecutada por profesionales contratados, o **2.386,69€** en la situación particular del presente proyecto.

2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1. Prescripciones sobre los materiales

Los materiales empleados en la planta fluidodinámica experimental deberán cumplir con los requisitos de calidad, seguridad y durabilidad especificados en el proyecto, así como con las normativas técnicas vigentes. Todos los componentes deberán estar certificados por los fabricantes y se adecuados para el uso previsto.

Tuberías y accesorios

Tuberías

Se utilizarán principalmente tuberías de PVC de 3/4", excepto un tramo de 3 metros que será de 1/2". Adicionalmente, se incorporará un tramo de tubería de metacrilato de 3/4".

Las tuberías de PVC cumplirán con la norma UNE-EN 1453-1:2017, garantizando su estanqueidad y resistencia frente a agentes químicos y temperaturas variables. Se instalarán siguiendo las indicaciones del fabricante, asegurando una unión hermética y duradera.

El ensamblaje de las conducciones de metacrilato se llevará a cabo de forma similar a las tuberías de PVC, atendiendo siempre a las instrucciones específicas del producto.

Todas las tuberías deberán ser inspeccionadas antes de su instalación para detectar defectos de fabricación, grietas o deformaciones. Se almacenarán protegidas de agentes externos que puedan afectar sus propiedades mecánicas.

Accesorios y conexiones

El guiado del fluido a través del sistema se llevará a cabo gracias a accesorios compatibles con las tuberías seleccionadas. Sus dimensiones serán acordes a la instalación, coincidiendo los diámetros con los de las conducciones.

La colocación de los elementos hidráulicos se llevará a cabo de modo que se facilite la realización de futuros mantenimientos. Las válvulas contarán con uniones roscadas que permitan la rápida sustitución en caso de ser necesario.

Se emplearán elementos de materiales de durabilidad adecuada al uso que la planta fluidodinámica experimental va a recibir, priorizando aquellas opciones ligeras y de bajo coste.

Todos los accesorios deberán cumplir con normativas de calidad y ser compatibles con las tuberías empleadas. Se instalarán siguiendo las recomendaciones del fabricante y utilizando los métodos de fijación adecuados para cada material.

Criterios de instalación

Con el fin de garantizar la durabilidad y fiabilidad del sistema de conducción de fluidos, el montaje de las tuberías y accesorios deberá cumplir con los siguientes criterios:

- Las tuberías serán fijadas al soporte mediante abrazaderas adecuadas, asegurando su estabilidad y evitando vibraciones.
- Se garantizará un correcto alineamiento y una instalación sin tensiones que puedan generar fatiga en el material y futuros daños a medio y largo plazo.
- Las conexiones se revisarán tras su instalación para verificar su estanqueidad antes de la puesta en marcha del sistema.

Bomba centrífuga

El promotor ha propuesto el uso de la bomba centrífuga Rover Pompe BE – M 20 CE. Se debe realizar una verificación previa que compruebe su aptitud para ser instalada en la planta fluidodinámica experimental.

La bomba centrífuga será el elemento encargado del transporte de fluidos dentro de la instalación. Deberá cumplir con las normativas UNE-EN 809, UNE-EN ISO 2858, UNE-EN 60034 y UNE-EN 13951, garantizando un funcionamiento seguro y eficiente. En caso de sustitución de este equipo, o selección de otro diferente, se deberán tener en cuenta los requisitos de la instalación determinados en el dimensionamiento de la planta fluidodinámica.

El material de la bomba debe ser adecuado para el fluido de trabajo. Su instalación se realizará conforme a las indicaciones del fabricante, asegurando posición estable, así como una correcta alineación con la tubería de aspiración e impulsión.

Soporte y estructura de montaje

La planta experimental será instalada en una estructura resistente al agua, compuesta por un soporte en T anclado a un esqueleto metálico con ruedas. El material de todos los elementos deberá ser hidrófugo.

La mesa o soporte análogo deberá estar fabricado con un material que garantice resistencia a la humedad, facilidad de limpieza y estabilidad. Se recomienda que la superficie sea de resina fenólica, melamina con protección antihumedad u otro material resistente al agua. Deberá contar con ruedas para facilitar la realización de mantenimientos, así como posibles traslados.

El tablero vertical servirá como base para la fijación de tuberías, dispositivos de medición y otros elementos. Su resistencia al agua evitará deformaciones o deterioro por posibles salpicaduras o fugas. El grosor del tablero deberá garantizar su rigidez, permitiendo una fijación segura de los elementos de la instalación.

Como anclaje se emplearán escuadras metálicas y sistemas de fijación que aseguren una instalación estable y duradera, evitando desplazamientos o vibraciones excesivas durante la operación del sistema.

El montaje de la estructura deberá garantizar una disposición ergonómica y accesible para facilitar la manipulación y mantenimiento de los componentes, así como una correcta distribución de pesos para evitar sobrecargas en la mesa de soporte.

2.2. Prescripciones en cuanto a la ejecución de la unidad de obra

La ejecución de la planta fluidodinámica experimental se llevará a cabo siguiendo un proceso que garantice la correcta instalación y funcionamiento de todos los componentes. Se deberán cumplir los requisitos de calidad establecidos en el proyecto, así como las normativas vigentes aplicables a cada elemento de la instalación.

Las unidades de obra deben ejecutarse de acuerdo con las especificaciones detalladas a continuación:

- El ensamblaje de las tuberías y elementos hidráulicos deberá garantizar la estanqueidad. No se admitirá ningún tipo de fuga, por mínima que sea, exigiéndose la aplicación de las medidas correctivas pertinentes para solventar el defecto.

- La bomba centrífuga deberá operar adecuadamente, sin presentar ningún tipo de anomalía, tal como vibraciones excesivas, ruido, caudal inadecuado o cualquier otra deficiencia. Las condiciones de funcionamiento deberán ser coherentes con las estipuladas numéricamente en el proyecto.
- Las válvulas deberán permitir guiar el flujo por los diferentes circuitos de la planta fluidodinámica. Se comprobará que no existan flujos indeseados por fallos en el obturador.
- El soporte de la instalación deberá ser totalmente estable. Las ruedas se podrán frenar totalmente, no admitiéndose ningún tipo de oscilación o movimiento. Asimismo, el tablero vertical estará firmemente anclado, garantizando la seguridad del montaje

2.3. Prescripciones sobre verificaciones en la obra terminada

Una vez finalizada la instalación de todos los componentes de la planta fluidodinámica experimental, se llevarán a cabo una serie de verificaciones para garantizar que el sistema cumple con los requisitos de seguridad, rendimiento y calidad establecidos en el proyecto.

1. Se comprobará con un estudio visual detallado el estado de todos los elementos que constituyen la planta (tuberías, válvulas, etc.), verificando que no haya daños visibles, que los componentes estén adecuadamente colocados y que no haya otros defectos.
2. Se realizará una inspección de la estabilidad y seguridad del sistema, asegurando que todos los componentes estén sujetos y que los anclajes sean correctos, sin riesgo de posibles movimientos o fallos durante el funcionamiento de la planta.
3. Se llevará a cabo una prueba para verificar que la planta fluidodinámica opere de manera adecuada. El objetivo es comprobar la capacidad de impulsión de la bomba, verificar la estanqueidad de la instalación y asegurar el correcto funcionamiento de las válvulas encargadas de guiar el flujo a través de los distintos circuitos de estudio.
4. Se medirá el caudal proporcionado por la bomba centrífuga, comprobando que sea coherente con los valores estimados en los cálculos. Del mismo modo, se realizarán lecturas de presión en los manómetros para verificar que midan adecuadamente.

5. En relación con el punto anterior, se estudiará que los valores de presión obtenidos en diferentes puntos de la instalación son coherentes, verificando si coinciden con los valores previstos.
6. Se realizará una prueba de funcionamiento de la bomba centrífuga con el objetivo de detectar posibles ruidos, vibraciones u otras anomalías. Para ello, se hará operar al equipo durante un lapso de un mínimo de media hora, prestando atención a su respuesta.

Se elaborará un informe que refleje los resultados de las inspecciones mencionadas. En caso de ser favorable, se enviará una copia por escrito al promotor, quedando constancia de la puesta en marcha de la planta. Por el contrario, la detección de fallos requerirá la aplicación de las medidas preventivas pertinentes.

Una vez verificado que el funcionamiento de la instalación es correcto, se realizará una prueba para asegurar que la práctica de laboratorio propuesta para el trabajo del alumnado con la planta fluidodinámica sea adecuada, esté correctamente diseñada y sea compatible con la instalación final. Se facilitará a la parte responsable un informe que refleje los resultados de este análisis.

DOCUMENTO 4

Mediciones y presupuesto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Mediciones.....	1
2. Cuadro de precios N°1	7
3. Presupuesto	11
4. Resumen del presupuesto.....	17

Mediciones

1. Construcción de estructura

Nº	Ud	Descripción	Medición
1.1	Ud	Tablero melamina blanco hidrófugo liso FSC Mix Credit. Pieza 3000x1200x19 mm cortada y canteada	
			Total ud : 1,000
1.2	Ud	Tablero melamina blanco hidrófugo liso FSC Mix Credit. Pieza 3000x1000x19 mm cortada y canteada	
			Total ud : 1,000
1.3	Ud	Escuadra metálica para balda reforzada Dolmen blanca 323x500 mm	
			Total ud : 10,000
1.4	Ud	Tornillos métrico hexagonal para metal acero inoxidable 6x60mm. 25 uds	
			Total ud : 1,000
1.5	Ud	Arandela plana DIN 9021 acero inoxidable 6mm. 50 uds	
			Total ud : 1,000
1.6	Ud	Tornillos métrico hexagonal para metal acero inoxidable 6x30mm. 25 uds	
			Total ud : 1,000
1.7	Ud	Tuerca hexagonal DIN 934 acero inoxidable A2 M6. 25 uds	
			Total ud : 2,000
1.8	Ud	Mesa móvil 1500x800x800mm ruedas hasta 150kg	
			Total ud : 1,000
1.9	H	Oficial 1º Carpintero	
			Total h : 5,500
1.10	H	Ayudante de Carpintero	
			Total h : 0,500

Mediciones

2. Instalación hidráulica

Nº	Ud	Descripción					Medición
2.1	Ud	Medidor de flujo de líquido, 0,6 - 6 m ³ /h tubo ABS de alta precisión para tubería DN32 de 40mm					Total ud : 1,000
2.2	M	Tubo presión D25 16 atm					
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial Subtotal
		VERTICAL	2	1,200			2,400
		HORIZONTAL	2	3,000			6,000
		CONEXIÓN BOMBA	1	2,500			2,500
		CONEXIÓN DEPÓSITO	1	2,500			2,500
		TUBO EXTRA	1	3,000			3,000
		ACCESORIOS	-24	0,0585			-1,400
							15,000
							Total m : 15,000
2.3	M	Tubo presión D20 16 atm					
		HORIZONTAL	1	3,000			3,000
		TUBO EXTRA	1	1,500			2,500
		ACCESORIOS	-8	0,063			-0,500
							5,000
							Total m : 5,000
2.4	M	Tubo flexible hidrotubo D25 gris					
		HORIZONTAL	1	3,000			3,000
		TUBO EXTRA (PRUEBAS)	1	3,250			3,000
		ACCESORIOS	-4	0,063			-0,250
							6,000
							Total m : 6,000

2. Instalación hidráulica

N°	Ud	Descripción	Medición
2.5	Ud	Te igual 90° D25 presión	
			Total ud : 5,000
2.6	Ud	Te igual D25/3/4" mixta presión	
			Total ud : 12,000
2.7	Ud	Te igual D20/1/2" mixta presión	
			Total ud : 4,000
2.8	Ud	Machón reducción 3/4" x 1/2" serie 5	
			Total ud : 1,000
2.9	Ud	Casquillo reducción D25x20 presión encolar	
			Total ud : 1,000
2.10	Ud	Codo H-H 90° D25mm presión encolar	
			Total ud : 5,000
2.11	Ud	Válvula bola up 60ST SF5 D25mm PE-EPDM	
			Total ud : 2,000
2.12	Ud	Válvula bola up 60ST SF5 D20mm PE-EPDM	
			Total ud : 1,000
2.13	Ud	Terminal R/M D20x1/2" presión	
			Total ud : 1,000
2.14	Ud	Válvula compuerta PN-10/16 H-H 3/4" latón	
			Total ud : 2,000
2.15	Ud	Manómetro radial D63 1/4"M 0-2,5 bar	
			Total ud : 12,000
2.16	Ud	Abrazadera plástico gris D20	
			Total ud : 4,000

Mediciones

2. Instalación hidráulica

N°	Ud	Descripción	Medición
2.17	Ud	Abrazadera plástico gris D25	
			Total ud : 25,000
2.18	Ud	Manguito mixto R/H D25x3/4" presión	
			Total ud : 2,000
2.19	Ud	Terminal R/M D25x3/4" presión	
			Total ud : 2,000
2.20	Ud	Unión tres piezas mixto M-H D25x3/4" presión	
			Total ud : 4,000
2.21	Ud	Racor salida depósito 1/2"	
			Total ud : 1,000
2.22	Ud	Junta goma plana 1/2" blanca G5	
			Total ud : 2,000
2.23	Ud	Arandela latón 1/2"	
			Total ud : 2,000
2.24	Ud	Racor salida depósito 1"	
			Total ud : 1,000
2.25	Ud	Junta goma plana 1" blanca G5	
			Total ud : 2,000
2.26	Ud	Arandela latón 1"	
			Total ud : 2,000
2.27	Ud	Válvula esfera palanca H H 1/2"	
			Total ud : 1,000
2.28	Ud	Abrazadera tornillo sin fin D16-27	
			Total ud : 1,000

2. Instalación hidráulica

Nº	Ud	Descripción	Medición
2.29	Ud	Bote pegamento PVC UNEPLAS 250 ml C/pincel	
			Total ud : 1,000
2.30	Ud	Tuerca reducción 3/4"x1/2"	
			Total ud : 10,000
2.31	Ud	Tuerca reducida M-H 1/2"x1/4"	
			Total ud : 12,000
2.32	Ud	BH201 Válvula salida roscada DN15mm	
			Total ud : 1,000
2.33	Ud	BH401 Manguito DN 15/ LL 13-3/4	
			Total ud : 1,000
2.34	Ud	Caja plástica Norma Europea apilable EUROBOX EU-6441L GR	
			Total ud : 1,000
2.35	Ud	Bomba centrífuga inoxidable MINOX-01 M-0	
			Total ud : 1,000
2.36	Ud	Casquillo reducción D32x25 presión encolar	
			Total ud : 3,000
2.37	Ud	Casquillo reducción D40x32 presión encolar	
			Total ud : 2,000
2.38	Ud	ERGAOBOY 2 piezas 1/4" BSP latón hembra a macho conector de tubo de codo de 90 grados, apto para conexión de tubería	
			Total ud : 1,000
2.39	Ud	Cinta de teflón RS PRO de color Blanco, 12mm x 5m, grosor 0.2mm, máx. temp. +260°C	
			Total ud : 1,000
2.40	H	Oficial 1º Fontanero	
			Total h : 11,000

Mediciones

3. Instalación eléctrica

Nº	Ud	Descripción	Medición
3.1	Ud	Interruptor automático magnetotérmico 2P iC60N 6kA Schneider de 10A	
			Total ud : 1,000
3.2	Ud	Clavija bipolar T/TL 16A 250V 6566 blanco	
			Total ud : 1,000
3.3	M	H05RN-F HAR, cable de alimentación y control 300/500, clase 5/flexible, de -25°C a +60°C, resistente a aceites, no propagador de llama	
			Total m : 2,000
3.4	Ud	Caja superficie para automáticos 2 módulos	
			Total ud : 1,000
3.5	Ud	Canaleta 10x10 ADH 2m BL	
			Total ud : 1,000
3.6	H	Oficial 1º Electricista	
			Total h : 1,300

Cuadro de precios N°1

N°	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1 Construcción de estructura			
1.1	1ud Tablero melamina blanco hidrófugo liso FSC Mix Credit. Pieza 3000x1200x19 mm cortada y canteada	89,38 €	OCHENTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS
1.2	1ud Tablero melamina blanco hidrófugo liso FSC Mix Credit. Pieza 3000x1000x19 mm cortada y canteada	89,38 €	OCHENTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS
1.3	1ud Escuadra metálica para balda reforzada Dolmen blanca 323x500 mm	5,74 €	CINCO EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
1.4	1ud Tornillos métrico hexagonal para metal acero inoxidable 6x60mm. 25 uds	4,55 €	CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS
1.5	1ud Arandela plana DIN 9021 acero inoxidable 6mm. 50 uds	3,68 €	TRES EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS
1.6	1ud Tornillos métrico hexagonal para metal acero inoxidable 6x30mm. 25 uds	3,00 €	TRES EUROS
1.7	1ud Tuerca hexagonal DIN 934 acero inoxidable A2 M6. 25 uds	1,73 €	UN EURO CON SETENTA Y TRES CÉNTIMOS
1.8	1ud Mesa móvil 1500x800x800mm ruedas hasta 150kg	1.262,14 €	MIL DOSCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS
1.9	1h Oficial 1º Carpintero	17,00 €	DIECISIETE EUROS
1.10	1h Ayudante de Carpintero	13,00 €	TRECE EUROS
2 Instalación hidráulica			
2.1	1ud Medidor de flujo de líquido, 0,6 - 6 m ³ /h tubo ABS de alta precisión para tubería DN32 de 40mm	22,07 €	VEINTIDÓS EUROS CON SIETE CÉNTIMOS
2.2	1m Tubo presión D25 16 atm	0,82 €	OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS
2.3	1m Tubo presión D20 16 atm	0,60 €	SESENTA CÉNTIMOS
2.4	1m Tubo flexible hidrotubo D25 gris	1,45 €	UN EURO CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.5	1ud Te igual 90° D25 presión	0,54 €	CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
2.6	1ud Te igual D25/3/4" mixta presión	1,00 €	UN EURO

Cuadro de precios N°1

N°	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.7	ud Te igual D20/1/2" mixta presión	0,88 €	OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS
2.8	ud Machón reducción 3/4" x 1/2" serie 5	0,61 €	SESENTA Y UN CÉNTIMOS
2.9	ud Casquillo reducción D25x20 presión encolar	0,29 €	VEINTINUEVE CÉNTIMOS
2.10	ud Codo H-H 90° D25mm presión encolar	0,38 €	TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS
2.11	ud Válvula bola up 60ST SF5 D25mm PE-EPDM	4,99 €	CUATRO EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
2.12	ud Válvula bola up 60ST SF5 D20mm PE-EPDM	4,55 €	CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.13	ud Terminal R/M D20x1/2" presión	0,52 €	CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS
2.14	ud Válvula compuerta PN-10/16 H-H 3/4" latón	5,12 €	CINCO EUROS CON DOCE CÉNTIMOS
2.15	ud Manómetro radial D63 1/4"M 0-2,5 bar	9,23 €	NUEVE EUROS CON VEINTITRES CÉNTIMOS
2.16	ud Abrazadera plástico gris D20	0,14 €	CATORCE CÉNTIMOS
2.17	ud Abrazadera plástico gris D25	0,16 €	DIECISEIS CÉNTIMOS
2.18	ud Manguito mixto R/H D25x3/4" presión	0,80 €	OCHENTA CÉNTIMOS
2.19	ud Terminal R/M D25x3/4" presión	0,58 €	CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS
2.20	ud Unión tres piezas mixto M-H D25x3/4" presión	1,93 €	UN EURO CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS
2.21	ud Racor salida depósito 1/2"	2,55 €	DOS EUROS CON CINCUENTA CINCO CÉNTIMOS
2.22	ud Junta goma plana 1/2" blanca G5	0,13 €	TRECE CÉNTIMOS
2.23	ud Arandela latón 1/2"	0,57 €	CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS
2.24	ud Racor salida depósito 1"	3,15 €	TRES EUROS CON QUINCE CÉNTIMOS
2.25	ud Junta goma plana 1" blanca G5	0,15 €	QUINCE CÉNTIMOS
2.26	ud Arandela latón 1"	0,72 €	SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

Cuadro de precios N°1

N°	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
2.27	ud Válvula esfera palanca H H 1/2"	2,91 €	DOS EUROS CON NOVENTA Y UN CÉNTIMOS
2.28	ud Abrazadera tornillo sin fin D16-27	0,23 €	VEINTITRES CÉNTIMOS
2.29	ud Bote pegamento PVC UNEPLAS 250 ml C/pincel	4,95 €	CUATRO EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.30	ud Tuerca reducción 3/4"x1/2"	0,73 €	SETENTA Y TRES CÉNTIMOS
2.31	ud Tuerca reducida M-H 1/2"x1/4"	0,69 €	SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
2.32	ud BH201 Válvula salida roscada DN15mm	6,05 €	SEIS EUROS CON CINCO CÉNTIMOS
2.33	ud BH401 Manguito DN 15/ LL 13-3/4	2,74 €	DOS EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
2.34	ud Caja plástica Norma Europea apilable EUROBOX EU-6441L GR	15,93 €	QUINCE EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS
2.35	ud Bomba centrífuga inoxidable MINOX-01 M-0	143,15 €	CIENTO CUARENTA Y TRES EUROS CON QUINCE CÉNTIMOS
2.36	ud Casquillo reducción D32x25 presión encolar	0,32 €	TREINTA Y DOS CÉNTIMOS
2.37	ud Casquillo reducción D40x32 presión encolar	0,37 €	TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS
2.38	ud ERGAOBOY 2 piezas 1/4" BSP latón hembra a macho conector de tubo de codo de 90 grados, apto para conexión de tubería	6,71 €	SEIS EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS
2.39	ud Cinta de teflón RS PRO de color Blanco, 12mm x 5m, grosor 0.2mm, máx. temp. +260°C	4,90 €	CUATRO EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS
2.40	h Oficial 1º Fontanero	17,00 €	DIECISIETE EUROS
3 Instalación eléctrica			
3.1	ud Interruptor automático magnetotérmico 2P IC60N 6kA Schneider de 10A	13,14 €	TRECE EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS
3.2	ud Clavija bipolar T/TL 16A 250V 6566 blanco	3,74 €	TRES EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS
3.3	m H05RN-F HAR, cable de alimentación y control 300/500, clase 5/flexible, de -25°C a +60°C, resistente a aceites, no propagador de llama	1,03 €	UN EURO CON TRES CÉNTIMOS

Cuadro de precios N°1

N°	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
3.4	ud Caja superficie para automáticos 2 módulos	6,31 €	SEIS EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS
3.5	ud Canaleta 10x10 ADH 2m BL	2,36 €	DOS EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
3.6	h Oficial 1º Electricista	17,00 €	DIECISIETE EUROS

Presupuesto parcial nº 1 Construcción de estructura

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	Ud	Tablero melamina blanco hidrófugo liso FSC Mix Credit. Pieza 3000x1200x19 mm cortada y canteada			
		Total ud :	1,000	89,38	89,38
1.2	Ud	Tablero melamina blanco hidrófugo liso FSC Mix Credit. Pieza 3000x1000x19 mm cortada y canteada			
		Total ud :	1,000	89,38	89,38
1.3	Ud	Escuadra metálica para balda reforzada Dolmen blanca 323x500 mm			
		Total ud :	10,000	5,74	57,40
1.4	Ud	Tornillos métrico hexagonal para metal acero inoxidable 6x60mm. 25 uds			
		Total ud :	1,000	4,55	4,55
1.5	Ud	Arandela plana DIN 9021 acero inoxidable 6mm. 50 uds			
		Total ud :	1,000	3,68	3,68
1.6	Ud	Tornillos métrico hexagonal para metal acero inoxidable 6x30mm. 25 uds			
		Total ud :	1,000	3,00	3,00
1.7	Ud	Tuerca hexagonal DIN 934 acero inoxidable A2 M6. 25 uds			
		Total ud :	2,000	1,73	3,46
1.8	Ud	Mesa móvil 1500x800x800mm ruedas hasta 150kg			
		Total ud :	1,000	1.262,14	1.262,14
1.9	H	Oficial 1º Carpintero			
		Total h :	5,500	17,00	93,50
1.10	H	Ayudante de Carpintero			
		Total h :	0,500	13,00	6,50
Total Presupuesto parcial nº 1 Construcción de estructura :					1.612,99

Presupuesto parcial n° 2 Instalación hidráulica

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	Ud	Medidor de flujo de líquido, 0,6 - 6 m3/h tubo ABS de alta precisión para tubería DN32 de 40mm			
			Total ud :	1,000	22,07
					22,07
2.2	M	Tubo presión D25 16 atm			
			Total m :	15,000	0,82
					12,30
2.3	M	Tubo presión D20 16 atm			
			Total m :	5,000	0,60
					3,00
2.4	M	Tubo flexible hidrotubo D25 gris			
			Total m :	6,000	1,45
					8,70
2.5	Ud	Te igual 90° D25 presión			
			Total ud :	5,000	0,54
					2,70
2.6	Ud	Te igual D25/3/4" mixta presión			
			Total ud :	12,000	1,00
					12,00
2.7	Ud	Te igual D20/1/2" mixta presión			
			Total ud :	4,000	0,88
					3,52
2.8	Ud	Machón reducción 3/4" x 1/2" serie 5			
			Total ud :	1,000	0,61
					0,61
2.9	Ud	Casquillo reducción D25x20 presión encolar			
			Total ud :	1,000	0,29
					0,29
2.10	Ud	Codo H-H 90° D25mm presión encolar			
			Total ud :	5,000	0,38
					1,90
2.11	Ud	Válvula bola up 60ST SF5 D25mm PE-EPDM			
			Total ud :	2,000	4,99
					9,98
2.12	Ud	Válvula bola up 60ST SF5 D20mm PE-EPDM			
			Total ud :	1,000	4,55
					4,55

Presupuesto parcial n° 2 Instalación hidráulica

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.13	Ud	Terminal R/M D20x1/2" presión			
		Total ud :	1,000	0,52	0,52
2.14	Ud	Válvula compuerta PN-10/16 H-H 3/4" latón			
		Total ud :	2,000	5,12	10,24
2.15	Ud	Manómetro radial D63 1/4"M 0-2,5 bar			
		Total ud :	12,000	9,23	110,76
2.16	Ud	Abrazadera plástico gris D20			
		Total ud :	4,000	0,14	0,56
2.17	Ud	Abrazadera plástico gris D25			
		Total ud :	25,000	0,16	4,00
2.18	Ud	Manguito mixto R/H D25x3/4" presión			
		Total ud :	2,000	0,80	1,60
2.19	Ud	Terminal R/M D25x3/4" presión			
		Total ud :	2,000	0,58	1,16
2.20	Ud	Unión tres piezas mixto M-H D25x3/4" presión			
		Total ud :	4,000	1,93	7,72
2.21	Ud	Racor salida depósito 1/2"			
		Total ud :	1,000	2,55	2,55
2.22	Ud	Junta goma plana 1/2" blanca G5			
		Total ud :	2,000	0,13	0,26
2.23	Ud	Arandela latón 1/2"			
		Total ud :	2,000	0,57	1,14

Presupuesto parcial nº 2 Instalación hidráulica

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.24	Ud	Racor salida depósito 1"			
			Total ud :	1,000	3,15
					3,15
2.25	Ud	Junta goma plana 1" blanca G5			
			Total ud :	2,000	0,15
					0,30
2.26	Ud	Arandela latón 1"			
			Total ud :	2,000	0,72
					1,44
2.27	Ud	Válvula esfera palanca H H 1/2"			
			Total ud :	1,000	2,91
					2,91
2.28	Ud	Abrazadera tornillo sin fin D16-27			
			Total ud :	1,000	0,23
					0,23
2.29	Ud	Bote pegamento PVC UNEPLAS 250 ml C/pincel			
			Total ud :	1,000	4,95
					4,95
2.30	Ud	Tuerca reducción 3/4"x1/2"			
			Total ud :	10,000	0,73
					7,30
2.31	Ud	Tuerca reducida M-H 1/2"x1/4"			
			Total ud :	12,000	0,69
					8,28
2.32	Ud	BH201 Válvula salida roscada DN15mm			
			Total ud :	1,000	6,05
					6,05
2.33	Ud	BH401 Manguito DN 15/ LL 13-3/4			
			Total ud :	1,000	2,74
					2,74
2.34	Ud	Caja plástica Norma Europea apilable EUROBOX EU-6441L GR			
			Total ud :	1,000	15,93
					15,93
2.35	Ud	Bomba centrífuga inoxidable MINOX-01 M-0			
			Total ud :	1,000	143,15
					143,15

Presupuesto parcial nº 2 Instalación hidráulica

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.36	Ud	Casquillo reducción D32x25 presión encolar			
		Total ud :	3,000	0,32	0,96
2.37	Ud	Casquillo reducción D40x32 presión encolar			
		Total ud :	2,000	0,37	0,74
2.38	Ud	ERGAOBOY 2 piezas 1/4" BSP latón hembra a macho conector de tubo de codo de 90 grados, apto para conexión de tubería			
		Total ud :	1,000	6,71	6,71
2.39	Ud	Cinta de teflón RS PRO de color Blanco, 12mm x 5m, grosor 0.2mm, máx. temp. +260°C			
		Total ud :	1,000	4,90	4,90
2.40	H	Oficial 1º Fontanero			
		Total h :	11,000	17,00	187,00
Total Presupuesto parcial nº 2 Instalación hidráulica :					618,87

Presupuesto parcial nº 3 Instalación eléctrica

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	Ud	Interruptor automático magnetotérmico 2P iC60N 6kA Schneider de 10A			
			Total ud :	1,000	13,14
					13,14
3.2	Ud	Clavija bipolar T/TL 16A 250V 6566 blanco			
			Total ud :	1,000	3,74
					3,74
3.3	M	H05RN-F HAR, cable de alimentación y control 300/500, clase 5/flexible, de -25°C a +60°C, resistente a aceites, no propagador de llama			
			Total m :	2,000	1,03
					2,06
3.4	Ud	Caja superficie para automáticos 2 módulos			
			Total ud :	1,000	6,31
					6,31
3.5	Ud	Canaleta 10x10 ADH 2m BL			
			Total ud :	1,000	2,36
					2,36
3.6	H	Oficial 1º Electricista			
			Total h :	1,300	17,00
					22,10
Total Presupuesto parcial nº 3 Instalación eléctrica :					49,71

Resumen del presupuesto

Capítulo	Importe (€)
1 CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA	1.612,99
2 INSTALACIÓN HIDRÁULICA	618,87
3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	49,71
Presupuesto de ejecución material (PEM)	2.281,57
21% IVA	479,13
Presupuesto de ejecución material con IVA (PEM + IVA)	2.760,70

Asciende el presupuesto de ejecución material con IVA a la expresada cantidad de DOS MIL SETECIENTOS SESENTA EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS.

DOCUMENTO 5

Manual de usuario

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	1
2. Ficha técnica de la instalación	2
2.1. Descripción	2
2.2. Contenido didáctico	3
2.3. Especificaciones.....	3
2.4. Datos técnicos	4
3. Manual de instrucciones	6
3.1. Puesta en marcha (mantenimiento).....	6
3.2. Puesta en marcha (estudiantes).....	7
3.3. Vaciado del sistema	7
3.4. Desconexión de la bomba centrífuga.....	8
3.5. Cebado de la bomba centrífuga	8
3.6. Sustitución de elementos hidráulicos.....	9
3.7. Uso de las válvulas	9
4. Guion de prácticas	10
4.1. Fundamento teórico	10
4.2. Objetivos de la práctica.....	11
4.3. Material necesario.....	11
4.4. Procedimiento experimental	12
4.5. Normas de seguridad	13
4.6. Tratamiento de datos experimentales	14
4.7. Resultados y discusión.....	14
5. Informe de práctica	15
5.1. Introducción	15
5.2. Objetivo	19

5.3. Materiales.....	19
5.4. Procedimiento experimental	19
5.5. Cálculos	20
5.5.1 Pérdidas de carga continuas (en conducciones).....	20
5.5.2 Pérdidas de carga menores (en elementos hidráulicos)	24
5.6. Tratamiento de resultados y discusión.....	27
5.6.1 Tramos rectos de tubería.....	27
5.6.2 Elementos hidráulicos.....	33
5.7. Conclusiones.....	44
Bibliografía	45
Anexo I. Manual de instrucciones bomba PGPS 1100 B1	46
Anexo II. Ficha técnica EU-6441L	61
Anexo III. Ficha técnica tubos PVC TUYPER	63
Anexo IV. Ficha técnica hidrotubo ESPIROFLEX	70
Anexo V. Ficha técnica elementos PVC CEPEX	72
Anexo VI. Ficha técnica válvula bola PVC CEPEX	78
Anexo VII. Ficha técnica válvula compuerta latón GENEBRE	84
Anexo VIII. Ficha técnica válvula en ángulo 90° BATGAT	88
Anexo IX. Ficha técnica rotámetro SNOWATE	91
Anexo X. Ficha técnica manómetro radial glicerina POTERMIC	93

1. INTRODUCCIÓN

Este manual de usuario tiene como objetivo guiar al lector en la correcta utilización de la planta fluidodinámica experimental diseñada. La instalación ha sido concebida como una herramienta didáctica que permita al alumnado de la Facultad de Ciencias (Campus Terra, Universidad de Santiago de Compostela) estudiar las pérdidas de carga que tienen lugar en diferentes tramos de tubería y elementos hidráulicos.

El presente documento incluye una ficha técnica que agrupa las especificaciones de la planta fluidodinámica, un breve manual de uso para facilitar el manejo al personal de laboratorio y docentes, y una propuesta de práctica para su futura implementación académica. Se adjuntan, además, las fichas técnicas y manuales de los elementos que componen la instalación.

NOTA: Este documento deberá encontrarse junto a la planta fluidodinámica en todo momento.

Antes de operar con la instalación, los usuarios deben familiarizarse con:

- **Manual de uso**
- **Documento de prevención de riesgos**

El alumnado deberá, además, seguir en todo momento las instrucciones del profesorado y personal encargado del laboratorio.

2. FICHA TÉCNICA DE LA INSTALACIÓN



Figura 1. Planta fluidodinámica experimental.

2.1. Descripción

La planta fluidodinámica ha sido concebida para permitir al alumnado experimentar los efectos de las pérdidas de carga en diferentes condiciones. La medición empírica de las diferencias de presión en largos tramos de conducciones, en válvulas de regulación con distintas aperturas de obturador, o en otros elementos, permite al estudiante vincular los conceptos teóricos adquiridos con la observación directa del sistema.

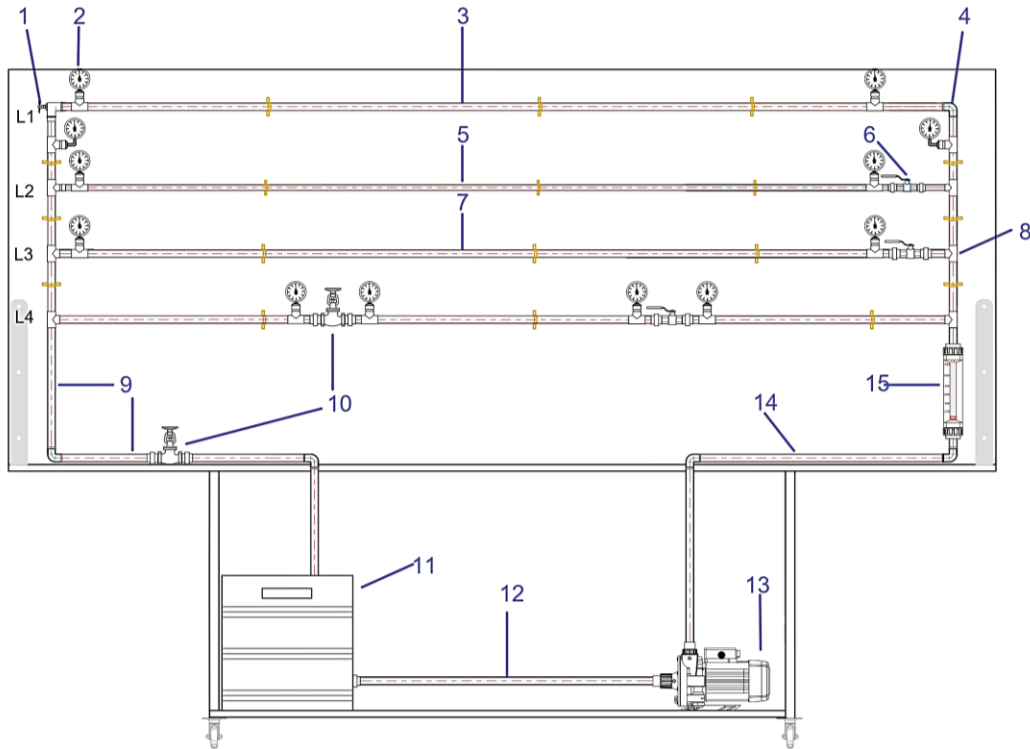
Esta planta cuenta con cuatro líneas de conducciones de diferentes materiales, diámetros y elementos hidráulicos, dando lugar a múltiples situaciones de medida. Cada sección puede ser aislada de las demás durante la experimentación gracias a la colocación de válvulas de corte de flujo en puntos estratégicos del sistema, consiguiendo realizar medidas a caudales homogéneos para futuras comparaciones.

La instalación está equipada con una bomba centrífuga y un depósito, garantizando un régimen estacionario fiable. El diseño de esta planta está pensado para simplificar su mantenimiento, siendo posible el reemplazo de elementos hidráulicos de forma rápida y sencilla, asegurando su durabilidad y fácil manejo.

2.2. Contenido didáctico

- Determinación del factor de fricción en distintos diámetros y materiales de tubería.
- Estudio de coeficientes de pérdida de elementos hidráulicos.
- Análisis de pérdidas de carga en válvulas con diferente grado de apertura.
- Cálculo de pérdidas de presión en tuberías y comparación con valores empíricos.

2.3. Especificaciones



Nº	Descripción	Nº	Descripción
1	Válvula de regulación de 90° latón	9	Tubería PVC 3/4"
2	Manómetro de glicerina	10	Válvula de compuerta latón
3	Tubería PVC 3/4"	11	Depósito de agua
4	Codo 90° PVC	12	Manguera aspiración 1"
5	Tubería PVC 1/2"	13	Bomba centrífuga
6	Válvula de bola PVC	14	Tubería PVC 3/4"
7	Tubería PVC rugosa 3/4"	15	Rotámetro
8	"Te" PVC		

Nº	Descripción	Estudio
L1	Línea PVC 25mm (3/4")	· Pérdidas de carga en tramo recto · Pérdida de carga en codo 90 · Pérdida de carga en válvula 90
L2	Línea PVC 20mm (1/2")	· Pérdidas de carga en tramo recto
L3	Tubería PVC rugosa 3/4"	· Pérdidas de carga en tramo recto
L4	Línea PVC 25mm (3/4")	· Pérdida de carga en válvula de bola · Pérdida de carga en válvula de compuerta

Figura 2. Componentes generales de la planta fluidodinámica.

2.4. Datos técnicos

Las dimensiones totales de la instalación son:

- Largo: 3.000 mm
- Ancho: 1.000 mm
- Alto: 1.200 mm

La planta fluidodinámica está diseñada para llevar a cabo el estudio de pérdidas de carga en tuberías de diferente material y diámetro, y de distintos elementos hidráulicos causantes de pérdidas menores de presión.

Las secciones de la planta se desglosan en la tabla 1.

Tabla 1. Características de las secciones de la planta fluidodinámica.

Sección	Descripción	Material
1	Tramo de conducción con: <ul style="list-style-type: none"> • Codo 90° PVC • Válvula de regulación 90° de latón • Tubería PVC Ø25 mm, L = 2,5 m 	PVC / latón
2	Tramo de conducción con: <ul style="list-style-type: none"> • Válvula de bola • Tubería PVC Ø20 mm, L = 2,5 m 	PVC
3	Tramo de conducción con: <ul style="list-style-type: none"> • Válvula de bola PVC • Tubería PVC rugosa (hidrotubo) Ø25 mm, L = 2,5 m 	PVC rugoso
4	Tramo de conducción con: <ul style="list-style-type: none"> • Válvula de bola PVC • Válvula de regulación de compuerta de latón • Tubería PVC Ø25 mm, L = 2,5 m 	PVC

El abastecimiento de agua a la instalación se consigue gracias a un depósito y una bomba centrífuga, trabajando en circuito cerrado para garantizar la operación en estado estacionario. Las características de estos elementos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Características de los elementos de abastecimiento de agua al sistema.

Elemento	Descripción
Bomba centrífuga monoetapa ¹	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia: 1,1 kW • Caudal máximo: 4,6 m³/h • Altura de elevación máxima: 45 m • Voltaje: 230V • Frecuencia: 50Hz • Dimensiones: 34,5 x 20,5 x 23,5 cm
Depósito	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones exteriores: 600 x 400 x 410 mm • Dimensiones interiores: 556 x 356 x 397 mm • Material: polipropileno • Volumen total: 78,6 L

La medida de presión y caudal se lleva a cabo empleando manómetros y un rotámetro, respectivamente. La tabla 3 indica la información relativa a estos elementos.

Tabla 3. Características de las secciones de la planta fluidodinámica.

Medida	Elemento	Cantidad	Descripción
Presión	Manómetro	12	<ul style="list-style-type: none"> • Manómetro de glicerina. • Conexión radial, 1/4". • Diámetro de corona: 63 mm • Rango: 0 a 2,5 bar
Caudal	Rotámetro	1	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión: boca plana Ø32 mm • Material: plástico ABS • Flotador: PTFE • Rango: 250 a 2.500 L/h • Temperatura de trabajo: 0 a 60°C

¹ Se trabaja con los datos de la bomba seleccionada para la instalación específica de la Facultad de Ciencias, siguiendo el *Anejo V. Ejecución*.

3. MANUAL DE INSTRUCCIONES

3.1. Puesta en marcha (mantenimiento)

La puesta en marcha de la planta fluidodinámica es un momento crítico. Es preciso seguir una serie de pasos para garantizar una correcta iniciación de la instalación.

1. Comprobar que todas las conexiones están correctamente ajustadas.
2. Llenar el depósito de agua. Es preciso comprobar que la válvula de regulación esté completamente cerrada, para evitar pérdidas imprevistas.
3. Cebado de la bomba centrífuga (ver apartado 3.5. *Cebado de la bomba centrífuga*).
4. Comprobar que la válvula de compuerta ubicada antes del depósito esté abierta. De modo orientativo, el manejo de esta válvula se rige por:
 - a. Una vuelta y media abre $\frac{1}{3}$ el obturador.
 - b. Entre dos vueltas y media y tres vueltas abren $\frac{1}{2}$ el obturador.
 - c. Cinco vueltas completas abren totalmente el obturador.
5. Abrir alguna de las válvulas de los tramos horizontales, para permitir la circulación del agua por todo el sistema.
6. Conectar la bomba centrífuga a la corriente y encenderla mediante el interruptor.
7. Verificar una a una las secciones horizontales de la planta fluidodinámica.
 - a. Cerrar todas las válvulas horizontales, excepto la de la sección activa.
 - b. Comprobar que no haya fugas visibles.
 - c. Revisar el funcionamiento de los manómetros.
8. Ajustar el caudal mediante la válvula de compuerta del sistema. **IMPORTANTE: mantener el caudal entre 1.400 L/h y 3.000 L/h para evitar daños en el sistema.**
9. Dejar funcionar el sistema unos minutos, revisando que el caudal se mantenga constante y en valores adecuados.
10. Para detener el funcionamiento de la planta fluidodinámica, apagar la bomba centrífuga y cerrar la válvula de compuerta del sistema.

3.2. Puesta en marcha (estudiantes)

1. Revisar que el depósito esté lleno.
2. Comprobar que la válvula de regulación ubicada antes del depósito esté abierta. Antes de manipularla, es preciso avisar al profesorado.
3. Abrir alguna de las válvulas de los tramos horizontales para permitir la circulación del agua por todo el sistema.
4. Enchufar la bomba centrífuga y encenderla mediante el interruptor.
5. Ajustar el caudal mediante la válvula de compuerta del sistema.

IMPORTANTE: mantener el caudal entre 1.400 L/h y 3.000 L/h para evitar daños en el sistema.

3.3. Vaciado del sistema

1. Comprobar que la bomba centrífuga esté apagada y desenchufada, para minimizar riesgos eléctricos.
2. Abrir todas las válvulas del sistema, para evitar acumulación de líquido en zonas que puedan desaguar.
3. Abrir la válvula de bola ubicada en la parte posterior del depósito de la instalación, revisando que el agua se evacúe adecuadamente.
4. Vaciar el contenido de la bomba centrífuga en un cubo empleando la manguera conectada a la válvula de drenaje (figura 3).



Figura 3. Boquilla de vaciado de la bomba centrífuga

3.4. Desconexión de la bomba centrífuga

1. Comprobar que la bomba centrífuga esté apagada y desenchufada, para minimizar riesgos eléctricos.
2. Cerrar la válvula de compuerta ubicada en la línea de impulsión.
3. Vaciar el sistema completamente.
4. Desconectar los manguitos de aspiración e impulsión del equipo (figura 4).



Figura 4. Conexiones de aspiración e impulsión de la bomba.

3.5. Cebado de la bomba centrífuga

1. Comprobar que la bomba centrífuga esté apagada y desenchufada, para minimizar riesgos eléctricos.
2. Revisar que las conexiones de la bomba estén correctamente encajadas, para evitar fugas.
3. Con ayuda de un embudo, llenar de agua la bomba centrífuga a través del orificio superior (figura 5).



Figura 5. Boquilla de cebado de la bomba centrífuga.

4. Cuando el agua llegue al límite indicado, colocar el tapón.
5. Comprobar que no haya pérdidas y que la bomba opere con normalidad.

3.6. Sustitución de elementos hidráulicos

1. Comprobar que la bomba centrífuga esté apagada y desenchufada, para minimizar riesgos eléctricos.
2. Aislar la sección del sistema donde se vaya a realizar la sustitución, cerrando todas las válvulas que la rodeen.
3. Si es posible, drenar el agua del área en que se va a realizar el mantenimiento. De lo contrario, colocar un recipiente que permita recoger el líquido.
4. Desenroscar la pieza dañada, y colocar la nueva.

IMPORTANTE: Es preciso trabajar con piezas iguales o muy similares, comprobando que sean del mismo diámetro y, preferiblemente, de igual material a la dañada.

3.7. Uso de las válvulas

Se indica a continuación el grado de apertura del obturador de cada válvula, para facilitar el manejo de la planta fluidodinámica.

Válvula de compuerta

- Una vuelta y media abre $1/3$ el obturador.
- Entre dos vueltas y media y tres vueltas abren $1/2$ el obturador.
- Cinco vueltas completas abren totalmente el obturador.

Válvula de regulación de 90°

- Una vuelta y media abre $1/2$ el obturador.
- Tres vueltas completas abren totalmente el obturador.

Válvula de bola

Se trata de una válvula de corte de flujo o cierre total, por lo que no hay punto intermedio de regulación.

- Cuando la palanca está alineada con la tubería, la válvula está abierta.
- Cuando la palanca está perpendicular a la tubería, la válvula está cerrada.

4. GUION DE PRÁCTICAS

PÉRDIDAS DE CARGA EN CONDUCCIONES Y ELEMENTOS

4.1. Fundamento teórico

En toda instalación hidráulica, parte de la energía suministrada al fluido se pierde debido a la fricción con las paredes de las conducciones y a las turbulencias ocasionadas en elementos como codos, válvulas o cambios de sección. Por este motivo, al diseñar este tipo de sistemas es crucial cuantificar correctamente las **pérdidas de carga**.

En tramos rectos de conducciones, el estudio de la caída de presión se determina en función del comportamiento reológico del fluido. En caso de fluidos newtonianos, se emplea la ecuación de Fanning (ecuación 1). (1)

$$h_{f_{\text{tramo recto}}} = 2 \cdot f_F \cdot \frac{L \cdot V^2}{D_i \cdot g} \quad (\text{Ec. 1})$$

donde:

- $h_{f_{\text{tramo recto}}}$ son las pérdidas de carga por fricción continuas (m).
- f_F es el factor de fricción de Fanning
- L es la longitud de la tubería (m)
- V es la velocidad media (m/s)
- D_i es el diámetro interno de la conducción (m)
- g es el valor de la gravedad (m/s^2)

Por otro lado, las pérdidas de carga menores, causadas por la presencia de diferentes elementos hidráulicos, se determinan relacionando la velocidad de flujo con coeficientes de pérdida específicos (ecuación 2). (1)

$$h_{f_{\text{menores}}} = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (\text{Ec. 2})$$

donde:

- $h_{f_{\text{menores}}}$ son las pérdidas de carga en accesorios (m)
- K es el coeficiente de pérdida, parámetro adimensional
- V es la velocidad media (m/s)
- g es la gravedad (m/s^2)

Principios teóricos

- Presión estática, manométrica y absoluta. Tipos de medidores de presión.
- Número de Reynolds y régimen de flujo. Rugosidad relativa.

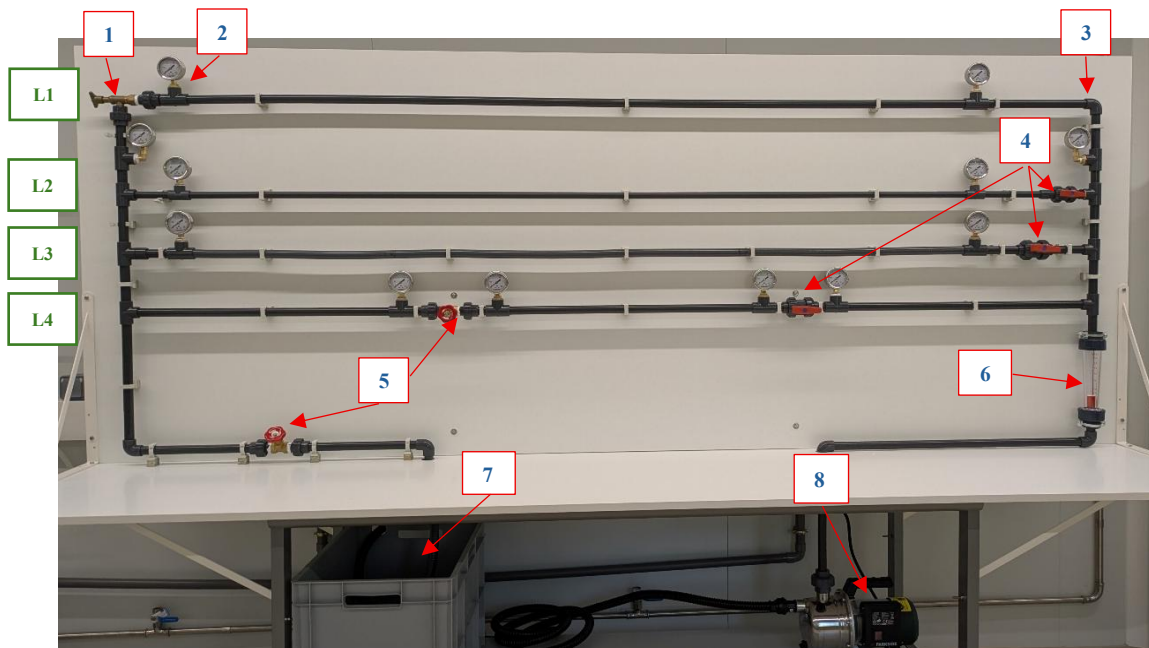
4.2. Objetivos de la práctica

El objetivo principal de esta práctica es la determinación empírica y teórica de ΔP en las distintas secciones de la planta fluidodinámica para su posterior comparación. Se busca también realizar un análisis de la influencia del caudal en la caída de presión.

A partir de los datos experimentales obtenidos, se pretende obtener el valor corregido del coeficiente K para cada elemento hidráulico. Además, en el caso de las válvulas, se analizará el efecto de la apertura del obturador en la caída de presión.

4.3. Material necesario

Se trabajará con la planta fluidodinámica mostrada en la figura 6.



Leyenda:

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| 1. Válvula de 90° | 5. Válvulas de compuerta |
| 2. Manómetro | 6. Rotámetro |
| 3. Codo 90° | 7. Depósito |
| 4. Válvulas de bola | 8. Bomba centrífuga |
| L1. Línea PVC 3/4" | L3. Línea PVC rugosa 3/4" |
| L2. Línea PVC 1/2" | L4. Línea PVC 3/4" |

Figura 6. Identificación de elementos principales de la planta fluidodinámica.

4.4. Procedimiento experimental

1. Se pone en funcionamiento la planta fluidodinámica. Para ello:
 - a. Se revisa que el depósito esté lleno.
 - b. Se comprueba que la válvula de regulación ubicada antes del depósito esté abierta. Antes de manipularla, es preciso avisar al profesorado.
 - c. Se abren la válvula de regulación y alguna de las válvulas de los tramos horizontales para permitir la circulación del agua por todo el sistema.
 - d. Se enchufa la bomba centrífuga y se enciende mediante el interruptor (figura 7).



Figura 7. Ubicación del interruptor de la bomba centrífuga.

2. Realización de medidas. Para cada sección de estudio:
 - a. Se regula el caudal de estudio mediante la válvula de regulación.
 - b. Es preciso asegurarse de que solamente la línea analizada esté abierta.
 - c. Cuando estabilice la medida del manómetro, la lectura será fiable. Se tomará nota del valor al inicio de la sección, y al final de la misma.
3. Se realizarán las medidas siguiendo un orden descendente, comenzando por la línea 1 y terminando por la 4.
4. Se medirán diferentes caudales, operando de mayor a menor flujo.
5. Tras terminar las medidas experimentales, se debe apagar la bomba centrífuga y cerrar la válvula de compuerta de regulación.

Los ensayos propuestos son:

- Estudio de pérdidas de carga en conducciones de diferente diámetro.
- Estudio de pérdidas de carga en conducciones de diferente material.
- Estudio de pérdidas de carga en elementos hidráulicos (pérdidas menores).
 - Caída de presión en codo de 90°.
 - Caída de presión en válvula en ángulo de 90° a diferentes aperturas de obturador.
 - Caída de presión en válvula de compuerta a diferentes aperturas de obturador.
 - Caída de presión en válvula de bola.

Manejo de las válvulas

Válvula de ángulo de 90°:

- Una vuelta y media abre 1/2 el obturador.
- Tres vueltas completas abren totalmente el obturador.

Válvula de compuerta:

- Una vuelta y media abre 1/3 el obturador.
- Entre dos vueltas y media y tres vueltas abren 1/2 el obturador.
- Cinco vueltas completas abren totalmente el obturador.

Válvula de bola:

- Cuando la palanca está alineada con la tubería, la válvula está abierta.
- Cuando la palanca está perpendicular a la tubería, la válvula está cerrada.

4.5. Normas de seguridad

- Se debe operar a caudales comprendidos entre 1.400 L/h y 3.000 L/h para evitar dañar la instalación. En caso de detectar medidas en los manómetros próximas a 2,5 bar, se debe aumentar el caudal.
- Si la bomba centrífuga está encendida, deben estar abiertas la válvula de regulación y la de una línea, como mínimo. El agua debe poder circular por el circuito.

4.6. Tratamiento de datos experimentales

Se obtendrán medidas para cada tramo recto y elemento hidráulico estudiado, en cada uno de los caudales analizados. Se realizará un gráfico que permita comparar los efectos del caudal en los distintos elementos.

4.7. Resultados y discusión

Los resultados se presentarán ordenados en una tabla, identificando claramente a qué sección pertenece cada valor obtenido.

La discusión de la práctica deberá abordar los siguientes puntos:

1. Clasifica las válvulas presentes en la planta fluidodinámica según su servicio y según su diseño.
2. ¿Cuáles son los valores esperados de pérdidas de carga en cada tramo recto? Compara con el valor obtenido empíricamente con los datos teóricos y bibliográficos.
3. ¿Cuáles son los valores esperados de pérdidas de carga menores? Compara con el valor obtenido empíricamente con los cálculos.
4. Determina los valores corregidos de K de esta instalación hidráulica. Comenta los resultados.
5. ¿Cómo afecta el grado de apertura de las válvulas a la caída de presión? ¿Y al coeficiente de pérdida?
6. ¿Cómo afecta el caudal a las pérdidas de carga en los diferentes elementos hidráulicos?

5. INFORME DE PRÁCTICA

5.1. Introducción

Al trabajar con instalaciones hidráulicas, es preciso tener en cuenta el efecto de las pérdidas de carga. Estas disminuciones de carga se dividen en dos bloques: pérdidas en tramos rectos o continuas, y pérdidas menores o en accesorios.

Las pérdidas de carga continuas se calculan, de forma general y teniendo en cuenta que el fluido de proceso es agua, mediante la ecuación de Fanning (ec. 1). (1)

$$h_{f_{tramo\ recto}} = 2 \cdot f_F \cdot \frac{L \cdot V^2}{D_i \cdot g} \quad (Ec. 1)$$

donde:

- $h_{f_{tramo\ recto}}$ son las pérdidas de carga por fricción continuas (m).
- f_F es el factor de fricción de Fanning
- L es la longitud de la tubería (m)
- V es la velocidad media (m/s)
- D_i es el diámetro interno de la conducción (m)
- g es el valor de la gravedad (m/s^2)

Es preciso determinar el factor de fricción de Fanning, f_F , que está relacionado con el número de Reynolds y, en el caso de operar en régimen turbulento, también con la rugosidad relativa. Por ende, se comienza calculando el valor del factor adimensional Re (ecuación 2). (1), (2)

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D_i}{\mu} \quad (Ec. 2)$$

donde:

- Re es el número de Reynolds
- ρ es la densidad del fluido (kg/m^3)
- D_i es el diámetro interno de la tubería (m)
- μ es la viscosidad del fluido ($kg/m \cdot s$)
- V es la velocidad del fluido (m/s)

En caso de obtener un valor de Re mayor de 4.000, estaríamos ante un régimen turbulento. Por el contrario, una cifra inferior a 2.100 implicaría régimen laminar. Los valores intermedios indican un régimen de transición.

Conocido el número de Reynolds y el régimen de flujo, es posible determinar el factor de fricción. En caso de régimen laminar, se emplea la ecuación 3 y, si se opera con régimen turbulento, se usa la ecuación 4, también conocida como ecuación de Chen. Existen otras opciones de cálculo, como gráficos y ecuaciones empíricas, pero en esta práctica se ha determinado que la ecuación de Chen es más fiable y sencilla de aplicar.

(3)

Régimen laminar:

$$f_F = \frac{16}{Re} \text{ (Ec. 3)}$$

donde:

- f_F es el factor de fricción de Fanning
- Re es el número de Reynolds

Régimen turbulento:

$$\frac{1}{\sqrt{f_F}} = -4 \cdot \log \left\{ \frac{1}{3.7065} \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D_i} \right) - \frac{5.0452}{Re} \cdot \log \left[\frac{1}{2.8257} \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D_i} \right)^{1.1098} + \frac{5.8506}{Re^{0.8981}} \right] \right\} \text{ (Ec. 4)}$$

donde:

- f_F es el factor de fricción de Fanning
- ε es la rugosidad promedio (m)
- D_i es el diámetro interno (m)
- Re es el número de Reynolds

Como se puede observar, al operar en régimen turbulento, aparece la rugosidad media, ε . Este parámetro permite cuantificar el efecto de las imperfecciones de la superficie interna de las tuberías, causantes de mayor fricción en las conducciones. La rugosidad está relacionada con el material de la conducción, siendo preciso tener en cuenta el tipo de tubería empleado (3).

Otra opción para determinar las pérdidas de carga continuas se basa en seguir las instrucciones del propio fabricante, que suele indicar la caída de presión por fricción para una longitud determinada de tubería. En este caso, el catálogo técnico de Tupper no

cuenta con información para el rango de caudales empleados en las medidas de la práctica (4). Teniendo en cuenta que las características de las conducciones son similares en diferentes marcas, siempre que sus diámetros y presiones de diseño coincidan, se toma como referencia la información de la empresa Buteline.

En la tabla 4 se adjuntan los valores de disminución de carga para las conducciones de la planta fluidodinámica. Esta información solamente es válida si el régimen de operación es turbulento.

Tabla 4. Datos para el cálculo de pérdidas de carga teóricas en las conducciones de la planta fluidodinámica (5).

Q (L/h)	Q (L/min)	Pérdida de carga D 16 mm (m / 30 mtubería)	Pérdida de carga D 21 mm (m / 30 mtubería)
1.400	23,33	2,70	0,57
1.600	26,67	3,50	0,73
1.800	30,00	4,14	0,81
2.000	33,33	4,90	0,91
2.200	36,67	5,90	1,21
2.400	40,00	6,63	1,35
2.600	43,33	7,40	1,50

Por otra parte, las pérdidas de carga en elementos hidráulicos se pueden calcular empleando diversos métodos: coeficientes de carga, longitudes equivalentes, gráficos... En este caso, se decide emplear la primera opción, siguiendo la ecuación 5. (6)

$$h_{f_{menores}} = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (Ec. 5)$$

donde:

- $h_{f_{menores}}$ son las pérdidas de carga en accesorios (m)
- K es el coeficiente de pérdida, parámetro adimensional
- V es la velocidad media (m/s)
- g es la gravedad (m/s^2)

Los valores bibliográficos del coeficiente de pérdida K de cada elemento hidráulico se agrupan en la tabla 5.

Tabla 5. Valores de K para diferentes elementos hidráulicos [Modificado de (2), (7)]

Material		K
Codo 90°, radio estándar		0,75
Válvula de compuerta	abierta	0,17
	$\frac{3}{4}$ abierta	0,9
	$\frac{1}{2}$ abierta	4,5
	$\frac{1}{4}$ abierta	24,0
Válvula de 90°	abierta	1,1
	$\frac{1}{2}$ abierta	3,5
Válvula de bola	abierta	0,05

En el caso de estudio de pérdidas de carga menores, es menos habitual conseguir datos del fabricante, por lo que solamente se contará con los valores obtenidos mediante la ecuación 5.

El estudio de la pérdida de carga se lleva a cabo gracias a la medición de la presión antes y después de cada tramo de conducción y elemento hidráulico. Se pueden definir distintas presiones para líquidos en términos hidráulicos (2):

- **Presión estática.** Se trata de la presión normal a cualquier superficie en la que actúa, y su magnitud en un punto dado es la misma para cualquier orientación de la superficie.
- **Presión manométrica.** Diferencia entre la presión estática y la atmosférica. Es la presión que miden los manómetros y vacuómetros.
- **Presión absoluta.** Suma de la presión manométrica y la atmosférica.

Para medir la presión, existen diferentes elementos y métodos. Destacan:

- **Manómetros de columna líquida.** Esta categoría engloba tanto los manómetros en U como los diferenciales. Para medir la presión, se emplea la altura de elevación del fluido albergado en el tubo, relacionada directamente con la presión en ese punto.
- **Medidores multiplicadores.** Empleados al operar con diferencias de presión bajas, permiten amplificar las lecturas para garantizar una precisión adecuada. Son ejemplos de este tipo de medidores el tubo en U inclinado, el manómetro de tiro, y el tubo en U para dos fluidos.

- **Manómetros mecánicos.** Existen diferentes equipos englobados en esta categoría:
 - Tubo de Bourdon. Indica la presión en función de la flexión ejercida en el tubo metálico ubicado en su interior. Al aumentar la presión interna, este se endereza haciendo mover la aguja de lectura.
 - Medidor de diafragma. Como indica su propio nombre, alberga un diafragma en su interior que, al sufrir una diferencia de presión entre sus lados, se deforma aportando la lectura correspondiente.

La planta fluidodinámica cuenta con manómetros de tubo de Bourdon, con sello de protección de glicerina. Por tanto, los valores de presión obtenidos en las lecturas se corresponden con datos de presión manométrica.

5.2. Objetivo

El objetivo de esta práctica es analizar empíricamente los efectos de la fricción en diferentes conducciones y elementos hidráulicos a distintos caudales. Este estudio permitirá comparar los valores empíricos con los calculados.

También se busca observar el efecto que tiene la regulación de las válvulas en la caída de presión. En el caso de los elementos hidráulicos, se obtendrán también los valores corregidos del coeficiente de pérdida K.

5.3. Materiales

- Planta fluidodinámica experimental.
- Metro

5.4. Procedimiento experimental

1. Se verifica que la bomba está enchufada y que el depósito tiene agua suficiente.
2. Se abre la válvula de regulación y la de ángulo de 90° de la línea 1.
3. Se pone en marcha la bomba centrífuga y se espera un momento a que el sistema se estabilice. Cuando se alcanza el estado estacionario, se puede comenzar el experimento.

4. Se empieza por el estudio del efecto de la presión en las válvulas de regulación (válvula en ángulo de 90° y válvula de compuerta). Para ello:
 - a. Se abre únicamente la línea de la válvula de 90°, asegurándose de que el obturador de esta se encuentre totalmente abierto. Se toma la primera lectura de presión y caudal.
 - b. Se repite el proceso cerrando a la válvula a diferentes caudales.
 - c. Al terminar, se siguen los mismos pasos con la válvula de compuerta de la línea 4.
5. Se analizan el resto de elementos, estudiando línea a línea la presión. Para ello:
 - a. Se fija el primer caudal de operación.
 - b. Se comprueba que solamente una de las líneas de análisis esté abierta.
 - c. Se toman las medidas de los tramos rectos y elementos que existan en el circuito.
 - d. Se siguen de nuevo estos pasos cambiando el caudal de estudio hasta conseguir suficientes valores.
 - e. Al terminar las medidas en una línea, se repite el procedimiento en la siguiente, hasta completar el estudio de la planta fluidodinámica.
6. Se detiene la planta fluidodinámica apagando la bomba. A continuación, se cierra la válvula de regulación.

5.5. Cálculos

Se comienzan determinando mediante cálculos las pérdidas de carga en las distintas conducciones y elementos hidráulicos, empleando datos teóricos y bibliográficos, si procede. Como se adelantaba en el apartado 5.1. *Introducción*, se diferencian pérdidas de carga continuas y menores.

5.5.1 Pérdidas de carga continuas (en conducciones)

Se parte de una información común a todas las conducciones: viscosidad y densidad del agua (a 20°C, en este caso), longitud de tubería y rugosidad media.

Tabla 6. Datos para el estudio de pérdidas de carga continuas (1), (3).

ρ (kg/m ³)	μ [kg/(m·s)]	L (m)	ϵ (m)
998	0,001	2,23	3,00E-07

A continuación, se estudian los tres tramos de tuberías por separado.

Tubería PVC 3/4"

Cálculo teórico

Se comienza calculando el valor del número de Reynolds para los distintos caudales medidos con el fin de determinar el régimen de operación (tabla 7). Se trabaja con un diámetro interno de 21 mm.

Tabla 7. Determinación del número de Reynolds para la línea de PVC de 3/4".

Q (m ³ /h)	V (m/s)	Re
1,4	1,12	23.484
1,6	1,28	26.839
1,8	1,44	30.194
2,0	1,60	33.549
2,2	1,76	36.904
2,4	1,92	40.259
2,6	2,09	43.614

En todos los casos, el valor de Re es superior a 2.100, confirmando que el régimen de flujo es turbulento. Mediante la ecuación de Chen (ec. 4) se calcula el factor de fricción para cada caudal, y se determina finalmente el valor teórico esperado de las pérdidas de carga a partir de la ecuación de Fanning (ec. 1). Estos cálculos se agrupan en la tabla 8.

Tabla 8. Determinación de las pérdidas de presión teóricas en la línea de PVC de 3/4".

Q (m ³ /h)	f _f	h _f (m)	ΔP (bar)
1,4	6,227E-03	0,17	0,017
1,6	6,031E-03	0,22	0,021
1,8	5,866E-03	0,26	0,026
2,0	5,724E-03	0,32	0,031
2,2	5,600E-03	0,38	0,037
2,4	5,490E-03	0,44	0,043
2,6	5,391E-03	0,51	0,050

Cálculo bibliográfico

Se determinan según la información aportada en la tabla 4 los valores bibliográficos de las pérdidas de carga para la tubería de 3/4" lisa de PVC. En la tabla 9 se agrupan los resultados.

Tabla 9. Determinación bibliográfica de la caída de presión en la línea de PVC de 3/4" (5).

Q (m ³ /h)	Pérdida de carga (m / 30 m _{tubería})	h _f (m)	ΔP (bar)
1,4	0,57	0,04	0,004
1,6	0,73	0,05	0,005
1,8	0,81	0,06	0,006
2	0,91	0,07	0,007
2,2	1,21	0,09	0,009
2,4	1,35	0,10	0,010
2,6	1,50	0,11	0,011

Los cálculos bibliográficos arrojan valores notablemente inferiores a los teóricos, pero en ambos casos se estaría trabajando con cifras ínfimas.

Tubería PVC 1/2"

Cálculo teórico

Se repite el procedimiento de cálculo anterior, empezando por la determinación del número de Reynolds (tabla 10). Se trabaja con un diámetro interno de 16 mm.

Tabla 10. Cálculo del número de Reynolds para la línea de PVC de 1/2".

Q (m³/h)	V (m/s)	Re
1,4	1,93	30.823
1,6	2,21	35.227
1,8	2,49	39.630
2	2,76	44.033
2,2	3,04	48.437
2,4	3,32	52.840
2,6	3,59	57.243

Al igual que sucede en la conducción de 25 mm, el valor de Re indica un régimen de flujo turbulento. Por tanto, se repite el procedimiento de cálculo anterior, obteniendo el factor de fricción mediante la ecuación de Chen (ec. 4), y calculando con la ecuación de Fanning (ec. 1) las pérdidas de carga.

En la tabla 11 se indican los resultados teóricos del cálculo de pérdida de presión.

Tabla 11. Determinación de la caída de presión en la línea de PVC de 1/2".

Q (m³/h)	f_f	h_f (m)	ΔP (bar)
1,4	5,839E-03	0,62	0,061
1,6	5,660E-03	0,79	0,077
1,8	5,510E-03	0,97	0,095
2,0	5,380E-03	1,17	0,114
2,2	5,266E-03	1,38	0,135
2,4	5,165E-03	1,61	0,158
2,6	5,075E-03	1,86	0,182

Cálculo bibliográfico

Siguiendo los valores bibliográficos de la tabla 4, se calculan las pérdidas de carga, tal y como se recoge en la tabla 12.

Tabla 12. Determinación bibliográfica de la caída de presión en la línea de PVC de 1/2" (5).

Q (m³/h)	Pérdida de carga (m / 30 m_{tubería})	h_f (m)	ΔP (bar)
1,4	2,70	0,20	0,020
1,6	3,50	0,26	0,025
1,8	4,14	0,31	0,030
2	4,90	0,36	0,036
2,2	5,90	0,44	0,043
2,4	6,63	0,49	0,048
2,6	7,40	0,55	0,054

Tubería PVC 3/4" rugosa

Las dimensiones de esta conducción son similares a las de la tubería análoga lisa, de modo que los valores del número de Reynolds coinciden con los de la tabla 7.

En cuanto al estudio teórico de pérdidas de carga, según el fabricante de estos tubos, el interior es completamente liso, teniendo la misma fricción que la otra tubería de 3/4" (8). Según esta información, los valores de ΔP determinados en las tablas 8 y 9 también serían válidos para esta conducción. Será preciso comprobar empíricamente si es cierto o no este dato.

5.5.2 Pérdidas de carga menores (en elementos hidráulicos)

Para la determinación teórica de pérdidas de carga menores, se trabajará con los coeficientes de pérdida de los distintos elementos hidráulicos, siguiendo la ecuación 5.

Codo 90°

Se realizan los cálculos para los diferentes caudales analizados, tal y como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Determinación de la caída de presión en codo de 90° (2).

Q (m ³ /h)	V (m/s)	K	h _f (m)	ΔP (bar)
1,4	1,60	0,75	0,10	0,010
1,6	1,76	0,75	0,12	0,012
1,8	1,92	0,75	0,14	0,014
2	2,09	0,75	0,17	0,016
2,2	2,25	0,75	0,19	0,019
2,4	2,25	0,75	0,19	0,019
2,6	2,25	0,75	0,19	0,019

Válvula de bola

Esta válvula opera cortando el flujo totalmente. Por tanto, solamente se realiza el estudio de pérdidas de carga en caso de apertura total.

Siguiendo el mismo procedimiento de cálculo que en el anterior caso, se obtienen los datos organizados en la tabla 14.

Tabla 14. Determinación de la caída de presión en válvula de bola (2).

Q (m ³ /h)	V (m/s)	K	h _f (m)	ΔP (bar)
1,4	1,60	0,05	0,01	0,001
1,6	1,76	0,05	0,01	0,001
1,8	1,92	0,05	0,01	0,001
2	2,09	0,05	0,01	0,001
2,2	2,25	0,05	0,01	0,001
2,4	2,25	0,05	0,01	0,001
2,6	2,25	0,05	0,01	0,001

Se observa que los valores se mantienen constantes, debido a la ausencia de variación en la apertura del obturador. Al ser una válvula de corte de flujo, no constan datos para estudiar la variación de presión al emplearla para regular el caudal.

Válvula en ángulo 90°

Al tratarse de una válvula de regulación, el análisis de pérdida de fricción se realiza para diferentes aperturas de obturador, partiendo de un caudal máximo de 2.600 L/h. De forma aproximada, se estima el grado de apertura de la válvula para conseguir interpolar los valores de K en los caudales estudiados.

Se aplica la ecuación 5 para determinar h_f , y se obtienen los resultados de la tabla 15.

Tabla 15. Determinación de la caída de presión en válvula en ángulo de 90° (7).

Q (m ³ /h)	V (m/s)	% apertura	K	h_f (m)	ΔP (bar)
1,4	1,12	10	105,00	6,75	0,661
1,6	1,28	15	47,00	3,94	0,386
1,8	1,44	20	18,00	1,91	0,187
2,0	1,60	25	8,50	1,11	0,109
2,2	1,76	50	3,50	0,56	0,054
2,4	1,92	90	1,50	0,28	0,028
2,6	2,09	100	1,00	0,22	0,022

Válvula de compuerta

Del mismo modo que en el caso anterior, se trata de una válvula de regulación, por lo que se realiza el estudio de pérdidas de carga para diferentes aperturas de obturador, estimando el porcentaje de apertura de la válvula.

A partir de la ecuación 5, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 14.

Tabla 16. Determinación de la caída de presión en válvula de compuerta (2).

Q (m³/h)	V (m/s)	% apertura	K	h_f (m)	ΔP (bar)
1,4	1,12	13	323,00	20,75	2,032
1,6	1,28	15	192,00	16,11	1,578
1,8	1,44	17	118,00	12,53	1,227
2,0	1,60	19	64,00	8,39	0,822
2,2	1,76	22	25,00	3,97	0,388
2,4	1,92	50	1,58	0,30	0,029
2,6	2,09	100	0,00	0,00	0,000

5.6. Tratamiento de resultados y discusión

Se analizan a continuación los datos empíricos obtenidos en las mediciones.

5.6.1 Tramos rectos de tubería

Se comienzan estudiando los resultados obtenidos en cada conducción de forma independiente. Para ello, se representan gráficamente los valores de ΔP teóricos, bibliográficos y empíricos frente a Q .

A continuación, se realizan las comparativas de influencia de material y diámetro en la caída de presión.

Tubería PVC 3/4"

Los valores experimentales se agrupan en la tabla 17.

Tabla 17. Pérdidas de presión experimentales en la tubería de PVC de 3/4".

Q (L/h)	P _e (bar)	P _s (bar)	ΔP (bar)
2600	0,30	0,25	0,05
2400	1,50	1,45	0,05
2200	1,45	1,40	0,05
2000	1,75	1,75	0,00
1800	2,00	2,00	0,00
1600	2,15	2,15	0,00
1400	2,35	2,35	0,00

Se representan gráficamente los valores teóricos, bibliográficos y experimentales en la figura 8.

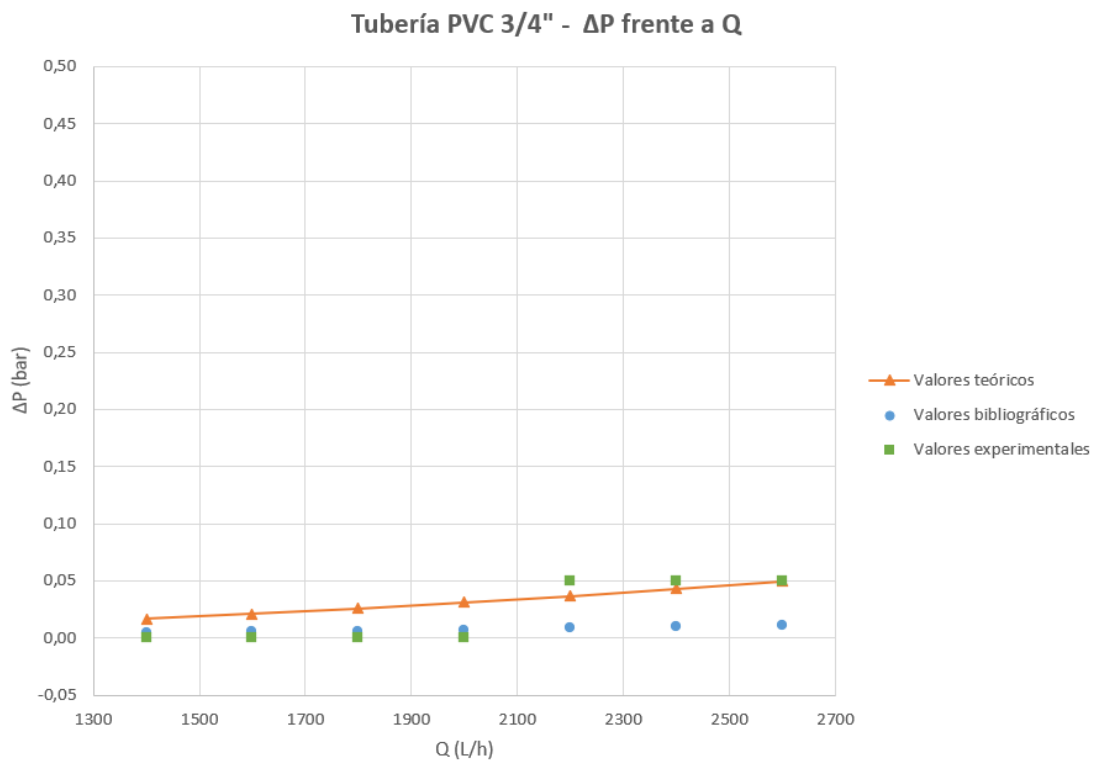


Figura 8. Representación gráfica de ΔP frente a Q para valores teóricos, empíricos y experimentales en la conducción de PVC de 3/4".

Se observa que, en los tres casos, los valores son próximos entre sí, indicando una caída de presión baja. Operando a caudales bajos, los datos experimentales se aproximan a los bibliográficos, mientras que en flujos elevados la predicción teórica encaja mejor

con la realidad. Sin embargo, carece de sentido analizar en profundidad estas diferencias, pues las tres tendencias indican unas caídas de presión muy reducidas, prácticamente nulas, para el caso de estudio actual.

Se puede observar, por otro lado, que al incrementar el caudal, la pérdida de presión se incrementa, especialmente en el caso experimental. Esta afirmación coincide con la tendencia esperada.

Tubería PVC 1/2"

Repitiendo el procedimiento realizado en el caso anterior, se comienza agrupando los valores obtenidos empíricamente en la tabla 18.

Tabla 18. Pérdidas de presión experimentales en la tubería de PVC de 1/2".

Q (L/h)	P_e (bar)	P_s (bar)	ΔP (bar)
2600	0,35	0,15	0,20
2400	1,45	1,30	0,15
2200	1,65	1,50	0,15
2000	1,80	1,70	0,10
1800	2,00	1,95	0,05
1600	2,20	2,15	0,05
1400	2,35	2,30	0,05

Se representan gráficamente los valores teóricos, bibliográficos y experimentales en la figura 9.

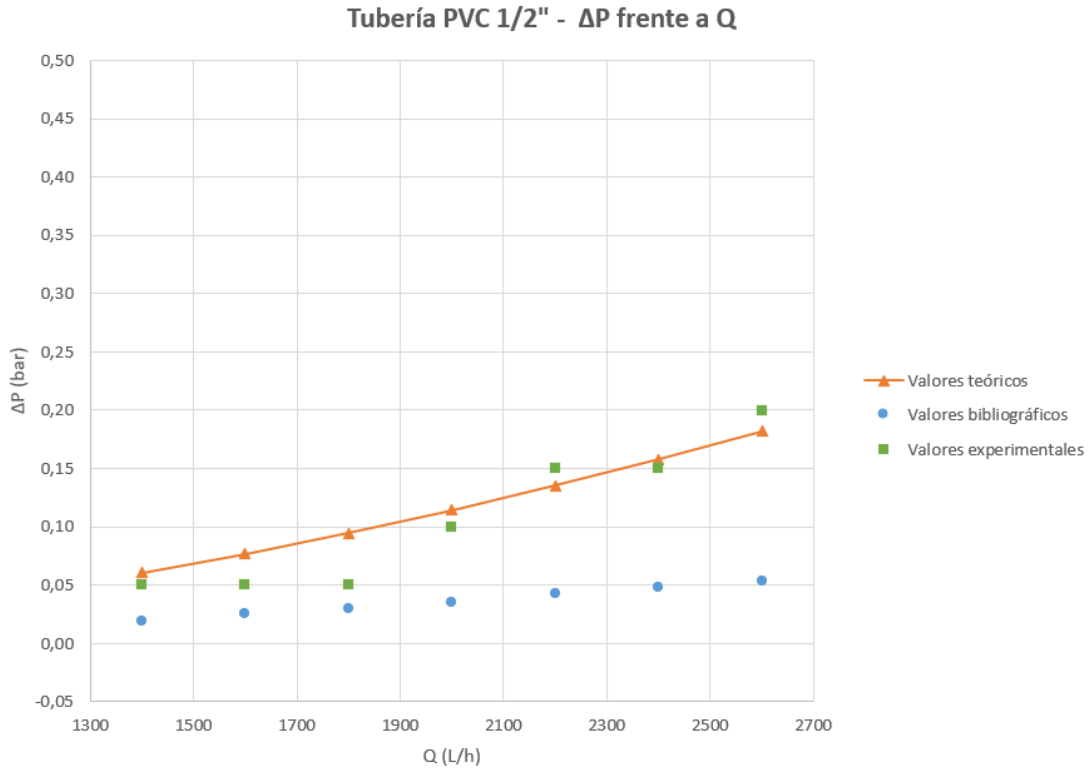


Figura 9. Representación gráfica de ΔP frente a Q para valores teóricos, empíricos y experimentales en la conducción de PVC de 1/2".

En este caso, los valores estimados a partir de información bibliográfica no encajan con la tendencia de las otras dos casuísticas. Los resultados experimentales son bastante fieles a los cálculos teóricos.

La conducción de PVC de 1/2" presenta pérdidas de carga reducidas a caudales bajos y, al incrementar el flujo, se registran ΔP superiores.

Tubería PVC 3/4" rugosa

Siguiendo la información que el fabricante aporta del tubo categorizado como rugoso, este debería encajar en las mismas predicciones que el tubo liso de mismas dimensiones, pues se afirma que es totalmente liso en su interior. Al tratarse de una conducción flexible con refuerzo metálico interno, es de esperar que la caída de presión sea ligeramente superior. Se comprueba, por comparación con los valores teóricos y bibliográficos, si realmente es liso o no.

En la tabla 19 se muestran los valores experimentales obtenidos en esta conducción.

Tabla 19. Pérdidas de presión experimentales en la tubería de PVC de 3/4" rugosa.

Q (L/h)	P _e (bar)	P _s (bar)	ΔP (bar)
2600	0,15	0,10	0,05
2400	1,55	1,50	0,05
2200	1,65	1,60	0,05
2000	1,80	1,80	0,00
1800	2,00	2,00	0,00
1600	2,15	2,15	0,00
1400	2,35	2,35	0,00

Se representan gráficamente los valores teóricos, bibliográficos y experimentales en la figura 10.

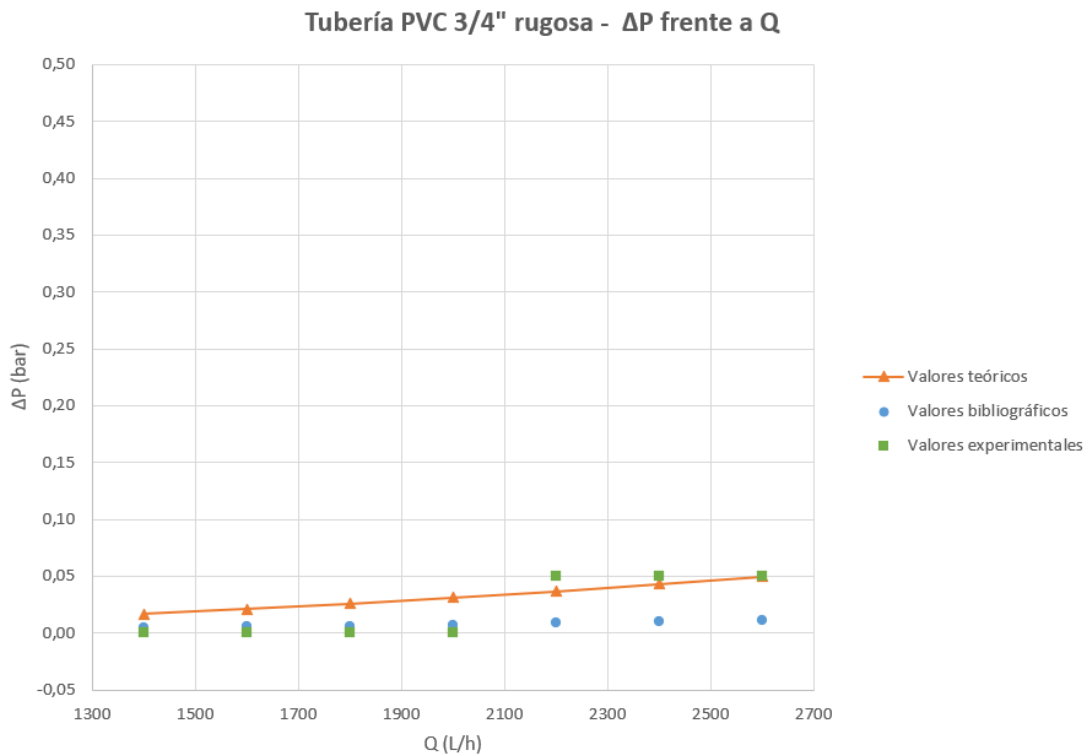


Figura 10. Representación gráfica de ΔP frente a Q para valores teóricos, empíricos y experimentales en la conducción de PVC de 3/4" rugosa.

El comportamiento de esta conducción es exactamente igual que el de la tubería lisa. Si bien los valores de presión de entrada y salida no coinciden, debido a la ubicación de las líneas en la planta fluidodinámica y a los diferentes elementos que alberga cada circuito, la caída de presión es idéntica.

A las conclusiones expuestas en la tubería lisa de 3/4", se añade la comprobación de que, tal y como el fabricante del hidrotubo afirmaba, esta conducción no presenta pérdidas de carga mayores a las de una conducción sin rugosidad.

Comparativa entre conducciones de diferente material

Siguiendo la línea del anterior ensayo, es conveniente realizar un gráfico que permita comparar el comportamiento experimental de dos tuberías de distinto material constructivo e igual diámetro. Se estudian la tubería de PVC de 3/4" lisa, y el tubo de PVC flexible de 3/4" con refuerzo interior.

Se muestra el diagrama en la figura 11.

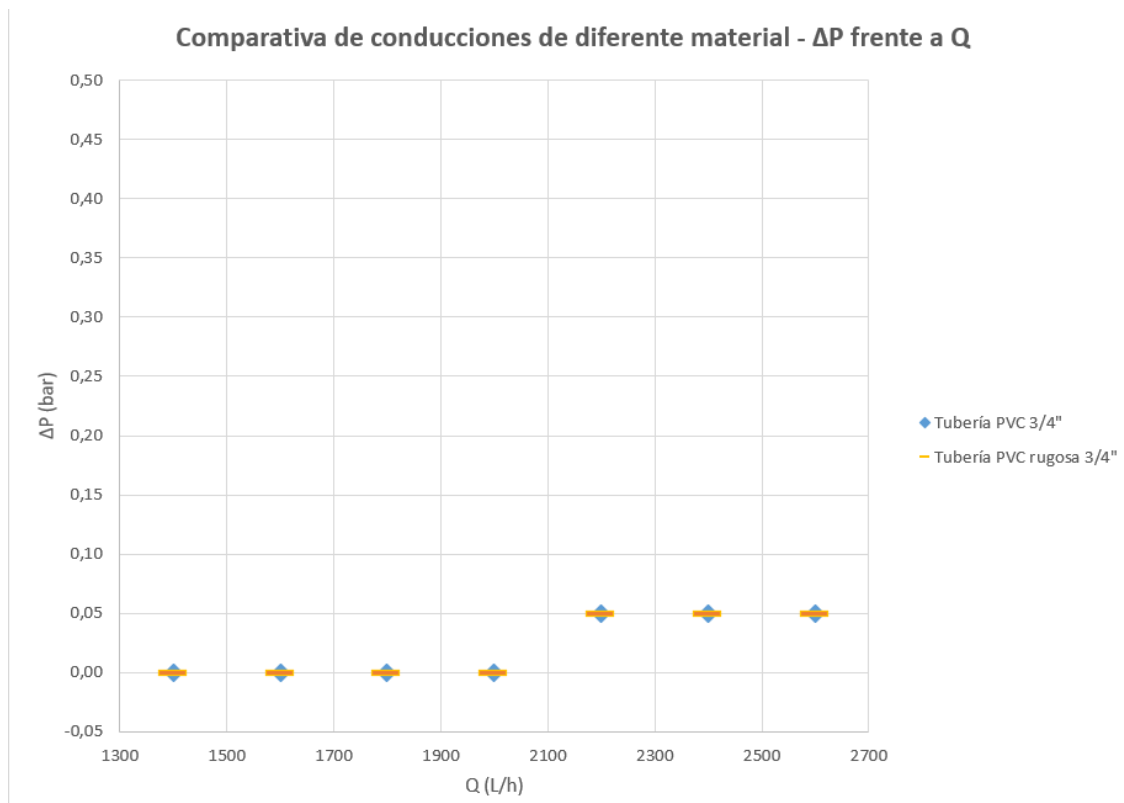


Figura 11. Representación gráfica de ΔP frente a Q de las conducciones de PVC 3/4" lisa y rugosa.

Tal y como se adelantaba en el estudio de la conducción rugosa, ambas tuberías tienen el mismo comportamiento, verificándose que ambas son lisas y presentan la misma fricción ante el flujo. Las dos ofrecen resistencias muy bajas, cuantificables únicamente a caudales elevados, coincidiendo con el comportamiento esperado de ΔP frente a Q .

Comparativa entre conducciones de diferente diámetro

Para terminar el análisis de pérdidas de carga continuas, se estudia el efecto de la variación de diámetro en las conducciones. Se representan gráficamente los valores experimentales de ΔP frente a Q de las tuberías de PVC de 3/4" y 1/2" en la figura 12.

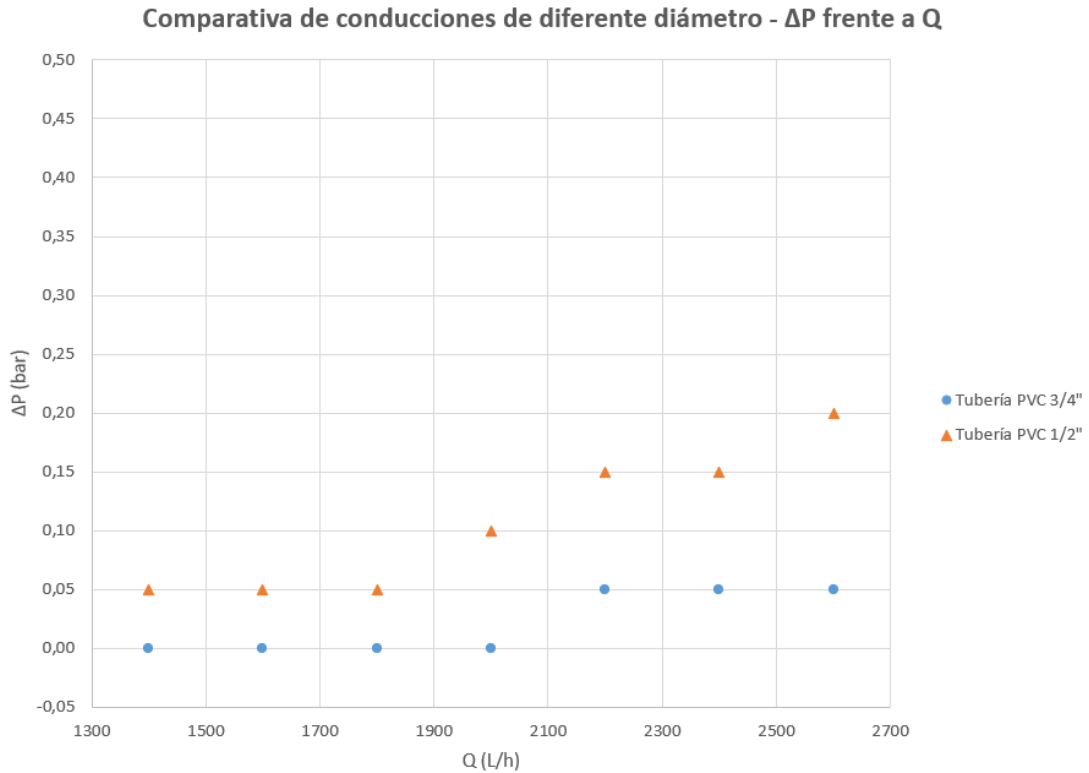


Figura 12. Representación gráfica de ΔP frente a Q de las conducciones de PVC de 1/2" y 3/4".

Se observa cómo la disminución de la sección de flujo en una conducción provoca un incremento en la caída de presión debida a la fricción del fluido. Midiendo caudales bajos, se percibe una diferencia pequeña pero, al incrementar el flujo, los valores de ΔP son cada vez más dispares, ascendiendo notablemente en la conducción de 1/2".

5.6.2 Elementos hidráulicos

Se estudian los resultados de los diferentes elementos individualmente. Después, se analizan comparaciones entre las diferentes válvulas al regular el caudal.

Codo 90° PVC

El primer elemento hidráulico objeto de estudio es el codo de PVC de 90°. Se espera que la caída de presión sea similar en los diferentes caudales estudiados.

En la tabla 20 se agrupan los resultados experimentales obtenidos.

Tabla 20. Pérdidas de presión experimentales en el codo de 90°.

Q (L/h)	P _e (bar)	P _s (bar)	ΔP (bar)
2600	0,45	0,35	0,10
2400	1,55	1,45	0,10
2200	1,75	1,65	0,10
2000	2,00	1,90	0,10

Gráficamente, se comparan los valores experimentales con los teóricos predichos, tal y como se muestra en la figura 13.

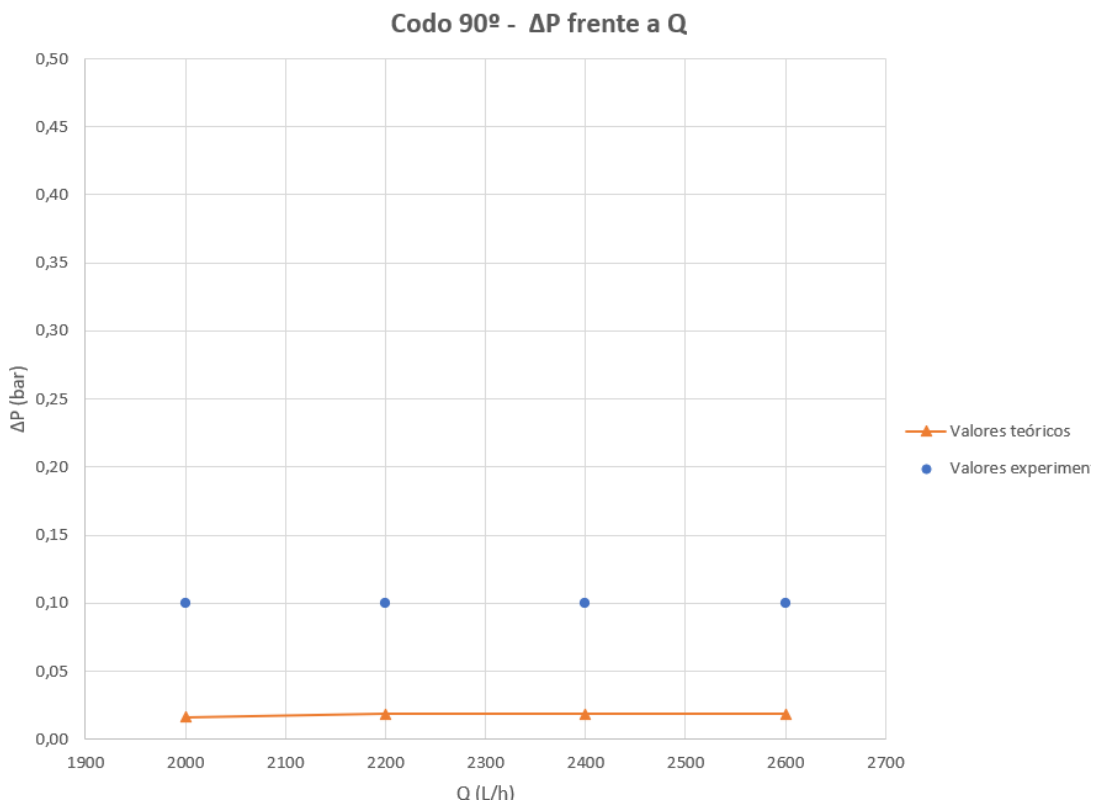


Figura 13. Representación gráfica de valores empíricos y teóricos de ΔP frente a Q del codo 90°.

Las pérdidas de presión son constantes, tal y como se esperaba. En los valores calculados se aprecia un ligero descenso a 2.000 L/h que, comprobando en la tabla 13, se corresponde con una diferencia de 0,003 bar con respecto a los demás valores. Esto corrobora que el descenso en el caudal está relacionado con la disminución de pérdida de carga aunque, en este caso, apenas sea detectable.

En ambos casos, las caídas de presión son reducidas y prácticamente constantes, superando ligeramente los valores empíricos a los calculados. Se puede afirmar, por tanto, que el comportamiento coincide con el esperado.

El estudio de la influencia del caudal no es concluyente. Los cálculos arrojan variaciones mínimas de ΔP al incrementar el flujo, y empíricamente no es posible cuantificarlas.

Partiendo de las medidas experimentales, es posible determinar el valor de K corregido para este elemento hidráulico, gracias a la ecuación 5. En la tabla 21 se indica el resultado.

Tabla 21. Valores de K experimentales del codo de 90°.

Q (L/h)	K _{experimental}
2600	4,61
2400	5,41
2200	6,44
2000	7,79

Se han obtenido valores de K moderados, confirmando que los codos de 90° no suponen pérdidas de carga elevadas en las instalaciones hidráulicas. Por otro lado, se aprecia una oscilación relativamente alta entre los valores de K de los distintos caudales analizados. Esto es resultado de las medidas experimentales: la lectura de los manómetros empleados no permite distinguir una diferencia de 0,10 bar de una de 0,08 bar o 0,12 bar. Sin embargo, el valor podría considerarse constante, próximo a 6.

No es posible realizar comparaciones con los valores bibliográficos empleados para calcular ΔP , pues no se cuenta con información suficiente del parámetro K a los caudales de operación de la planta fluidodinámica, ni los libros aportan valores específicos para el PVC. La información bibliográfica se basa en valores medios que representan de forma genérica el comportamiento de los elementos hidráulicos.

Válvula de bola

Se continúa analizando la válvula de bola ubicada en la línea 4 de la planta fluidodinámica. Se trata de una válvula diseñada para el corte de flujo que, en teoría, presenta pérdidas de carga despreciables si está totalmente abierta.

Se repite el análisis realizado para el codo de 90°, comenzando por la toma de datos experimentales, agrupados en la tabla 22.

Tabla 22. Pérdidas de presión experimentales en la válvula de bola.

Q (L/h)	P _e (bar)	P _s (bar)	ΔP (bar)
2600	0,35	0,20	0,15
2400	1,45	1,35	0,10
2200	1,65	1,55	0,10
2000	1,90	1,80	0,10

Gráficamente, se comparan los valores experimentales con los teóricos, tal y como se muestra en la figura 14.

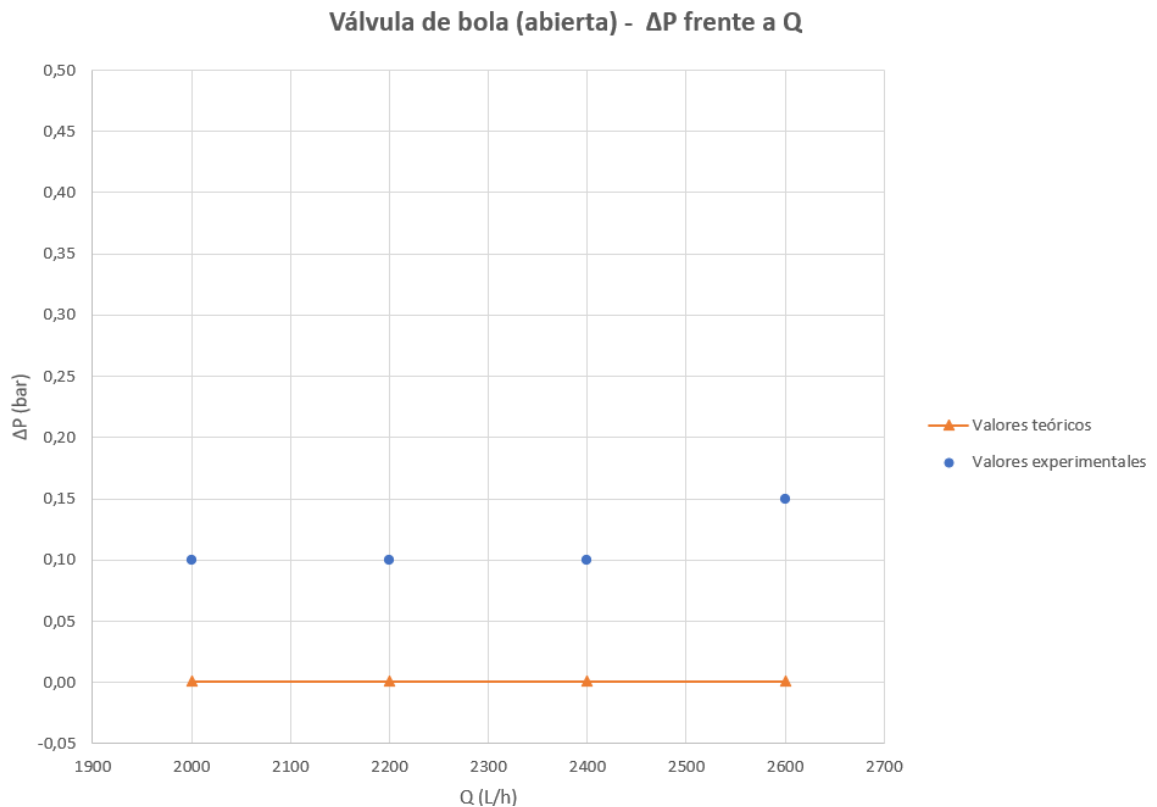


Figura 14. Representación gráfica de valores empíricos y teóricos de ΔP frente a Q de la válvula de bola.

El resultado es similar al caso del codo de 90°: las pérdidas de presión son reducidas, especialmente al leer los valores teóricos; y existe de nuevo una diferencia considerable entre los valores empíricos y calculados. Es preciso volver a mencionar que, al realizar las lecturas en el ensayo, la precisión no es alta debido a la pequeña variación que se produce.

Se corrobora, por tanto, que las válvulas de bola son interesantes para cortar el flujo debido a su baja resistencia cuando se encuentran abiertas.

Es interesante comentar también que, en los datos empíricos obtenidos, se observa levemente la influencia del aumento del caudal en ΔP : el valor detectado a 2.600 L/h es ligeramente superior a los demás, aunque la diferencia es reducida.

A continuación, aplicando la ecuación 5 a los datos obtenidos, se calcula el valor corregido de K para la válvula de bola de la planta fluidodinámica. La tabla 23 agrupa estos resultados

Tabla 23. Valores de K experimentales de la válvula de bola.

Q (L/h)	K _{experimental}
2600	6,91
2400	5,41
2200	6,44
2000	7,79

Al igual que sucede en el caso del codo de 90°, el coeficiente de pérdida presenta valores reducidos, confirmando la baja caída de presión producida por las válvulas de bola. De nuevo, los resultados obtenidos presentan ciertas oscilaciones a causa de las lecturas de los manómetros: la escala que incorporan no permite detectar diferencias tan leves en las caídas de presión, siendo imposible distinguir 0,15 bar de 0,13 bar, por ejemplo.

Por otro lado, no procede realizar comparaciones con los valores bibliográficos empleados para el cálculo de ΔP , pues no se han podido obtener datos exactos de K para válvulas de bola de PVC, ni para los caudales empleados en la práctica.

Válvula de 90°

Esta válvula ha sido diseñada para regular el caudal, permitiendo abrir o cerrar el obturador en posiciones intermedias para ajustar el flujo de forma precisa.

Para estudiar la influencia de ΔP frente al caudal en este elemento hidráulico, se ha regulado el caudal con la propia válvula, y no con la válvula de compuerta ubicada antes del desagüe, como se había hecho en los casos anteriores.

La tabla 24 muestra los resultados de las medidas experimentales. Se ha partido de 2.400 L/h, cerrando la válvula aproximadamente un 85%, continuando hasta el cierre casi total, comprobando siempre que la presión no superase 2,5 bar para no dañar los manómetros.

Tabla 24. Pérdidas de presión experimentales en la válvula en ángulo de 90°.

Q (L/h)	% apertura²	P_e (bar)	P_s (bar)	ΔP (bar)
2400	90	1,40	1,20	0,20
2200	50	1,5	1,05	0,45
2000	25	1,75	0,75	1,00
1800	20	1,85	0,55	1,30
1600	15	2,1	0,45	1,65
1400	10	2,3	0,45	1,85

Repitiendo el procedimiento empleado en los elementos anteriores, se representan gráficamente los datos experimentales y los teóricos de ΔP en función de Q (figura 15).

Lo ideal para realizar el análisis habría sido conocer el grado de apertura de la válvula de ángulo en las medidas experimentales. Sin embargo, determinar esta información es una tarea prácticamente imposible, pues a caudales bajos la modificación de la posición del obturador es mínima.

² Para determinar el porcentaje de apertura, se ha contado el número de vueltas que se daba a la válvula para regular el caudal objetivo. Estos valores son aproximados, pues es complejo cuantificar si se ha dado exactamente media vuelta o un cuarto de vuelta al girar la manija.

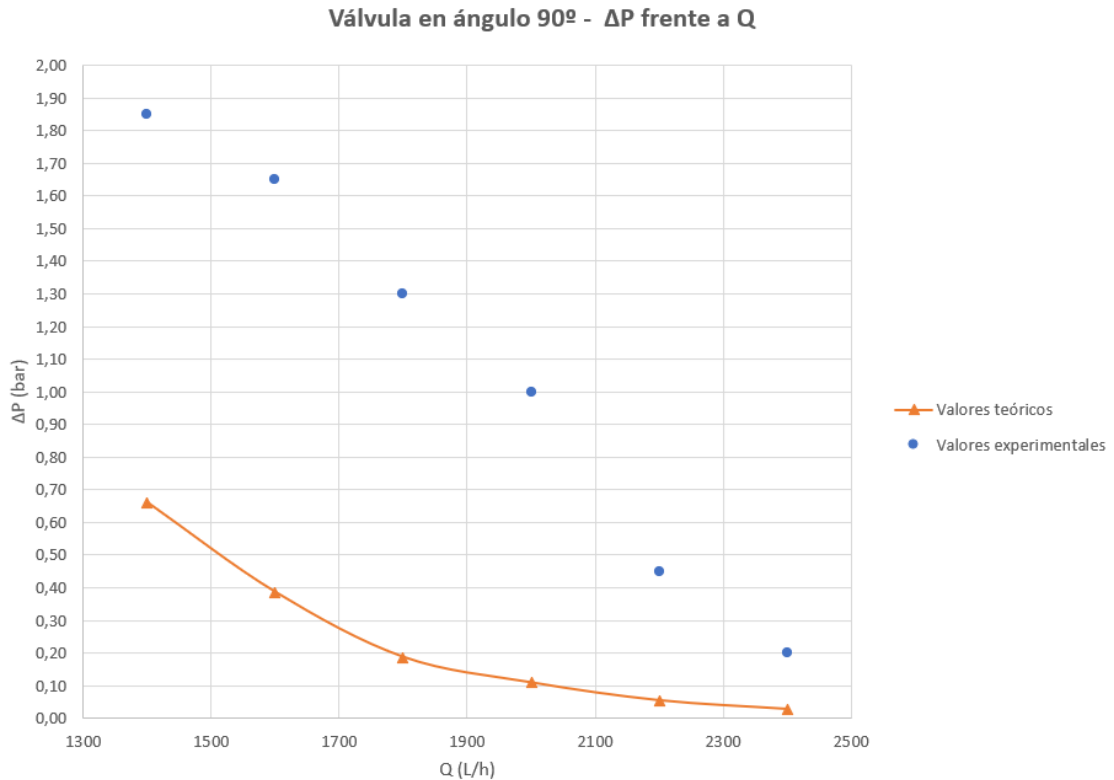


Figura 15. Representación gráfica de valores empíricos y teóricos de ΔP frente a Q de la válvula de 90°.

Se observa en el gráfico que los valores teóricos son notablemente más bajos que los empíricos. A medida que aumenta el caudal, la diferencia entre ambas tendencias es más notoria. Se pueden identificar dos posibles fuentes de error:

- Las medidas experimentales han sido tomadas de forma errónea.
- La válvula del modelo teórico empleado y la válvula utilizada en las medidas no son iguales.

Teniendo en cuenta que cometer un error tan significativo en las medidas del ensayo es prácticamente imposible, se concluye que la válvula en ángulo de 90° no se corresponde con una válvula de asiento.³ En realidad, se trata de una válvula de compuerta en ángulo de 90°, un elemento hidráulico menos común. Por ello, no existen datos teóricos de pérdidas de carga para esta válvula específica, de modo que la única forma de predecir

³ Este dato ya se conocía cuando se compraron los materiales para la ejecución de la planta fluidodinámica. A efectos docentes, el uso de una válvula de compuerta o de asiento no supone una diferencia, ambas permiten observar el efecto de ΔP al cerrar el obturador. Sin embargo, se consideró oportuno no mencionar esta información en el guion de prácticas, incitando al alumno a llegar a esta misma conclusión: no siempre la información que brindan los libros se corresponde con la que buscamos, por lo que es preciso ser críticos y verificar qué datos se están manejando.

mediante cálculos su comportamiento es mediante los datos equivalentes de una válvula de asiento en ángulo.

Esto muestra que, a la hora de comprar una válvula en ángulo, es preciso verificar el tipo de obturador empleado, ya que una diferencia en el diseño de la válvula puede tener efectos significativos en su funcionamiento. Se puede afirmar, además, que las válvulas de globo o asiento en ángulo de 90° presentan menores pérdidas de carga que la versión análoga de compuerta.

Observando el gráfico, se aprecia claramente el efecto del caudal en ΔP : cuanto menor es el flujo, mayor es la obstrucción de paso del fluido, mostrando valores de caída de presión cada vez mayores. Este crecimiento es más acusado en la válvula de 90° de compuerta (experimental) que en su análoga de globo (teórica).

Para finalizar el análisis de este ensayo, se calculan los valores de K para los diferentes caudales medidos, agrupando los resultados en la tabla 25.

Tabla 25. Valores de K experimentales de la válvula en ángulo de 90°.

Q (L/h)	K_{experimental}
2400	10,82
2200	28,97
2000	77,89
1800	115,40
1600	200,82
1400	294,09

En este caso, se aprecia una variación considerable del coeficiente de pérdida a medida que se cierra el obturador de la válvula en ángulo. Cuanto mayor es la resistencia al flujo por parte de la válvula, más incrementa el valor de K.

No es posible realizar comparaciones con los datos bibliográficos de K empleados en los cálculos, pues se trata de valores de uso generalizados que no consideran las condiciones específicas del experimento. Se trata de parámetros obtenidos bajo condiciones ideales, siendo orientativos a la hora de estimar pérdidas de carga.

Válvula de compuerta

El procedimiento de análisis de este ensayo es similar al anterior, pues esta válvula también permite regular el caudal.

Se toman diferentes medidas experimentales, partiendo de una apertura casi total a 2.400 L/h. En la tabla 26 se agrupan los datos obtenidos.

Tabla 26. Pérdidas de presión experimentales en la válvula de compuerta.

Q (L/h)	% apertura	P _e (bar)	P _s (bar)	ΔP (bar)
2400	57	1,10	1,04	0,06
2200	22	1,60	0,80	0,80
2000	19	1,75	0,70	1,05
1800	17	1,95	0,55	1,40
1600	15	2,10	0,45	1,65
1400	13	2,35	0,30	2,05

A continuación, se representan gráficamente los valores teóricos y empíricos de caída de presión frente a caudal, en la figura 16.

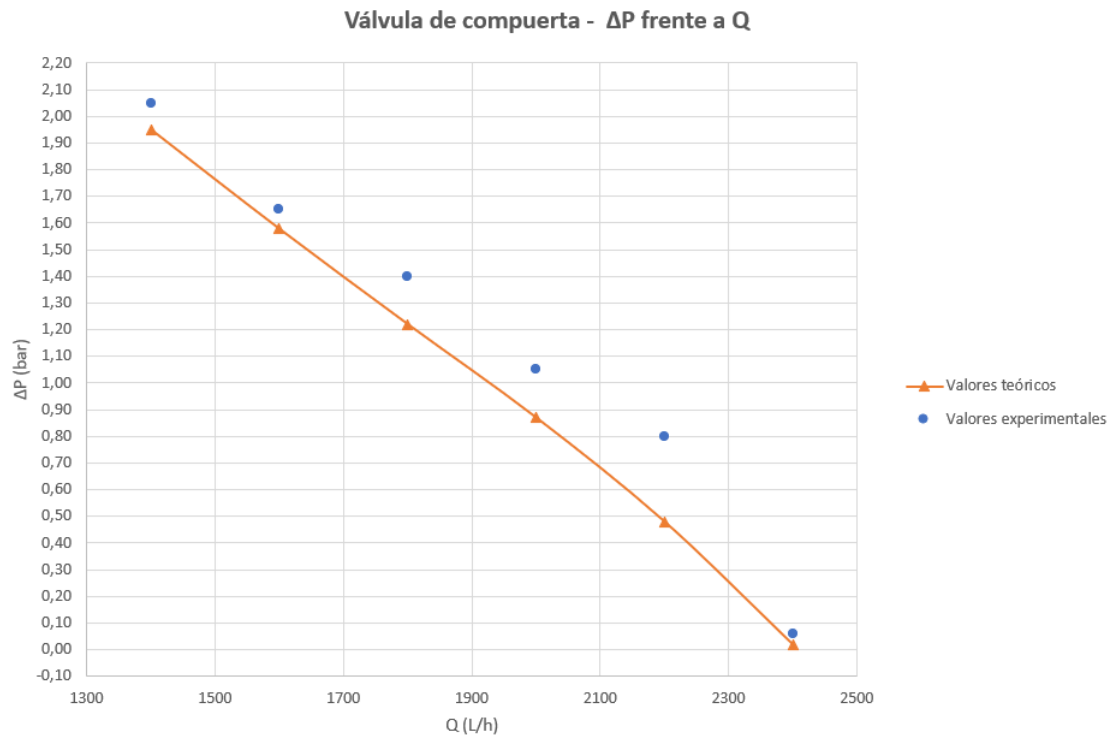


Figura 16. Representación gráfica de valores empíricos y teóricos de ΔP frente a Q de la válvula de compuerta.

Se observa en el gráfico que, en general, los valores experimentales encajan con la curva de valores calculados. Existe una leve desviación en ciertos puntos empíricos, especialmente en los caudales intermedios, achacable a errores experimentales.

Tanto los datos obtenidos empíricamente como los calculados demuestran claramente el efecto de ΔP al reducir la apertura de la válvula para disminuir el caudal: cuanto menor es la sección de paso, mayor es la caída de presión. Esta válvula presenta ΔP considerables, especialmente en la regulación inicial del caudal, pues para reducir el caudal de 2.400 L/h (con apertura prácticamente total) a 2.200 L/h (apertura de aproximadamente el 60%), la caída de presión se ve incrementada de 0,08 bar a 0,80 bar, multiplicando su valor por diez.

Finalmente, se determina a partir de la ecuación 5 el valor corregido del coeficiente de pérdida, K . Los resultados se muestran en la tabla 27.

Tabla 27. Valores de K experimentales de la válvula de compuerta.

Q (L/h)	$K_{\text{experimental}}$
2400	3,25
2200	51,50
2000	81,79
1800	134,63
1600	200,82
1400	325,88

En este caso, se aprecia un incremento del coeficiente de pérdida aún mayor que en la válvula angular. El cierre del obturador de la válvula de compuerta genera una resistencia especialmente elevada, dando lugar a un ascenso considerable de K al regular el caudal.

Tal y como se ha mencionado en anteriores análisis de ensayos, no es viable realizar comparaciones con los valores de K bibliográficos debido a ausencia de datos obtenidos en condiciones similares a las de este experimento en específico.

Comparación del efecto de regulación de las válvulas

Finalmente, se realiza un estudio de cómo varía la caída de presión al regular el caudal con las diferentes válvulas instaladas en la planta fluidodinámica. Tal y como se ha indicado previamente, solamente las válvulas de ángulo de 90° y de compuerta han sido diseñadas para este fin. Sin embargo, se ha decidido añadir a este último ensayo la válvula de bola, para observar su respuesta ante un uso para el que no está pensada.

Los datos obtenidos de la válvula de bola para este estudio se muestran en la tabla 28.

Tabla 28. Pérdidas de presión experimentales en la válvula de bola empleada para regulación.

Q (L/h)	% apertura	P_e (bar)	P_s (bar)	ΔP (bar)
2400	100	1,45	1,30	0,15
2200	50	1,70	1,05	0,65
2000	44	1,85	0,85	1,00
1800	39	2,00	0,70	1,30
1600	33	2,25	0,45	1,80
1400	28	2,35	0,4	1,95

Esta información, sumada a la obtenida para las válvulas en ángulo de 90° y de compuerta, se representa gráficamente en la figura 17.

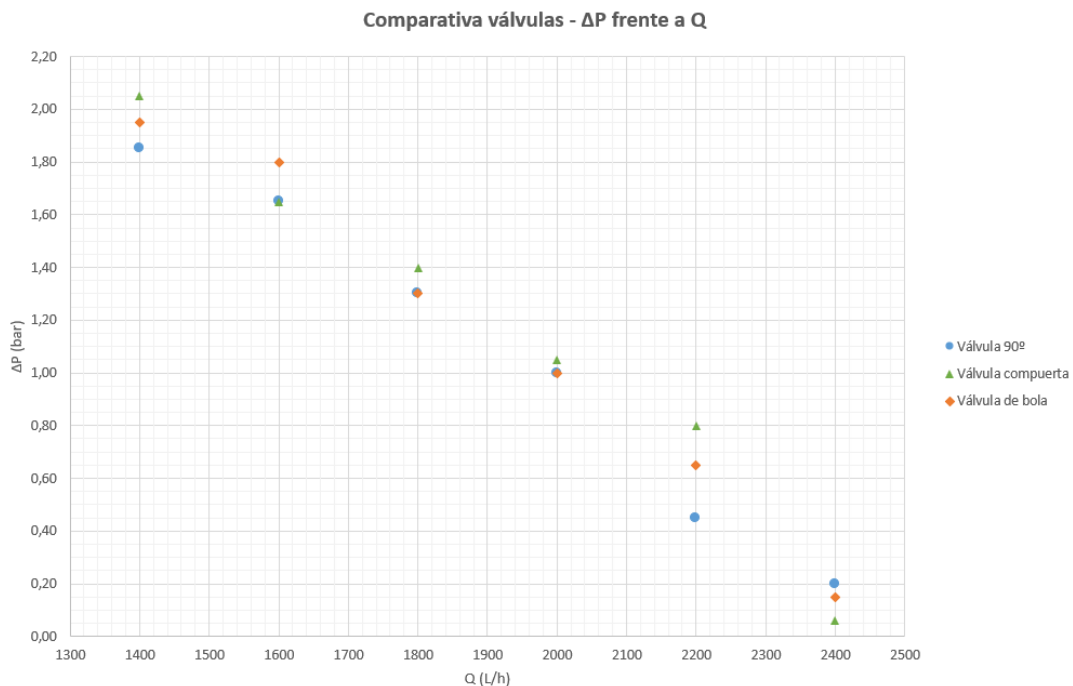


Figura 17. Representación gráfica de ΔP frente a Q para las válvulas de bola, de ángulo de 90° y de compuerta.

Se pueden extraer varias observaciones sobre esta gráfica:

- En los tres casos, se aprecia que ΔP incrementa significativamente al reducir el caudal, vinculado directamente con el cierre parcial del obturador de la válvula.
- En general, las tres válvulas responden de forma similar ante la regulación de los caudales estudiados: presentan la misma tendencia creciente, y los valores de ΔP son próximos entre sí, salvo en medidas puntuales.
- Destaca el funcionamiento de la válvula de bola, pues no está diseñada para regular el caudal, sino para cortarlo totalmente. Aunque en los casos analizados su resistencia al flujo fuera similar a la de las válvulas de regulación, no se puede afirmar que sea adecuada para este propósito. Utilizar este tipo de elementos para una función diferente a la prevista puede provocar desgaste, daños en sus componentes, fugas y otros problemas a medio y largo plazo.
- Observando únicamente las válvulas de regulación, se aprecian caídas de presión similares. Esto se debe a que la geometría del obturador es la misma en ambos casos, afectando de forma parecida al fluido. En el caso de la válvula angular, el diseño interno facilita un flujo más suave al cambiar de dirección, derivando en pérdidas de carga ligeramente inferiores que en la válvula en línea.

5.7. Conclusiones

De forma general, se concluye que el caudal y la caída de presión están directamente relacionados: a mayor flujo, mayor ΔP , y viceversa. El diámetro de las conducciones influye de manera inversamente proporcional en la pérdida de presión: cuanto menor es la sección de paso, mayor será ΔP . Por otro lado, las tuberías seleccionadas para analizar la influencia del material en las pérdidas de carga han resultado ser idénticas, o tan parecidas que no es posible cuantificar las diferencias en las caídas de presión que generan.

En cuanto a los elementos hidráulicos, se verifica que las caídas de presión son aproximadamente constantes si solamente fluctúa el caudal. Al manipular las válvulas, se observa un incremento de ΔP al reducirse la sección de paso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ocón García, Joaquín y Tojo Barreiro, Gabriel. *Problemas de Ingeniería Química. Operaciones básicas. Tomo I*. Madrid : Aguilar, 1982. ISBN: 9788403201057.
2. Perry, Robert H. y Green, Don W., [ed.]. *Manual del ingeniero químico*. Madrid : McGraw Hill, 1994. ISBN: 9789684220966.
3. Mott, Robert L. y Untener, Joseph A. *Mecánica de fluidos*. México : Pearson Educación, 2015. ISBN: 9786073232883.
4. Tuyper.es. *Tuberías de PVC para presión*. [En línea] [Citado el: 12 de 06 de 2025.] https://www.tuyper.es/files/productos/tuberias-pvc/00b_Cat._Pdtos._PRESION_PVC_ES.pdf.
5. Buteline.com. *Pipe pressure head loss*. [En línea] [Citado el: 12 de 06 de 2025.] <https://www.buteline.com/uk/uk/buteline/technical-information/pipe-pressure-head-loss>.
6. Costa Novella, Enrique y et. al. *Ingeniería Química. Volumen 3: Flujo de fluidos*. Madrid : Alhambra, 1985. ISBN: 8420511196.
7. Smith, Peter y Zappe, R.W. *Valve selection handbook. Engineering fundamentals for selecting the right valve design for every industrial flow application*. Houston : Elsevier, 1999. 9780884158868.
8. Espiroflex.com. Características técnicas hidrotubo. [En línea] [Citado el: 12 de 06 de 2025.] <https://espiroflex.com/Content/products/PDFs/Hidrotubo.pdf>.

ANEXO I

Manual de instrucciones bomba PGPS 1100 B1



Gartenpumpen-Set / Garden Pump Set / Pompe de jardin PGPS 1100 B1

(DE) (AT) (CH)

Gartenpumpen-Set

Originalbetriebsanleitung

(FR) (BE)

Pompe de jardin

Traduction des instructions d'origine

(PL)

Zestaw pomp ogrodowych

Tłumaczenie oryginalnej instrukcji obsługi

(SK)

Súprava záhradného čerpadla

Preklad originálneho návodu na obsluhu

(ES)

Bomba de jardín con accesorios

Traducción del manual de instrucciones original

(HU)

Kerti szivattyú készlet

Az originál használati utasítás fordítása

(HR)

Vrtna pumpa s crijevom

Prijevod originalnih uputa za uporabu

(BG)

Комплект градинска помпа

Превод на оригиналното ръководство за експлоатация

(GB) (MT)

Garden Pump Set

Translation of the original instructions

(NL) (BE)

Tuinpompset

Vertaling van de originele gebruiksaanwijzing

(CZ)

Sada zahradního čerpadla

Překlad originálního provozního návodu

(DK)

Havepumpesæt

Oversættelse af den originale driftsvejledning

(IT) (MT)

Set pompa da giardino

Traduzione delle istruzioni d'uso originali

(SI)

Komplet z vrtno črpalko

Prevod originalnega navodila za uporabo

(RO)

Set pompă de grădină

Traducerea instrucțiunilor de utilizare originale

(GR)

Σετ αντλία κήπου

Μετάφραση των αυθεντικών οδηγιών λειτουργίας

IAN 497237_2204

(DE) (AT) (BE) (NL)
(CZ) (PL) (SK) (DK) (HU)



Contenido

Introducción	89
Indicaciones especiales para un funcionamiento seguro .	89
Descripción general	90
Volumen de suministro.....	90
Descripción del funcionamiento.....	90
Piezas funcionales	90
Datos técnicos	90
Instrucciones de seguridad	91
Símbolos en el aparato	91
Símbolos en las instrucciones	91
Indicaciones generales de seguridad.....	92
Puesta en marcha	94
Montar asa de transporte	94
Montaje	94
Conexión eléctrica.....	94
Conexión de la tubería	94
Llenar bomba de jardín.....	94
Examen ante Puesta en marcha.....	95
Encender / apagar.....	95
Limpieza / antenimiento	95
Trabajos generales de limpieza.....	95
Vaciar bomba de jardín	96
Almacenamiento	96
Eliminación y protección del medio ambiente	96
Piezas de repuesto/Accesorios ...	96
Garantía	97
Servicio de reparación	98
Service-Center	98
Importador	98
Traducción de la Declaración de conformidad CE original	181
Plano de explosión	189

Introducción

¡Felicitaciones por la compra de su nueva aspiradora! Con ello se ha decidido por un producto de suprema calidad.

Este aparato fue examinado durante la producción con respecto a su calidad y sometido a un control final. Con ello queda garantizada la capacidad de funcionamiento de su aparato. No obstante, no podemos descartar que en algunos casos haya cantidades residuales de agua o lubricantes fuera o dentro del aparato mismo, o bien, en los tubos flexibles. Esto no es una deficiencia o defecto, ni razón para preocuparse.



Las instrucciones de servicio forman parte de este producto. Éstas contienen importantes indicaciones para la seguridad, el uso y la eliminación del aparato. Familiarícese con todas las indicaciones de manejo y seguridad antes de usar el producto. Utilice el producto sólo como se describe y para los campos de aplicación indicados. Guarde bien estas instrucciones y entréguelas al dar este producto a terceros.

Indicaciones especiales para un funcionamiento seguro

La bomba de jardín está prevista para regar el jardín. Está destinada para el uso privado en el jardín.

El aparato está pensado exclusivamente para el transporte de agua y de agua pluvial hasta una temperatura máx. de 35 °C. Cualquier otro uso que no esté expresamente autorizado en estas instrucciones de uso (p.ej. transporte de alimentos, agua salada, combustibles para motor, productos químicos o agua con sustancias abrasivas) puede provocar daños en el aparato y suponer un serio peligro para el usuario.

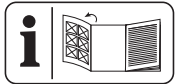
La bomba no es adecuada para funcionar de forma permanente. El funcionamiento permanente acorta la vida útil y reduce el tiempo bajo garantía.

Esta bomba no es adecuada para el uso comercial. La garantía caduca en este caso.

El operario o usuario es responsable de accidentes y daños que sufran otras personas o sus propiedades.

El fabricante no se responsabiliza por daños que sen causados por un uso contrario a las normas o por un manejo equivocado.

Descripción general



Hallará las imágenes en las solapas delantera y trasera.

Volumen de suministro

Desembale el aparato y compruebe que esté completo.

- Bomba de agua sucia
- Asa de transporte
- 2 Tornillos de fijación
- Manguera de aspiración
- Anillo obturador (premontado)
- Adaptador (premontado)
- Prefiltro con parada de reflujo (premontado)
- Instrucciones de uso

Descripción del funcionamiento

Una vez conectado el tubo de aspiración y el tubo de presión, y el llenado con agua, la bomba de jardín mueve una cantidad definida de agua.

Piezas funcionales

- | | |
|----------|---|
| A | 1 Tapa abatible |
| | 2 Entrada de agua |
| | 3 Tapa abatible |
| | 4 Salida de agua |
| | 5 Interruptor encendido/apagado |
| | 6 Cable de conexión eléctrica |
| | 7 Asa de transporte |
| | 8 2 Tornillos de fijación |
| | 9 Tornillo para orificio de llenado |
| | 10 Tornillo de salida |
| | 11 Adaptador |
| | 12 Anillo obturador |
| | 13 Conexión de manguera de aspiración entrada de agua |
| | 14 Manguera de aspiración |
| | 15 Prefiltro con parada de reflujo |
| | 16 Conexión de manguera de aspiración prefiltro |

Datos técnicos

Bomba de JardínPGPS 1100 B1

Conexión de red 230 V~, 50 Hz

Consumo de potencia 1100 W

Altura máx. de aspiración 7 m

Cantidad máx. de elevación 4600 l/h*

Altura máx. de elevación (H max) 45 m

Temperatura máx. del agua (T max) 35 °C

Conexión de manguera 1" (30,3 mm)

Clase de protección I

Tipo de protección IPX4

Nivel de presión acústica

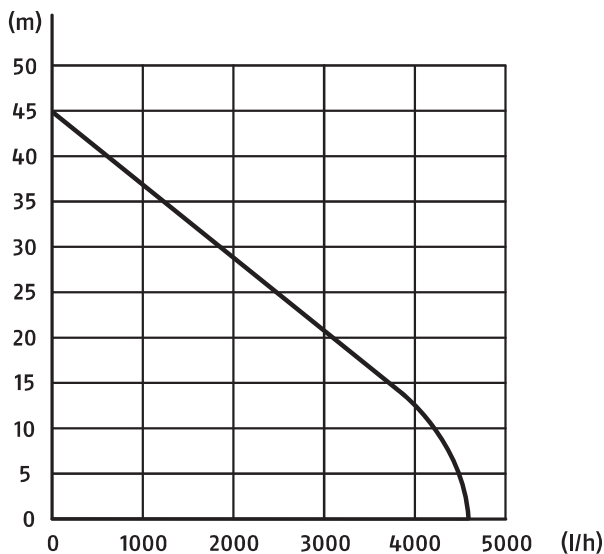
(L_{pA}) 68,5 dB; K_{pA} = 3 dB

Nivel de potencia acústica (L_{WA})

medido 80,6 dB; K_{WA} = 4,67 dB

garantizado 85 dB

* Con la manguera de aspiración (14) suministrada no se puede alcanzar el caudal máximo de la bomba de jardín.





i Las mangueras de aspiración más estrechas pueden reducir la potencia.


Instrucciones de seguridad

Esta sección trata de las normas de seguridad básicas cuando se trabaja con este aparato.

Símbolos en el aparato

 ¡Atención! No utilizar para aguas con alto contenido de arena!

 Antes de comenzar con el trabajo familiarícese con todos los elementos de mando, en particular, con las funciones y los modos de operar. Si es necesario, pregunte a un experto. Lea y observe el manual de instrucciones del aparato.

 ¡Atención! Desconecte inmediatamente el enchufe de la red de corriente en caso que el cable esté dañado o cortado.



Atención: ¡Evitar marcha en seco de la bomba! ¡Peligro de sobrecalentamiento!



Indicación del nivel de la potencia acústica L_{WA} en dB



Entrada de agua



Salida de agua



Máquinas no deben ir a la basura doméstica. Entregue su aparato a un centro de reciclaje.

Símbolos en las instrucciones



Símbolos de riesgo con indicaciones para prevención de daños personales y materiales.



Símbolo de peligro con indicaciones para evitar daños personales por descarga eléctrica.



Señal prescriptiva con indicaciones para la prevención de accidentes y daños.



Retirar la clavija de alimentación.



El aparato no está previsto para ser conectado a la instalación de abastecimiento de agua potable.



Señal de indicación con información para un mejor manejo del equipo.

Indicaciones generales de seguridad

Este aparato puede ser utilizado por niños a partir de los 8 años de edad, así como por personas con capacidades físicas, sensoriales o mentales reducidas o falta de experiencia y conocimientos, si son vigilados o fueron instruidos con respecto al uso seguro del aparato y comprenden los peligros resultantes de ello. Los niños no deben jugar con el aparato. La limpieza y el mantenimiento de usuario no deben ser efectuados por niños sin vigilancia.

Trabajos con el aparato:



Precaución: Así evitará accidentes y daños físicos:

- Las personas que no estén familiarizadas con estas instrucciones de servicio, no deben utilizar el aparato. Las regulaciones localmente vigentes pueden prescribir una edad mínima para la persona que utiliza este equipo.
 - Lleve calzado resistente para protegerse ante las descargas eléctricas.
 - Si hay personas dentro del agua, el aparato no podrá ponerse en funcionamiento.
 - Tomar las medidas necesarias para evitar que los niños se acerquen al aparato en marcha. Existe peligro de lesionarse.
 - No utilice el aparato en las proximidades de líquidos o gases inflamables. Si no se tiene en cuenta este aviso, existe peligro de incendio y de explosión.
- No está permitido transportar líquidos agresivos, abrasivos/ con efecto de lija (p.ej. agua arenosa), corrosivos, inflamables (p.ej. combustibles de motores) o explosivos, de agua salada, detergentes y alimentos. La temperatura del líquido transportado no debe superar los 35 °C. La inobservancia puede provocar daños en el aparato y ser un peligro para el usuario.
 - Guardar el aparato en lugar seco, fuera del alcance de los niños.



Precaución: Así puede evitar daños en el aparato y daños personales que podrían resultar de ello:

- No trabaje con el aparato dañado, incompleto o cuando el fabricante no haya dado su visto bueno para remodelarlo. Antes de la puesta en marcha, haga que un técnico compruebe si se dan las medidas de protección eléctricas necesarias.
- No lleve ni fije el aparato al cable ni a la línea de presión.
- Proteja el aparato de las heladas y de la marcha en seco.
- Utilizar solamente accesorios originales y no realice remodelaciones en el aparato.
- Leer las instrucciones del manual de servicio, relativas al tema "Limpieza / antenimiento" y „Almacenamiento". Todas las medidas que vayan más allá de ello, especialmente la abertura del aparato, deberán ser rea-

lizadas por un técnico electricista. En caso de reparaciones, diríjase siempre a nuestro centro de asistencia.

Seguridad eléctrica:



Precaución: Así evitará accidentes y daños debidos a una descarga eléctrica.

- Al funcionar el aparato, después de colocarlo, debe quedar libremente accesible el enchufe de corriente.
- Antes de poner en marcha la nueva bomba, hacer que un técnico compruebe lo siguiente:
 - La toma de tierra, la puesta a cero, el circuito protector contra corriente de falla debe cumplir las normas de seguridad de las compañías eléctricas y funcionar perfectamente.
 - La protección de las uniones enchufables eléctricas contra la humedad.
 - En caso de que exista riesgo de inundaciones, deben colocarse las uniones enchufables en una zona a prueba de inundaciones.
- Procure que la tensión de la corriente coincida con las indicaciones del rótulo de características.
- Conectar el aparato sólo a cajas de empalme que tengan un sistema protector contra corrientes de falla RCD (Residual Current Device) con una intensidad de corriente evaluable no mayor de 30 mA (fusible, como mínimo 10 amperios).
- Antes de utilizar el aparato, comprobar el cable y el enchufe por si estuviesen dañados. No deben repararse cables defectuosos, sino que tienen que cambiarse por unos de nuevos. Deje que un experto autorizado repare los daños en su bomba de inmersión.
- Si se dañase la línea conectora de este aparato, deberá ser reemplazada por el fabricante, su servicio técnico o por una persona similarmente cualificada para evitar cualquier peligro.
- No utilizar el cable para sacar el enchufe de la caja de empalme. Proteja el cable del calor, el aceite y los bordes afilados.
- No lleve ni fije el aparato por el cable.
- Utilizar solamente cables de alargo que estén protegidos contra salpicaduras de agua y autorizados para exterior. Desenrolle siempre completamente el tambor del cable antes de utilizarlo. Compruebe que el cable no esté deteriorado.
- Desenchufe el conector de red del tomacorriente antes de iniciar cualquier trabajo en la bomba, en caso de fugas en el sistema de agua, durante pausas de trabajo y si no la utiliza.
- Las líneas conectoras de corriente no deben tener una sección transversal menor que las líneas de goma de la denominación H07RN8-F. La línea debe tener una longitud de 10 m. La sección transversal del cordón conductor del cable de extensión debe ser de un mínimo de 2,5 mm².

Puesta en marcha

Montar asa de transporte

- A** Fije el asa de transporte (7) con los tornillos de fijación (8).

Montaje

- Coloque el aparato sobre una base resistente, horizontal y que no pueda inundarse.
- Si quiere instalar el aparato en un lugar fijo, atorníllelo a la base. Al fijarlo también con una placa de fijación se evita que el aparato pueda deslizarse. Procure mantener un espacio para acceder al tornillo de salida (10).
- Coloque el aparato siempre más elevado que la superficie del agua desde la que va a bombear. Si no fuese posible, instale una unidad de bloqueo entre el aparato y la manguera de aspiración (disponible en tiendas especializadas o tiendas de bricolaje).

Conexión eléctrica

La bomba que usted ha adquirido ya está provista con un enchufe con contacto protector. El aparato está previsto para la conexión a una toma de corriente de contacto protector con dispositivo de protección de corriente de defecto (interruptor FI) con 230 V~ / 50 Hz.

Conexión de la tubería

- i**
- En el lado de aspiración ponga una manguera con parada de reflujo y monte un prefiltro.
 - Del lado de aspiración no utilice sistemas de conexión con empalmes rápidos.

- No utilice la manguera de aspiración como tubo de presión.

- B** 1. Retire las tapas abatibles (1) y (3) del aparato
- C** 2. Si no está ya premontado, atornille el prefiltro con parada de reflujo (15) con la conexión del prefiltro (16) a la manguera de aspiración (14). Todas las piezas están marcadas con un **(B)**.
- D** 3. Primero atornille el adaptador (11) a la entrada de agua (2) del aparato. Las dos piezas están marcadas con un **(A)**.
4. Después atornille la manguera de aspiración de entrada de agua (13) con el anillo obturador (12) del adaptador (11). Las dos piezas están marcadas con un **(A)**. Atorníllelo para que esté hermético.
5. Monte un tubo de presión al manguito de la salida de agua (4) del aparato. Atorníllelo para que esté hermético.



Si hay aire en el tubo de aspiración la función de la bomba de jardín no está garantizada.


Llenar bomba de jardín


La bomba de jardín siempre hay que llenarla con agua antes de ponerla en funcionamiento. Atención: ¡Evitar marcha en seco de la bomba! ¡Peligro de sobrecalentamiento! ¡Las bombas sobrecalentadas no se pueden tocar! ¡Existe peligro de quemadura! Cuando encienda la bomba, procure que la bomba y la manguera de aspiración estén completamente llenas de agua para evitar que marche en seco. La marcha en seco daña el aparato.

1. Abra el tornillo del orificio de llenado (9) del aparato.
2. Llene agua hasta el punto de llenado y vuelva a cerrar el tornillo del orificio de llenado (9).

Examen ante Puesta en marcha


- Asegúrese que la conexión eléctrica sea de 230 V~ / 50 Hz.
- Controle el estado correcto de la caja de enchufe eléctrica (por lo menos, 10A).
- Asegúrese que la conexión a la red de corriente no pueda llegar a tener contacto con humedad o agua. Existe peligro de electrocución.
- Revise el tubo de aspiración. El extremo de aspiración del tubo de aspiración ha de estar en el agua.
- Revise el tubo de presión. El extremo de salida del tubo de presión ya debería estar en posición de riego.

 El aparato no está previsto para ser conectado a la instalación de abastecimiento de agua potable.

 Con la manguera de aspiración (A 14) suministrada no se puede alcanzar el caudal máximo de la bomba de jardín.


Encender / apagar


1. Conecte el cable de conexión eléctrica (6) a la corriente.
2. **Encender:** Interruptor de encendido/apagado (5) en posición «I». Tras un tiempo de aspiración, la bomba empieza a impulsar.
3. **Apagar:** Interruptor de encendido/apagado (5) en posición «0».


 **rotección de sobrecarga:** Si el aparato está sometido a un esfuerzo excesivo se apaga automáticamente. Para volver a arrancarlo espere a que el aparato se enfríe y vuelva a encenderlo.

Limpieza / antenimiento

Limpie y cuide el aparato de forma periódica. De esta forma se asegura su plena potencia y una larga vida útil.

 Deje que nuestro centro de asistencia realice los trabajos que no se describan en estas instrucciones de servicio. Utilice solamente piezas originales.

 Antes de iniciar los trabajos de mantenimiento debe retirarse el enchufe de la red de corriente. Existe peligro de electrocución o de lesiones por componentes en movimiento.

 **No rociar el aparato con agua, ni limpiarlo bajo un chorro de agua, ya que existe peligro de recibir una descarga eléctrica, pudiéndose además deteriorar el aparato.**

Trabajos generales de limpieza

- Mantenga limpias las aletas de ventilación del motor y la carcasa. Para ello utilice un trapo húmedo o un cepillo. No utilice detergentes o disolventes.
- Retire las pelusas y las partículas fibrosas que se han adherido a la carcasa de la bomba enjuagándola con agua.
- Si se produjese alguna obstrucción, retire el tubo de aspiración y de presión. Purgue el cuerpo extraño con agua.

Cualquier otra medida, sobre todo el abrir la bomba de jardín, ha de ser realizada por un electricista especializado. En caso de reparación diríjase siempre a nuestro servicio de atención al cliente.

Vaciar bomba de jardín

Si existe peligro de heladas y si no se va a utilizar durante mucho tiempo (p.ej. durante el invierno) la bomba de jardín deberá vaciarse completamente.

1. Abra el tornillo de salida (10) y vacíe el agua del aparato.
2. Enjuague el aparato con agua limpia.

Almacenamiento

- Guardar el aparato limpiado en lugar seco y fuera del alcance de los niños.
- Antes de almacenarlo durante mucho tiempo (p.ej. invierno) vacíe la bomba (ver «Vaciar bomba de jardín»).

Porque de lo contrario, los sedimentos y los restos podrían provocar dificultades al arrancarlo.

Eliminación y protección del medio ambiente

El equipo, sus accesorios y el material de embalaje deben reciclarse en forma compatible con el medio ambiente.



Los aparatos eléctricos no han de tirarse a la basura doméstica, utilice los puntos de recogida correspondientes. Pregunte en el ayuntamiento los sistemas de eliminación de los que se dispone. Cuando los aparatos eléctricos se desechan en vertederos o depósitos de residuos pueden filtrarse a las aguas subterráneas sustancias peligrosas y acceder a la cadena alimenticia. Las consecuencias podrían ser daños para la salud. Los aparatos defectuosos que nos envíe, se los evacuaremos de forma gratuita.

Piezas de repuesto / Accesorios

Encontrará las piezas de repuesto y accesorios en www.grizzlytools.shop

Si tiene problemas con el proceso de pedido, utilice el formulario de contacto.

Si tiene más preguntas, póngase en contacto con el «Service-Center» (ver página 98).

Part. Instrucciones de funcionamiento	Part. Despiece	Denominación	Nº artículo
9/10	1,2	Tornillo para orificio de llenado / Tornillo de salida + Obturación	91100940
11-16	63	Juego de manguera de aspiración	91100965
15		Prefiltro	91102260
	44	Rueda del ventilador	91100944
	4,7,13,17,21,40	Sellos conjunto	91100945

Garantía

Estimada clienta, estimado cliente:

Por este aparato se le concede una garantía de 3 años a partir de la fecha de compra.

En caso de defectos de este producto, le corresponden derechos legales contra el vendedor del producto. Estos derechos no serán limitados por la garantía expuesta a continuación.

Condiciones de garantía

El plazo de garantía empieza con la fecha de compra. Por favor, conserve bien el resguardo de caja original. Este documento se necesitará como prueba de la compra. Si dentro del plazo de tres años después de la fecha de compra del aparato se detecta un defecto de material o fabricación, según nuestra elección, el producto será reparado o sustituido gratuitamente. Esta prestación de garantía presupone entregar el aparato defectuoso y el comprobante de compra (resguardo de caja) dentro del plazo de los tres años, describiendo brevemente por escrito en qué consiste el defecto y cuándo se detectó. Si el defecto está cubierto por nuestra garantía, le devolveremos el aparato reparado o uno nuevo. Con la reparación o la sustitución del producto no se inicia un nuevo período de garantía.

Período de garantía y exigencias legales en caso de defectos

El período de garantía no será prolongado por la prestación de garantía. Esto se aplica igualmente a las partes sustituidas y reparadas. Daños y defectos ya existentes eventualmente al comprar el aparato, tienen que ser notificados inmediatamente después de haberlo desempacado. Las reparaciones a efectuar al cabo del período de garantía están sujetas a pago.

Volumen de la garantía

El aparato fue producido cuidadosamente según las directivas estrictas de la calidad y examinado concienzudamente antes de la entrega.

La prestación de garantía tiene validez para defectos de material o fabricación. Esta garantía no se extiende a partes del producto que están sometidas a un desgaste natural y, por lo tanto, pueden ser consideradas como piezas de desgaste (p. ej. manguera de succión, prefiltro o rueda del ventilador), o a daños en partes frágiles (p. ej. interruptores).

Esta garantía caduca si el producto fue dañado, utilizado impropriamente o no sometido a mantenimiento. Para un uso apropiado del producto, se han de cumplir exactamente todas las indicaciones contenidas en las instrucciones de manejo. Se tienen que evitar absolutamente fines de aplicación y manejos, de los cuales desaconsejan o advierten las instrucciones de servicio.

El producto está previsto solamente para el uso privado y no comercial. La garantía caducará en el caso de un tratamiento abusivo e impropio, uso de la fuerza o manipulaciones que no fueron efectuadas por una filial de servicio autorizada.

Gestión en caso de garantía

Para garantizar una gestión rápida de su reclamación, le rogamos seguir las siguientes indicaciones:

- Para todas las consultas, tenga preparado por favor el resguardo de caja y el número de artículo (IAN 497237_2204) como prueba de la compra.
- Por favor, saque el número de artículo de la placa de características, un grabado, en la portada de sus instrucciones (parte inferior izquierda) o etique-

- ta en la parte posterior o inferior.
- Si surgen fallas en el funcionamiento o cualquier defecto, contacte primeramente a la sección de servicio indicada a continuación por **teléfono** o vía **E-Mail**. Se le darán otras informaciones acerca de la gestión de su reclamación.
 - Tras consultar con nuestro servicio de postventa, un aparato identificado como defectuoso puede ser enviado libre de franqueo a la dirección de servicio ya conocida por usted, adjuntando el comprobante de compra (resguardo de caja) e indicando en qué consiste el defecto y cuándo surgió. Para evitar problemas de recepción y costes adicionales, utilice de todas maneras sólo la dirección que se le comunicará. Asegúrese de que el envío no se efectúe sin franqueo, como mercancía voluminosa, exprés u otro tipo de transporte especial. Envíe por favor el aparato incluyendo todos los accesorios entregados con la compra y garantice un embalaje de transporte lo suficientemente seguro.

Servicio de reparación

Reparaciones **que no están cubiertas por la garantía**, las puede dejar efectuar por nuestra filial de servicio por cuenta suya. Ésta le elaborará gustosamente un presupuesto. Sólo atenderemos aparatos que hayan sido enviados en un embalaje suficiente y franqueados.

Atención: Por favor, envíe el aparato limpio, señalando el defecto a nuestra filial de servicio.

No aceptaremos aparatos que hayan sido enviados sin franqueo, como mercancía voluminosa, exprés o cualquier tipo de transporte especial.

Nos encargamos gratuitamente de la eliminación de sus aparatos defectuosos enviados.

Service-Center



Servicio España

Tel.: 900 984 989

E-Mail: grizzly@lidl.es

IAN 497237_2204

Importador

Por favor, observe que la siguiente dirección no es una dirección de servicio. Contacte primeramente al centro de servicio mencionado arriba.

Grizzly Tools GmbH & Co. KG

Stockstädter Straße 20

63762 Großostheim

Alemania

www.grizzlytools.de

ES

Traducción de la Declaración de conformidad CE original

Mediante la presente declaramos que

**Bomba de jardín
de la serie PGPS 1100 B1**

Número de serie 000001 - 115000

corresponde a las siguientes Directivas de la UE corrientes en su respectiva versión vigente:

2006/42/EC • 2014/30/EU • 2000/14/EC • 2011/65/EU* & (EU) 2015/863

Para garantizar la conformidad, se aplicaron las siguientes normas armonizadas, así como las normas y regulaciones nacionales:

**EN 60335-1:2012+A11+A13+A1+A14+A2+A15 • EN 60335-2-41:2003+A1+A2
EN 62233:2008 • EN 12100:2010
EN IEC 55014-1:2021 • EN IEC 55014-2:2021
EN IEC 61000-3-2:2019+A1 • EN 61000-3-3:2013+A1+A2 • EN IEC 63000:2018**

Además, se confirma, en conformidad con la Directriz de emisión de ruidos 2000/14/EC: Nivel de potencia acústica:

garantizado: 85 dB

medido 80,6 dB

Procedimiento de evaluación de conformidad aplicado según indicación en anexo V / 2000/14/EC

El fabricante es el único responsable de expedir esta Declaración de Conformidad :

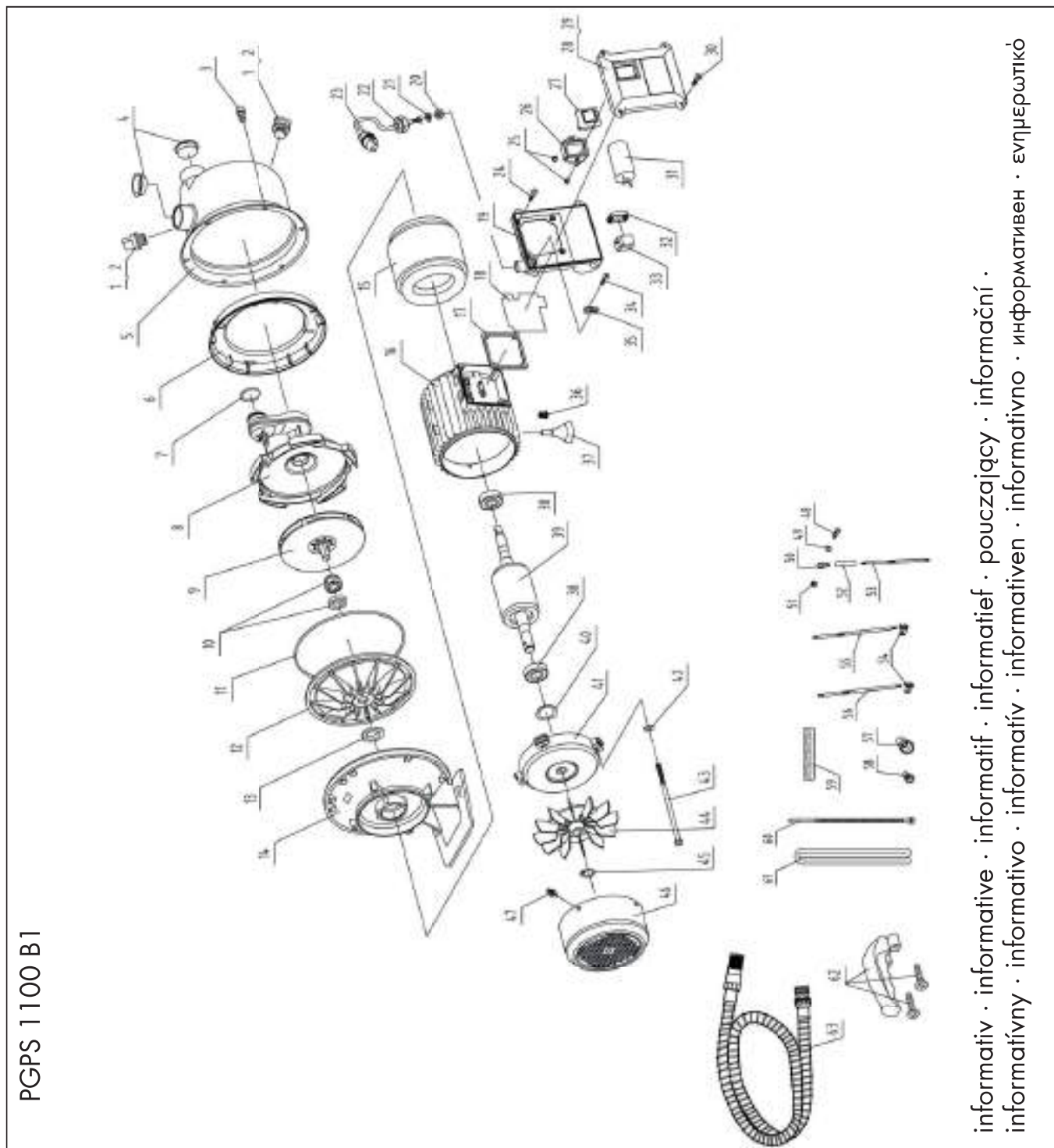


Grizzly Tools GmbH & Co. KG
Stockstädter Straße 20
63762 Großostheim, GERMANY
15.09.2022

Christian Frank
Apoderado de documentación

** El objeto de la declaración arriba descrito cumple con las directrices de la Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de junio de 2011 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.*

**Explosionszeichnung • Exploded Drawing • Vue éclatée
 Explosietekening • Rysunki eksplozyjne
 Rozvinuté náčrtky • Výkres náhradných dielov
 Eksplosionstegning • Plano de explosión
 Vista esplosa • Robbantott ábra
 Eksplozijska risba • Eksplozivni crtež
 Schemă de explozie • Технически чертеж
 Επί μέρους σχεδιαγράμματα**



PGPS 1100 B1

informativ • informative • informatif • informatief • pouczajacy • informační •
 informativny • informativo • informativ • informativen • informativo • информативно • ενημερωτικό

ANEXO II

Ficha técnica EU – 6441L



Las cajas plásticas de medidas europeas 600 x 400 mm están fabricadas en polipropileno (excepto los modelos EU-6405L y EU-6409L fabricadas en polietileno). Se caracterizan por un diseño robusto, que garantiza un uso totalmente seguro, principalmente en el transporte y almacenaje industrial. Las medidas de base normalizadas garantizan el máximo aprovechamiento de espacio durante su colocación en palés y optimizan el coste de transporte. Disponibles en 7 alturas diferentes interapilables.

El conjunto de tapa con bisagras y clips de cierre, convierten la caja en un contenedor idóneo para el transporte seguro de todo tipo de mercancías.



➤ Accesorios Eurobox, desde página 024.

➤ Bases con ruedas Eurobox, desde página 071.

CAJAS



Tapa con 2 bisagras y 2 clips de cierre.

Superficie especial punteada para etiquetas adhesivas.

Asas abiertas o cerradas (según modelo).

Base y fondo lisos.

CAJAS PLÁSTICAS DE ALMACENAJE NORMA EUROPA EUROBOX 600 x 400 mm

Referencia	Altura (mm)	Medidas int. (L x A x H mm)	Volumen (L)	Peso (Kg)	Asas
EU-6405L (polietileno) (Carga: 7 Kg)	64	568 x 368 x 54	12	0,84	Cerradas
EU-6409L (polietileno) (Carga: 10 Kg)	95	560 x 358 x 90	18	1,45	
EU-6412L	120	550 x 350 x 115	21	1,32	
EU-6417L	175	550 x 350 x 170	32	1,60	
EU-6423L (en color gris y rojo)	235	550 x 350 x 230	45	1,87	
EU-6432L	320	550 x 350 x 315	61	2,58	Abiertas
EU-6441L	410	550 x 350 x 405	79	3,35	
EU-6441L CV (ventana en 1 lado corto)	410	550 x 350 x 405 ventana (L x H mm) 288 x 150	79	3,35	

TAPAS

Referencia / Descr.	Medidas (L x A mm)	Color	Peso (Kg)
PO-64T Tapa encajable para las ref. EU-6405L y EU-6409L.	600 x 400	Azul	0,78
EU-64T BC Tapa con 2 bisagras y 2 clips de cierre de seguridad incluidos. No apta para EU-6405L y EU-6409L.	600 x 400	Gris Rojo	0,88
EU-BC RO Pack indivisible: 2 clips de cierre y 2 bisagras.		Rojo	



PO-64T AZ



EU-64T BC GR



EU-64T BC RO

ANEXO III

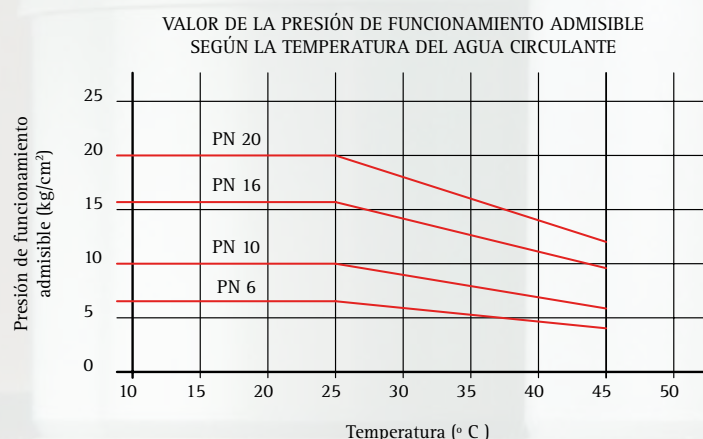
Ficha técnica tubos PVC

TUYPER

5. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

Las tuberías de PVC se caracterizan por su:

- **FACILIDAD DE MONTAJE:** gran facilidad y menor coste de manipulación, almacenaje e instalación gracias a la ligereza de los tubos. Excavación y anchura de zanja más reducida: no se necesitan espacios adicionales para el montaje. El sistema de unión no requiere la utilización de mano de obra especializada.
- **RESISTENCIA QUÍMICA:** permanecen inalterables a las sustancias químicas contenidas en el agua y en el suelo, por lo que son inertes a la corrosión.
- **RESISTENCIA A LA ABRASIÓN:** gracias a su gran lisura interior (baja rugosidad), no se ven afectadas por la acción de las partículas sólidas contenidas en los fluidos transportados, prolongándose así su vida útil.
- **RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO:** el módulo de elasticidad del PVC es una gran ventaja en aplicaciones enterradas, especialmente cuando se prevén movimientos o vibraciones del terreno. En las aplicaciones con presión reduce el impacto del golpe de ariete.
- **ECONOMÍA DE DISEÑO:** su gran lisura interior permite maximizar la velocidad del flujo transportado con la consecuente utilización de pendientes muy pequeñas y reducción de los gastos de la excavación.
- **ATOXICIDAD:** no alteran el sabor ni el color del agua, haciéndolas apropiadas para el transporte de agua potable.
- **IMPERMEABILIZACIÓN:** las tuberías no absorben agua.
- **ESTANQUEIDAD DE LAS UNIONES:** facilidad de montaje y puesta en servicio inmediata.
- **AISLAMIENTO ELÉCTRICO Y TÉRMICO:** no son conductoras eléctricas ni térmicas. Resistencia a las corrientes erráticas, telúricas y galvánicas.
- **MAYOR DURABILIDAD:** el PVC es un material inatacable por roedores y termitas, con una vida útil mínima de 50 años.
- **BAJO IMPACTO MEDIOAMBIENTAL:** materia prima obtenida con una alta eficiencia energética, proceso de fabricación exento de sustancias y gases contaminantes, y tuberías eficientes en el transporte y reciclables al final de su vida útil.



Presión Nominal (PN): Es la presión hidrostática admisible para el transporte de agua a 20°C durante 50 años.

Presión de funcionamiento admisible (PFA): Es la máxima presión hidrostática que un componente puede soportar en utilización continua (sin sobrepresión). Este valor es el que se debe emplear en los cálculos.

La presión de funcionamiento admisible (PFA) se calcula a partir de la presión nominal (PN) aplicando un coeficiente corrector experimental, que aparece recogido en la norma UNE EN ISO 1452, anexo A.



CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

EXIGENCIAS EN ENSAYOS		VALORES	MÉTODO DE ENSAYO
Densidad		1.350 - 1.460 kg/cm ³	UNE EN ISO 1183-1
Opacidad		≤ 0,2 %	UNE EN ISO 7686-1
Características Químicas (V.C.M)		≤ 1 ppm	UNE EN ISO 6401
Resistencia al impacto a 0°C		T.I.R. ≤ 10 %	UNE EN 744
Temperatura de reblandecimiento VICAT		≥ 80 °C	ISO 2507-1
Retracción longitudinal en caliente		< 5 %	UNE EN ISO 2505
Tracción uniaxial		Esfuerzo máx. ≥ 45 MPa Alarg. a rotura ≥ 80 %	ISO 6259-1 ISO 6259-2
Esfuerzo circunferencial (ensayo de presión interna)	42 MPa (1 hora a 20°C)	Sin fallo	UNE EN ISO 1167
	12,5 MPa (1.000 horas a 60°C)		
Resistencia a corto plazo para los tipos de embocadura de tubos integrados		Sin fallo	UNE EN ISO 1167
Estanquidad a presión hidrostática interna a corto plazo		Sin fallo	UNE EN ISO 13845
Estanquidad a presión negativa de aire a corto plazo		Sin fallo	UNE EN ISO 13844
Estanquidad a presión hidrostática interna a largo plazo		Sin fallo	UNE EN ISO 13846

OTRAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

OTRAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Valor	MÉTODO DE ENSAYO
Módulo de elasticidad	≥ 3.000 MPa	UNE EN ISO 1183-1
Coefficiente medio de dilatación térmica lineal	0,08 mm/m°C	UNE EN ISO 7686-1
Conductividad térmica	0,16 W/m°C	UNE EN ISO 6401
Resistencia eléctrica superficial	≥ 10 ¹² Ω	UNE EN 744
Presión de ensayo admisible en zanja a 25°C (PEA)	1,5 x PFA	UNE EN 727



6. PROGRAMA DE

6.1. TUBERÍAS

La gama de tuberías de PVC presión de TUYPER GRUPO permite completar un sistema diseñado para solucionar todas las necesidades de instalación.

6.1.1. TUBERÍAS CON JUNTA PARA ENCOLAR



Para otros diámetros y presiones por favor consultar.
Puede descargarse todos los certificados de TUYPER GRUPO en su página web:
www.tuypergrupo.com

ENCOLAR (UNE EN ISO 1452)

PN (Bar)

Diámetro nominal (mm)	Espesor (mm)						
	6	7,5	8	10	12,5	16	20
20						1,5	1,9
25					1,5	1,9	2,3
32			1,5	1,6	1,9	2,4	2,9
40	1,5		1,6	1,9	2,4	3,0	3,7
50	1,6		2,0	2,4	3,0	3,7	4,6
63	2,0		2,5	3,0	3,8	4,7	5,8
75	2,3		2,9	3,6	4,5	5,6	6,8
90	2,8		3,5	4,3	5,4	6,7	8,2
110	2,7	3,2	3,4	4,2	5,3	6,6	8,1
125	3,1	3,7	3,9	4,8	6,0	7,4	9,2
140	3,5	4,1	4,3	5,4	6,7	8,3	10,3
160	4,0	4,7	4,9	6,2	7,7	9,5	11,8
180	4,4	5,3	5,5	6,9	8,6	10,7	13,3
200	4,9	5,9	6,2	7,7	9,6	11,9	14,7
225	5,5	6,6	6,9	8,6	10,8	13,4	16,6
250	6,2	7,3	7,7	9,6	11,9	14,8	18,4
280	6,9	8,2	8,6	10,7	13,4	16,6	20,6
315	7,7	9,2	9,7	12,1	15,0	18,7	23,2
355	8,7	10,4	10,9	13,6	16,9	21,1	26,1
400	9,8	11,7	12,3	15,3	19,1	23,7	29,4
500	12,3	14,6	15,3	19,1	23,9	29,7	36,8



6.2. UNIONES

6.2.1. UNIÓN ENCOLADA

Fig. 1.

Marcar la longitud a introducir en la boca del tubo contiguo.

Fig. 2.

Limpiar las superficies de contacto de cualquier resto de suciedad con líquido limpiador.

Fig. 3-4.

Aplicar adhesivo en la parte hembra del tubo desde dentro hacia fuera, con cuidado de no excederse en la cantidad. En la parte macho también se debe aplicar adhesivo en sentido longitudinal.

Fig. 5.

Alinear los tubos y ensamblarlos sin girar, limpiando el adhesivo sobrante.



8. MANIPULACIÓN, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

MANIPULACIÓN

- Las tuberías y sus accesorios se manipularán con el suficiente cuidado como para evitar golpes, rasgaduras y arañazos (roces con el suelo, con superficies abrasivas o golpes violentos que puedan dañar al producto).
- Es conveniente que las maniobras de manipulación se realicen con útiles o piezas especiales que no dañen ni deformen las bocas o ranuras del tubo.
- En situaciones de temperaturas extremadamente frías, se deben tomar las precauciones necesarias para evitar golpes que puedan afectar a la tubería.

TRANSPORTE

- El transporte se realizará en vehículos provistos de un plano horizontal, con superficie lisa y exenta de elementos punzantes que puedan dañar las tuberías.
- Se debe evitar que las tuberías sobresalgan de la plataforma del vehículo, evitando que el extremo del tubo vuele más de 40 cm.
- Durante el transporte no se colocarán cargas pesadas encima del tubo, ya que se pueden producir deformaciones alterando su forma circular, especialmente en las bocas.

ALMACENAMIENTO

- El acopio de palets es conveniente realizarlo en lugar firme y plano, para lo cual se aconseja la utilización de cuñas de madera si el tubo está fuera del marco de madera. No es aconsejable acopiar más de tres alturas de palets.
- El lugar destinado al almacenamiento debe estar suficientemente nivelado y enrasado.
- El apilado de las tuberías con embocadura debe realizarse alternando las bocas de forma que el apoyo entre los tubos se realice a lo largo del mismo.
- En el supuesto de que se almacenen tubos de distinto diámetro, es conveniente que los tubos de mayor diámetro, es decir, los más pesados, estén en la parte más baja.
- Es aconsejable que los tubos no estén expuestos a la radiación solar durante largos períodos de almacenamiento. Cuando se prevean almacenamientos prolongados y en zonas de alta radiación solar, se recomienda proteger las tuberías de PVC, de forma que se permita la libre circulación del aire.
- Los accesorios deben permanecer en sus embalajes hasta su empleo.
- Los tubos no deben estar almacenados en lugares próximos a fuentes de calor ni a materiales combustibles, tales como pinturas, disolventes o adhesivos.



9.2. MÉTODO DE PRUEBA DE PRESIÓN

A medida que avance el montaje de la tubería se deberán realizar pruebas parciales de presión interna por tramos. La longitud de los tramos y la metodología a seguir será la fijada por el proyecto o la Dirección de Obra. Los métodos más habituales son:

- Pliego de Tuberías de Abastecimiento del MOPU de 1974.
- Norma UNE EN ISO 1452-6
- Norma UNE EN 805

9.2.1 MÉTODO DE PRUEBA DE PERDIDA O CAÍDA DE PRESIÓN SEGÚN PLIEGO DE TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO DEL MOPU DE 1974:

- Todos los accesorios deben estar instalados en su posición definitiva y la tubería convenientemente anclada en todos los cambios de posición y puntos fijos. La zanja debe estar parcialmente rellena, dejando las uniones descubiertas.
- Se procederá a pruebas parciales de presión en tramos de longitud aproximada de 500 m. La diferencia de presión entre el punto más alto y el más bajo del tramo será inferior al 10% de la presión de prueba.
- El llenado de la tubería con agua se hará lentamente (velocidad inferior a 0,5 m/s) por el punto más bajo del tramo, dejando abiertos todos los elementos que permiten la salida del aire, para irlos cerrando de abajo a arriba una vez comprobada la inexistencia de aire. En el punto más alto se colocará un grifo de purga para facilitar la expulsión de aire y que todo el tramo se encuentre lleno.
- El equipo de presión se colocará en el punto más bajo del tramo de prueba. La presión se hará subir lentamente, de forma que el incremento no sea superior a 1 Kg/cm² por minuto.
- La presión de prueba en el punto más bajo del tramo será, como máximo, 1,4 veces la presión máxima de trabajo (suma de la máxima presión de servicio más la sobrepresión, incluido el golpe de ariete, siempre inferior a la presión nominal de la tubería).
- Una vez alcanzada la presión se mantiene durante 30 min. La prueba se considera satisfactoria si el manómetro no acusa un descenso superior a $\sqrt{P/5}$, siendo P = presión de prueba en Kg/cm².

9.2.2 MÉTODO DE PRUEBA DE PRESIÓN SEGÚN NORMA UNE EN ISO 1452-6

En este método, a diferencia del anterior, se recomienda a mayores dejar la canalización bajo una presión nominal o de servicio durante un periodo mínimo de 2 o 3 horas para su estabilización antes de la prueba de presión. Esto es debido a que durante el proceso de llenado y puesta en presión pueden producirse pequeños movimientos entre los puntos de anclaje debido al peso adicional del tubo al estar lleno, cambios dimensionales mínimos, la tendencia de la canalización a enderezarse bajo presión, etc. El método completo se describe en el Apartado 11 de la norma UNE EN ISO 1452-6.

9.2.3 MÉTODO DE PRUEBA DE PRESIÓN SEGÚN NORMA UNE EN 805

La prueba, que es única, consta, en general, de tres fases:

1. Prueba preliminar.
2. Prueba de purga.
3. Prueba principal de presión.

La inclusión de una etapa preliminar tiene por objeto que la tubería se estabilice, alcanzando un estado similar al de servicio, a fin de que durante la posterior etapa principal los fenómenos de adaptación de la tubería, propios de una primera puesta en carga, no sean significativos en los resultados de la prueba, como por ejemplo:

- Movimientos de recolocación en uniones, accesorios, anclajes, válvulas y demás elementos.
- Permitir el incremento de volumen en los tubos debido a la presión.

La prueba de purga permite la estimación de aire remanente en la conducción. La presencia de aire induce datos erróneos que podrían indicar fuga aparente u ocultar pequeñas fugas.

La prueba principal de presión se puede realizar por dos métodos. En ambos casos se incrementa la presión regularmente hasta la presión de prueba de la red (STP) y se mantiene durante 1 hora:

- a) Método de pérdida de agua.
- b) Método de caída de presión.

El método completo se describe en el Apartado 11.3 de la norma UNE EN 805.



ANEXO IV

Ficha técnica hidrotubo

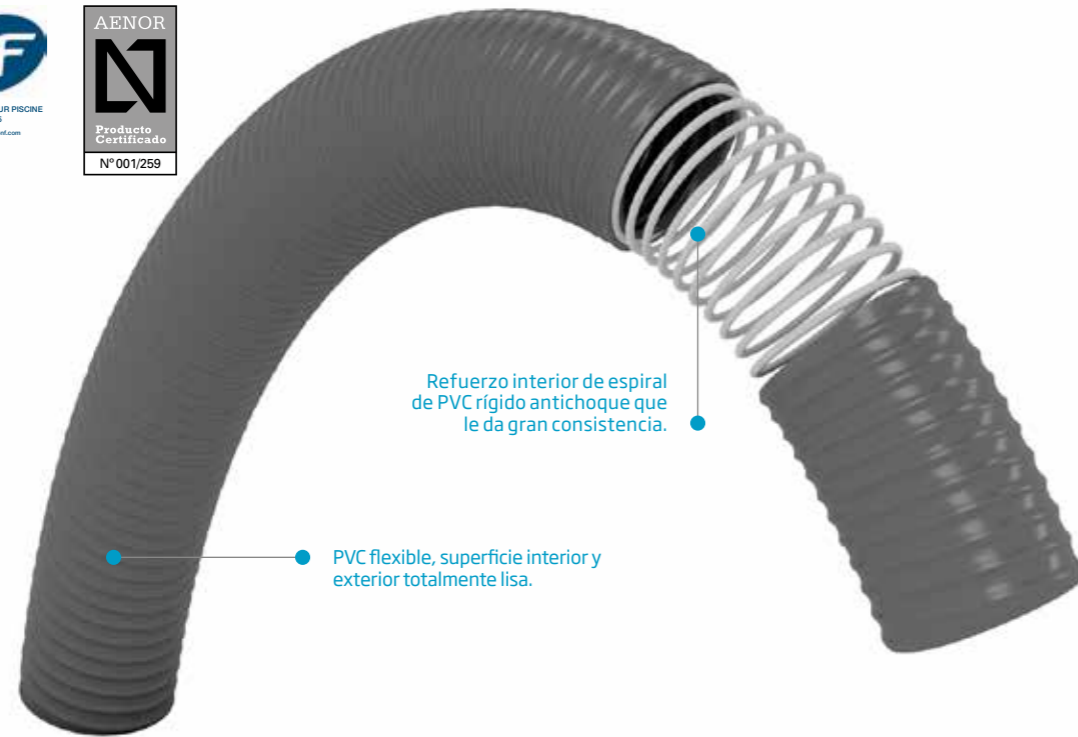
ESPIROFLEX

Hidrotubo®

Tubería de PVC flexible reforzada con espiral de PVC rígido antichoque, fabricada según la norma UNE EN ISO 3994.

Aplicaciones

- ▶ Evacuaciones, conducciones hidrosanitarias, circuitos de depuración de piscinas, bañeras de hidromasaje, desagües, condensación e instalaciones de aire acondicionado.



Refuerzo interior de espiral de PVC rígido antichoque que le da gran consistencia.

PVC flexible, superficie interior y exterior totalmente lisa.

Características

- De uso industrial, sanitario y especial para piscinas.
- Superficie interior y exterior lisa. Muy flexible y ligero.
- Diámetros exteriores ajustados para fácil montaje en racores de PVC con adhesivo y PVC con junta elástica, además de fittings de PP.
- Pegado hermético y resistente en la unión a 30 bar de presión.
- Buena resistencia química asociada a la tabla de resistencias del PVC.
- Gran resistencia a las aguas residuales y las aguas de circuito de piscinas con cloración.
- Soporta temperaturas entre -10 °C y 60 °C.
- Tubería con certificado de producto MARCA N AENOR cumpliendo la norma UNE EN ISO 3994, categoría T2.



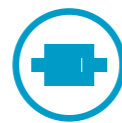
USO EN PISCINAS



USO SANITARIO



USO INDUSTRIAL



CONSTRUCCIÓN



TEMPERATURA -10° A 60° C



ALTO CONTROL CALIDAD



LIBRE DE Cd / Pb / Ba

Ø INT mm	Ø INT pulg.	Ø EXT mm	PESO g/m	PRESIÓN SERVICIO bar	PRESIÓN MÍNIMA ROTURA bar	RADIO CURVATURA mm	VACÍO m H ₂ O
13	1/2"	16	100	7	22	39	9
16	5/8"	20	155	7	22	48	9
20	3/4"	25	240	7	22	60	9
25	1"	32	400	7	22	75	9
26	1"	32	370	5	15	78	9
27	1"	32	334	5	15	81	9
34	1" 3/8	40	480	5	15	102	9
35	1" 3/8	40	400	5	15	105	9
42	1" 3/4	50	710	5	15	126	9
43	1" 3/4	50	685	5	15	129	9
55	2" 1/8	63	1000	5	15	165	9
63	1" 1/2	75	1400	4	12	195	9
80	3" 1/8	90	1800	4	12	240	9
102	4"	110	2200	3	9	300	9
110	4" 5/16	125	3700	3	9	330	9

Diámetros con certificado Afnor

Presiones a T° ambiente en laboratorio / Valores Nominales sin tener en cuenta tolerancias fabricación. En función de las evoluciones técnicas, las especificaciones pueden ser modificadas sin previo aviso. Otros diámetros, colores y características previa consulta. Consultar con el departamento comercial las cantidades mínimas de compra asignadas para los diámetros no estándar



ANEXO V

Ficha técnica elementos PVC

CEPEX

FEATURES

- PVC-U fittings for the PVC pipe union.
- Material: PVC-U.
- Injection moulding.
- Density: 1,4 g/cm³.
- Color: grey RAL 7024.
- Dimensions: socket fittings D16 to D400 and threaded fittings from ¼" to 4".
- Dimensions:
 - Socket fittings according to EN 1452-3.
 - Threaded fittings according to ISO 7/1.
- For tubes according to EN 1452-2.
- Socket fittings: we recommend solvent cement for PVC-U.
- Threaded fittings: in order to guarantee the watertightness, PTFE thread-wrap tape must be used. In PVC-U metal unions, use PVC-U as the male.

CARACTERÍSTICAS

- Accesorios en PVC-U para unión de tuberías de PVC.
- Moldeo por inyección.
- Densidad: 1,4 g/cm³.
- Color: gris RAL 7024.
- Dimensiones: accesorios encolar de D16 hasta D400 y accesorios roscar de ¼" a 4".
- Dimensiones:
 - Accesorios encolar según la norma EN 1452-3.
 - Accesorios roscados según la norma ISO 7/1.
- Para tubos según norma EN 1452-2.
- Accesorios encolar: recomendamos el uso de cola para PVC-U.
- Accesorios roscados: para garantizar la estanqueidad sólo es admisible el uso de cinta de PTFE. En uniones PVC-U-metal, el macho debe ser el PVC-U.

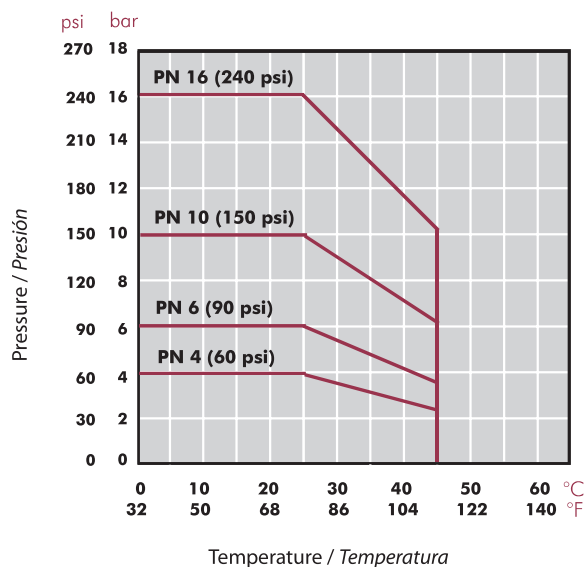


FIG.	Details	Detalles
1	Logo, material, dimensiones, PN	Logo, material, dimensiones, PN
2	European standard, N (Aenor), Kiwa o NF (Afnor)	Norma europea, N (Aenor), Kiwa o NF (Afnor)
3	Marked at 45°	Marcaje a 45°

TECHNICAL CHARACTERISTICS
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Unions Uniones	Sizes Medidas	Working pressure at 20°C Presión de servicio a 20°C
Solvent socket / Encolar	D16 - D140	PN 16 (240 psi)
Solvent socket / Encolar	D160 - D315	PN10 (150 psi)
Threaded / Roscar	½" - 4"	PN 10 (150 psi)
Threaded reinforced / Roscar reforzado	½" - 4"	PN 16 (240 psi)

PRESSURE / TEMPERATURE GRAPH
DIAGRAMA PRESIÓN / TEMPERATURA



Life: 50 years
Hydrostatic maximum pressure a component may withstand in continuous service (without overpressure)

Vida útil: 50 años
Presión hidrostática máxima que un componente es capaz de soportar en servicio continuo (sin sobrepresión)

TOLERANCE CHART
TABLA TOLERANCIAS

D	DN	Minimum diameter Diámetro mínimo	Maximum diameter Diámetro máximo
16	10	16.1	16.3
20	15	20.1	20.3
25	20	25.1	25.3
32	25	32.1	32.3
40	32	40.1	40.3
50	40	50.1	50.3
63	50	63.1	63.3
75	65	75.1	75.3
90	80	90.1	90.3
110	100	110.1	110.4
125	110	125.1	125.4
140	125	140.2	140.5
160	150	160.2	160.5
200	175	200.2	200.6
225	200	225.3	225.7
250	225	250.3	250.8
315	300	315.4	316.0

PVC-U ELBOWS CODOS PVC-U

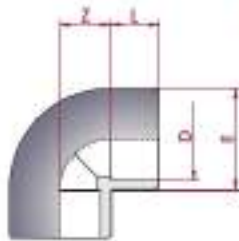
UP. 01. SF - 90° ELBOW

90° elbow

- Female solvent socket
- Metric series

Codo 90°

- Encolar hembra
- Serie métrica



D	DN	PN	REF.	CODE
16	10	16	05 01 016 ¹	11655
20	15	16	05 01 020 ¹¹	01712
25	20	16	05 01 025 ¹¹¹	01713
32	25	16	05 01 032 ¹¹¹	01714
40	32	16	05 01 040 ¹¹	01715
50	40	16	05 01 050 ¹¹	01716
63	50	16	05 01 063 ¹¹	01717
75	65	16	05 01 075 ¹¹¹	01718
90	80	16	05 01 090 ¹¹	01719
110	100	10	05 01 110 ¹	01720
125	110	16	05 01 125 ¹	01721
140	125	16	05 01 140 ¹	01722
160	150	10	05 01 160 ¹	01723
200	175	10	05 01 200 ¹	01724
225	200	10	05 01 225 ¹	01725
250	225	10	05 01 250 ¹	01726
315	300	10	05 01 315 ¹	01727
400	353	5	05 01 400 ¹	10017

L	Z	E
14	10	25
16	11	27
19	14	33
22	17	41
26	21	50
31	26	61
38	33	76
44	39	90
51	46	108
61	58	131
69	64	148
76	71	164
85	81	180
106	101	225
119	114	252
131	126	264
164	159	352
206	202	439

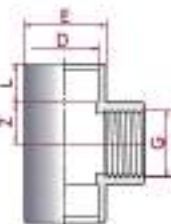
UP. 03. SFT - 90° TEE

90° adaptor tee

- Female solvent socket & BSP female thread
- Metric series

Té 90° mixta

- Encolar hembra y roscar hembra BSP
- Serie métrica



D x G	DN	PN	REF.	CODE
20 x 1/2"	15	10	05 03 420	01796
25 x 1/2"	20	10	05 03 425	01797
32 x 1"	25	10	05 03 432	01798
40 x 1 1/4"	32	10	05 03 440	01799
50 x 1 1/2"	40	10	05 03 450	01800
63 x 2"	50	10	05 03 463	01801
75 x 2 1/2"	65	10	05 03 475 ¹	22603
90 x 3"	80	10	05 03 490 ¹	22603
110 x 4"	100	10	05 03 510 ¹	22604

L	Z	E
16	11	28
16	14	34
19	17	43
20	21	54
20	26	62
26	33	78
44	39	89
51	47	106
61	57	129

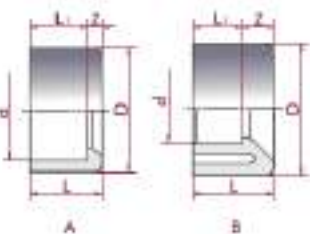
UP. 06. SMF - REDUCING BUSH

Reducing bush

- Male x female solvent socket
- Metric series

Cesquillo reducción

- Encolar macho x hembra
- Serie métrica



D x d	DN	PN	REF.	CODE
20 x 16	10	16	05 06 020 ¹	01914
25 x 20	15	16	05 06 025 ²¹	01915
32 x 25	20	16	05 06 032 ²¹	01916
32 x 20	15	16	05 06 032 ¹	01917
40 x 32	25	16	05 06 040 ²¹	01918
40 x 25	20	16	05 06 041 ¹	01919
40 x 20	15	16	05 06 042 ³	01920
50 x 40	32	16	05 06 050 ²¹	01921
50 x 32	25	16	05 06 051 ¹	01922
50 x 25	20	16	05 06 052 ¹	01923
50 x 20	15	16	05 06 053 ¹	01924
63 x 50	40	16	05 06 063 ²¹	01925
63 x 40	32	16	05 06 064 ¹	01926
63 x 32	25	16	05 06 065 ³	01927
75 x 63	50	16	05 06 075 ²¹	01928
75 x 50	40	16	05 06 076 ¹	10685
75 x 40	32	16	05 06 077 ¹	10686
90 x 75	65	16	05 06 090 ²¹	01929
90 x 63	50	16	05 06 091 ¹	10687
90 x 50	40	16	05 06 092 ¹	10688
110 x 90	80	16	05 06 110 ¹	01930
110 x 75	65	16	05 06 111 ¹	10689
110 x 63	50	16	05 06 112 ¹	10690
125 x 110	100	16	05 06 125 ¹	01931

L	L ₁	Z	Mod.
16	14	2	A
19	16	3	A
23	19	3	A
22	16	6	A
25	22	4	A
26	19	7	A
26	16	10	B
31	26	5	A
31	22	9	B
31	19	12	B
31	16	15	B
38	31	7	A
38	26	12	B
38	22	16	B
44	38	6	A
44	31	13	B
44	26	18	B
51	44	7	A
51	38	13	B
51	31	20	B
61	51	10	A
61	44	17	B
61	38	23	B
69	61	8	A

PVC-U UNIONS

ENLACES 3 PIEZAS PVC-U

Unions are the preferred choice over flange adaptors for the connection of plastic pipes. With no metal parts, there is no corrosion and the weight is also reduced.

They are only available in small sizes (up until D110).

The union ends are manufactured in plain ends for solvent socket or thread always according the sizing standards, doing this system appropriate to adapt to other elements or systems. Cepex unions feature an o-ring in order to ensure better unions, so it is not needed the use of PTFE tape between nut and union end (it is only needed in the threaded ends).

They are not recommended when connected to pipe under bending stress.

The union nut should be tightened by hand. Must use a strap wrench for big sizes (D75, D90, D110).

With this type of unions, it is possible to mix several plastic materials.

Cuando hay que unir plásticos, éstos son preferidos a las bridas, ya que no contienen ninguna parte de metal y el diámetro exterior es más reducido.

En contrapartida sólo están disponibles para diámetros pequeños (hasta D110).

Los manguitos de conexión están fabricados en terminaciones lisas de encolado o roscadas, siempre bajo normativas standards, haciendo posible la adaptación a otros componentes (incluso de materiales distintos).

Los enlaces 3 piezas Cepex incorporan junta para asegurar estanqueidad entre los dos manguitos de la unión, por lo que no debe usarse cinta de PTFE entre tuerca y manguito (usar cinta de PTFE solamente en las terminaciones de manguito roscadas). No son recomendables cuando el tubo tenga que estar sometido a fuerza de flexión (debido a posibles desalineaciones).

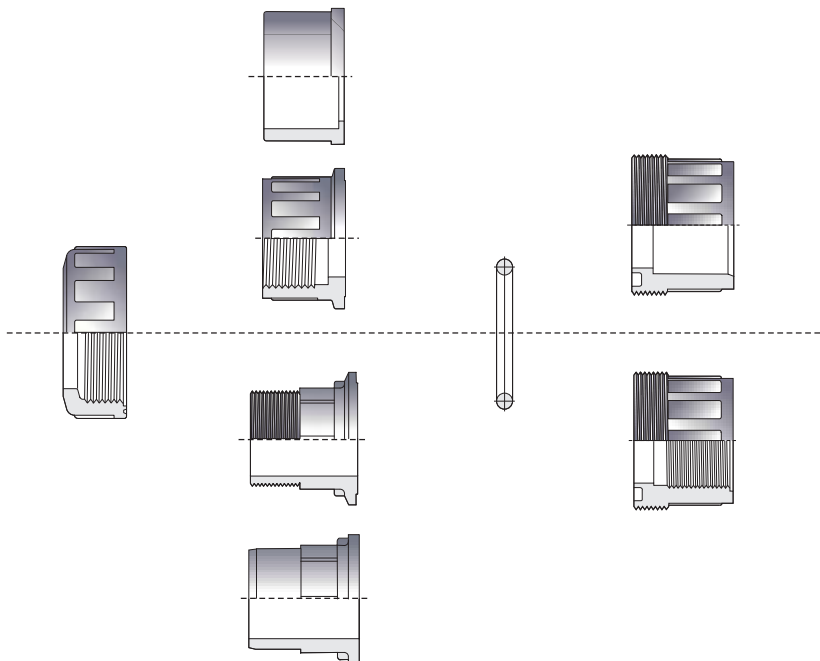
No es necesario el uso de ninguna herramienta, se rosca con las manos. Usar llave de cinta en diámetros grandes (D75, D90, D110).

Mediante estos enlaces, se pueden combinar diferentes tipos de plásticos.



CONNECTION POSSIBILITIES

POSIBILIDADES DE CONEXIÓN



Available standards

Solvent socket: metric, BS, ASTM
Threaded: BSP, NPT

Standards disponibles

Encolar: métrico, BS, ASTM
Roscar: BSP, NPT

Ask for other types of unions or other materials (PP, PE100...)
Consultar otros tipos de conexión o materiales (PP, PE100...)

UP. 50. SFT - UNION ADAPTOR

Union adaptor

- Female solvent socket x BSP female thread
- Metric series
- EPDM o-ring

Enlace 3 piezas mixto

- Encolar hembra x rosca hembra BSP
- Serie métrica
- Anillo tórico en EPDM



D x G	DN	PN	REF.	CODE
16 x 1/2"	12	10	05 50 416	20158
20 x 1/2"	15	10	05 50 420	02326
25 x 1/2"	20	10	05 50 423	02337
32 x 1"	25	10	05 50 432	02338
40 x 1 1/2"	32	10	05 50 440	02339
50 x 1 1/2"	40	10	05 50 450	02340
63 x 2"	50	10	05 50 463	02341
75 x 2 1/2"	65	10	05 50 475	02342
90 x 3"	80	10	05 50 490	02343
110 x 4"	100	10	05 50 510	02344

L	L ₁	Z	G ₁	E	o-ring
14	14	13	1/2"	34	15,5 x 2,8
16	16	13	1"	41	20,2 x 3,5
19	19	13	1 1/4"	52	28,2 x 3,5
22	22	13	1 1/2"	60	32,9 x 3,5
26	26	15	2"	74	40,6 x 5,3
31	31	17	2 1/2"	80	47,0 x 5,3
38	38	21	3"	90	58,7 x 5,3
44	44	21	3 1/2"	120	75,6 x 5,3
51	51	24	4"	138	91,4 x 5,3
61	61	26	5 1/2"	179	110,5 x 5,3

UP. 51. SMT - UNION ADAPTOR

Union adaptor

- Female solvent socket x BSP male thread
- Metric series
- EPDM o-ring

Enlace 3 piezas mixto

- Encolar hembra x rosca macho BSP
- Serie métrica
- Anillo tórico en EPDM



D x G	DN	PN	REF.	CODE
16 x 1/2"	12	10	05 51 416	20160
20 x 1/2"	15	10	05 51 420	02353
25 x 1/2"	20	10	05 51 423	02354
32 x 1"	25	10	05 51 432	02355
40 x 1 1/4"	32	10	05 51 440	02356
50 x 1 1/2"	40	10	05 51 450	02357
63 x 2"	50	10	05 51 463	02358
75 x 2 1/2"	65	10	05 51 475	02359
90 x 3"	80	10	05 51 490	02360
110 x 4"	100	10	05 51 510	02361

L ₁	L	Z
14	12	29
16	15	35
19	16	35
22	19	40
26	21	40
31	21	48
38	28	62
44	30	70
51	33	62
61	40	70

ANEXO VI

Ficha técnica válvula bola

PVC CEPEX

PVC-U BALL VALVES - [STD] SERIES

VÁLVULAS DE BOLA PVC-U - SERIE [STD]

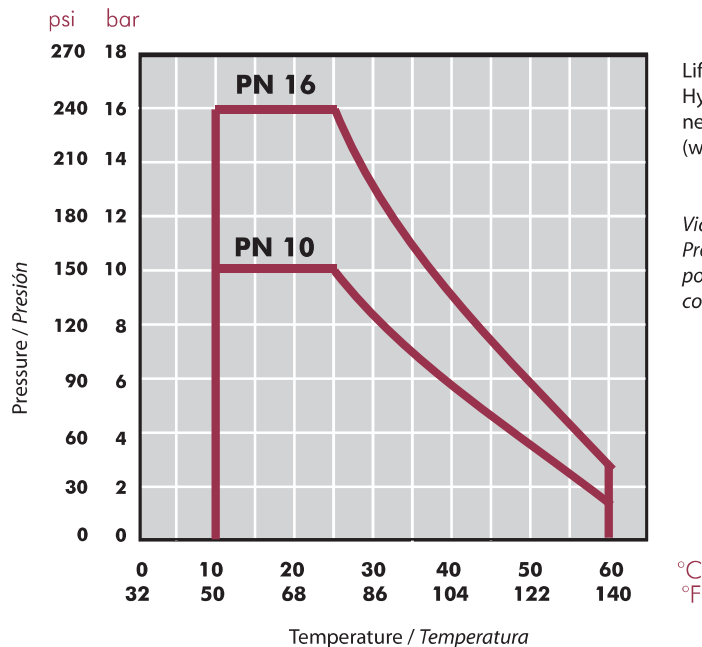


Sizes	Solvent cement D16 - D110 (DN10-DN100) Threaded 3/8" - 4"	
Standard end connections	Solvent socket - Metric, ASTM, British standard Threaded - BSP, NPT Butt welding - SDR11 Compression - Metric, IPS, CTS	EN ISO 1452, EN ISO 15493, BS 4346-1, ASTM D 2467 ISO 228-1, ASTM D 2464
Working pressure	@ 20°C (73°F) D16 - D63 (3/8" - 2"): PN 16 (240 psi) D75 - D110 (2 1/2" - 4"): PN 10 (150 psi)	
Materials	O-rings: EPDM / FPM	Ball seats: HDPE / PTFE
Characteristics	<ul style="list-style-type: none"> • Threaded seal-carrier for upstream maintenance without emptying the system. • Handle built-in tool for easy adjustment of the threaded seal-carrier (and ball torque). • "Antiblock" system that avoids ball blockage. • 100% factory tested. • Minimal pressure drop. • Low operating torque. • Resistance to many inorganic chemicals. • Excellent flow characteristics. 	<ul style="list-style-type: none"> • Portajuntas roscado para el mantenimiento de la válvula sin necesidad de vaciar el sistema. • Llave incorporada en la maneta para ajuste del portajuntas roscado (ajuste del par). • Sistema "Antiblock" que evita el bloqueo de la bola. • Probadas al 100% en fábrica. • Mínima pérdida de carga. • Bajo par de maniobra de apertura y cierre. • Resistencia a múltiples sustancias químicas inorgánicas. • Excelentes características de conducción.
Certifications / Regulations	Ball valve design regulation - EN ISO 16135	



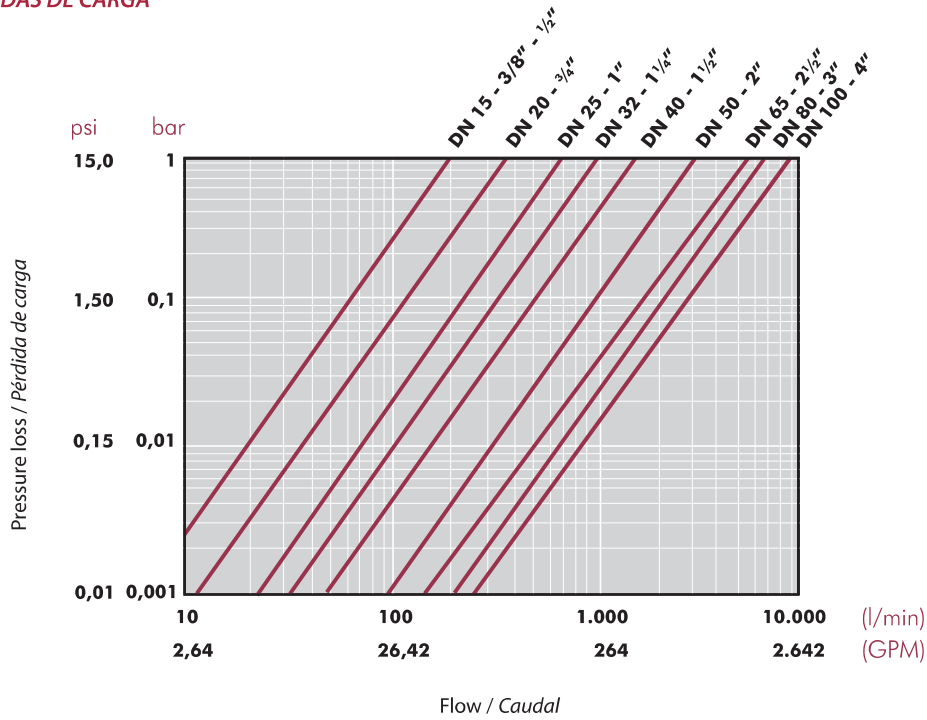
FIG.	Parts	Despiece	Material
1	Shaft	Eje	PVC-U
2	Ball	Bola	PVC-U
3	Union nut	Tuerca	PVC-U
4	Handle	Conjunto maneta	PP+GR + TPE
5	End connector	Manguito enlace	PVC-U
6	Ball seat	Asiento bola	HDPE / PTFE
7	Shaft o-ring	Junta eje	EPDM / FPM
8	Dampener seal	Junta amortiguación	EPDM / FPM
9	End connector o-ring	Junta manguito	EPDM / FPM
10	Body	Cuerpo	PVC-U
11	Seal-carrier	Portajuntas	PVC-U
12	Body o-ring	Junta cuerpo	EPDM / FPM

PRESSURE / TEMPERATURE GRAPH
DIAGRAMA PRESIÓN / TEMPERATURA



Life: 25 years
 Hydrostatic maximum pressure a component may withstand in continuous service (without overpressure)

Vida útil: 25 años
 Presión hidrostática máxima que un componente es capaz de soportar en servicio continuo (sin sobrepresión)

PRESSURE LOSS DIAGRAM
DIAGRAMA DE PÉRDIDAS DE CARGA

RELATIVE FLOW
FLUJO RELATIVO

D	16-3/8"	20-1/2"	25-3/4"	32-1"	40-1 1/4"	50-1 1/2"	63-2"	75-2 1/2"	90-3"	110-4"
DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
Kv ₁₀₀	75	190	380	690	980	1.600	3.000	5.500	6.800	8900
Cv	5,3	13,3	26,6	48,3	68,6	112	210,1	385,2	476,2	623,2

$Cv = Kv_{100} / 14,28$
 Kv_{100} (l/min, $\Delta p = 1$ bar)
 Cv (GPM, $\Delta p = 1$ psi)

OPERATING TORQUE CHART
TABLA DE PAR DE MANIOBRA

D	16-3/8"	20-1/2"	25-3/4"	32-1"	40-1 1/4"	50-1 1/2"	63-2"	75-2 1/2"	90-3"	110-4"
DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
Nm	1	1	2	3,5	3,5	5	15	25	45	60
in-lbf	8,9	8,9	17,7	31	31	44,3	132,8	221,3	398,3	531

Operating torque values at rated pressure (PN) and 20 °C in as new direct from the factory condition. Installation and operating conditions (pressure and temperature) will affect these values.

Los valores de par de giro se determinan a presión nominal (PN) y a 20 °C, en condiciones de salida de fábrica. Las condiciones de instalación y operación (presión y temperatura) afectarán a estos valores.

ASSEMBLY INSTRUCTIONS

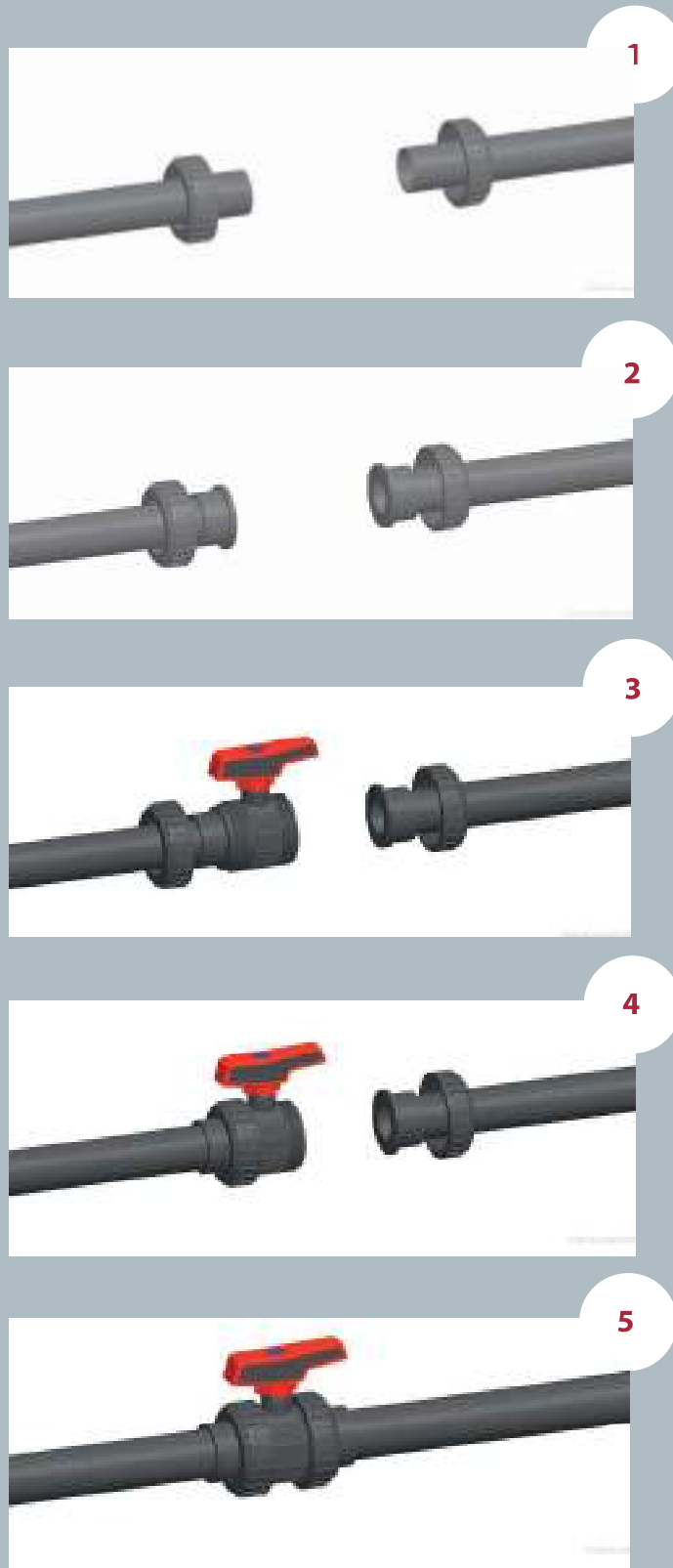
Solvent socket or threaded unions

Loosen the valve union nuts (3) and separate these and the end connectors (5) from the valve body. Pass the pipe through the nuts and then place the bushes over the end of the pipe. The socket unions should be glued onto the pipe using a PVC-U or PVC-C adhesive and pressure should not be applied to the system until a drying period of at least 1 hour per bar of working pressure has elapsed. In the case of threaded unions, PTFE tape should be applied to the male threads. The pipes can now be attached to the valve by hand tightening down the nuts.

INSTRUCCIONES DE MONTAJE

Uniones encoladas o roscadas

Afloje las tuercas (3) de la válvula y sepárelas de los manguitos (5). Introduzca las tuercas en los tubos y a continuación fije los manguitos en los extremos del tubo. Las uniones encoladas se realizarán con un adhesivo para tubos de PVC-U o PVC-C rígido y no se aplicará presión hasta transcurridas al menos 1 hora por bar. En las uniones roscadas se colocará cinta de PTFE en las roscas macho. A continuación ya podrá colocarse la válvula entre los manguitos y apretar a mano las tuercas sobre la válvula.



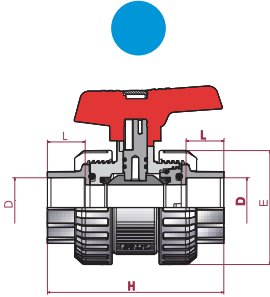
UP. 60ST. SF5 - [STD] BALL VALVE

[STD] ball valve

- PVC-U body
- Female solvent socket
- Metric series
- Ball seat in HDPE
- O-Rings in EPDM
- Blue dot

Válvula de bola [STD]

- Cuerpo en PVC-U
- Encolar hembra
- Serie métrica
- Juntas asiento bola en HDPE
- Anillos tóricos en EPDM
- Distintivo azul



D	DN	PN	REF.	CODE
16	10	16	60 60 016	36500
20	15	16	60 60 020	36501
25	20	16	60 60 025	36502
32	25	16	60 60 032	36503
40	32	16	60 60 040	36504
50	40	16	60 60 050	36505
63	50	16	60 60 063	36506
75	65	10	60 60 075	36507
90	80	10	60 60 090	36508
110	100	10	60 60 111	36509

L	H	E
13	87	50
16	87	50
19	101	61
22	122	70
26	135	81
31	149	96
38	174	118
44	216	146
51	256	176
63	359	228

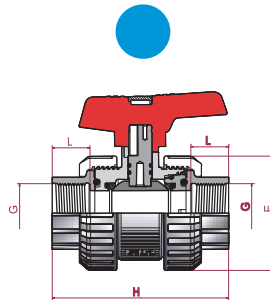
UP. 60ST. FT5 - [STD] BALL VALVE

[STD] ball valve

- PVC-U body
- BSP female thread
- Ball seat in HPDE
- O-Rings in EPDM
- Blue dot

Válvula de bola [STD]

- Cuerpo en PVC-U
- Rosca hembra BSP
- Juntas asiento bola en HPDE
- Anillos tóricos en EPDM
- Distintivo azul



G	DN	PN	REF.	CODE
3/8"	10	16	60 60 616	36510
1/2"	15	16	60 60 620	36511
3/4"	20	16	60 60 625	36512
1"	25	16	60 60 632	36513
1 1/4"	32	16	60 60 640	36514
1 1/2"	40	16	60 60 650	36515
2"	50	16	60 60 663	36516
2 1/2"	65	10	60 60 675	36517
3"	80	10	60 60 690	36518
4"	100	10	60 60 711	36519

L	H	E
13	87	50
16	87	50
19	101	61
22	122	70
26	135	81
31	149	96
38	174	118
44	216	146
51	256	176
63	359	228

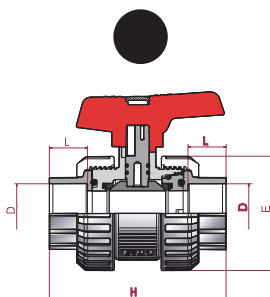
UP. 61ST. SF6 - [STD] BALL VALVE

[STD] ball valve

- PVC-U body
- Female solvent socket
- Metric series
- Ball seat in PTFE
- O-Rings in EPDM perox.
- Black dot

Válvula de bola [STD]

- Cuerpo en PVC-U
- Encolar hembra
- Serie métrica
- Juntas asiento bola en PTFE
- Anillos tóricos en EPDM perox.
- Distintivo negro



D	DN	PN	REF.	CODE
16	10	16	60 61 016	41866
20	15	16	60 61 020	37039
25	20	16	60 61 025	37040
32	25	16	60 61 032	37041
40	32	16	60 61 040	37042
50	40	16	60 61 050	37043
63	50	16	60 61 063	37044
75	65	10	60 61 075	37045
90	80	10	60 61 090	41867
110	100	10	60 61 111	41868

L	H	E
13	87	50
16	87	50
19	101	61
22	122	70
26	135	81
31	149	96
38	174	118
44	216	146
51	256	176
63	359	228

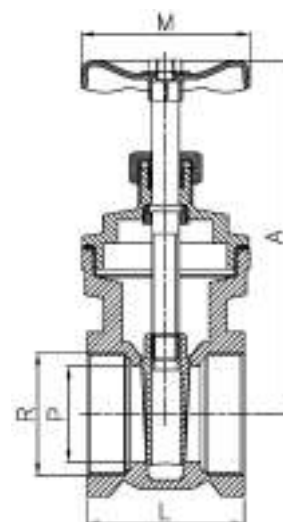
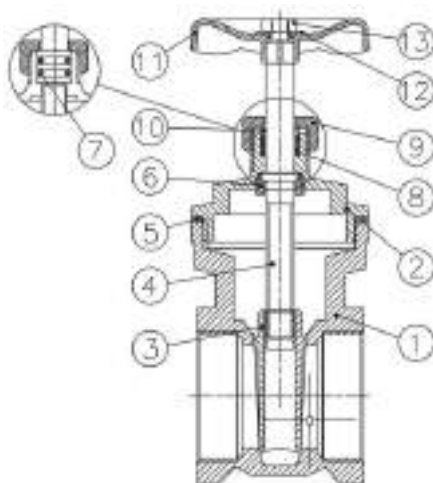
ANEXO VII

**Ficha técnica válvula
compuerta latón GENEBRE**

Art.: 3222

Válvula de compuerta, rosca NPT / Gate valve, NPT threads

Características	Features
1. Válvula de compuerta de paso estándar.	1. Gate valve, standard bore.
2. Cuerpo en latón según UNE-EN 12165.	2. Body in brass according to UNE-EN 12165.
3. Extremos roscados NPT Hembra-Hembra según ANSI / ASME B 1.20.1.	3. Threads ends NPT Female-Female according to ANSI / ASME B 1.20.1.
4. Empaquetadura del eje: - Juntas o-ring FKM de 1/2" a 1". - Juntas o-ring NBR de 1 1/4" a 1 1/2". - Anillo de PTFE de 2" a 4".	4. Stem packing: -FKM o-ring from 1/2" to 1". -NBR o-ring from 1 1/4" to 1 1/2". -PTFE stem packing from 2" to 4".
5. Presión máxima de trabajo 16 bar (PN 16).	5. Max. working pressure 16 bar (PN16).
6. Apta para agua caliente y fría.	6. Suitable for hot and cold water.
7. Temperatura de trabajo: Aire: -15°C a 105°C. Agua: 0°C a 110°C.	7. Working temperature range: Air: -15°C to 105°C. Water: 0°C to 110°C.



Nº	Denominación / Name	Material	Tratamiento Superficial / Surface Treatment
1	Cuerpo / Body	Latón / Brass (CW617N)	Granallado + Decapado / Peened + Pickling
2	Tapa / Bonnet	Latón / Brass (CW617N)	Granallado + Decapado / Peened + Pickling
3	Compuerta / Gate	Latón / Brass (CW617N)	-
4	Eje / Stem	Latón / Brass	-
5	Junta tapa / Bonnet joint	PTFE	-
6*	Contratuerca / Lock nut	Latón / Brass	-
7**	Juntas eje / Stem sealing	NBR or FKM	-
8	Anillo prensa / Stem packing	PTFE	-
9	Tuerca prensa / Packing nut	Latón / Brass	-
10	Anillo prensa / Packing ring	Latón / Brass	-
11	Volante / Wheel	Acero / Steel	Pintado Rojo / Red Painted
12	Arandela / Washer	Aluminio / Aluminum	-
13	Tuerca / Nut	Acero inox 201 / Stainless steel 201	-

* Contratuerca solo para medidas de 2" a 4" / Lock nut only for sizes of 2" to 4"

** Juntas de FKM solo para medidas de 1/2" a 1" / FKM stem sealing only for sizes of 1/2" to 1".

Juntas de NBR solo para medidas de 1 1/4" a 1 1/2" / NBR stem sealing only for sizes of 1 1/4" to 1 1/2".

Ref	Medida / Size		Dimensiones / Dimensions				Peso / Weight (Kg)
	R	PN	P	A	L	M	
3222 04	1/2"	16	13	64	37	50	0,161
3222 05	3/4"	16	15	67	43	55	0,208
3222 06	1"	16	19,5	73	46	60	0,286
3222 07	1 1/4"	16	27	90	51,5	60	0,469
3222 08	1 1/2"	16	33	100	54	70	0,611
3222 09	2"	16	42	126	62,8	90	1,029
3222 10	2 1/2"	16	57	159	68	100	1,946
3222 11	3"	16	70	189	83	110	2,536
3222 12	4"	16	91	238	92	125	4,457

DIAGRAMA PÉRDIDA DE CARGA / HEAD LOSS CHART

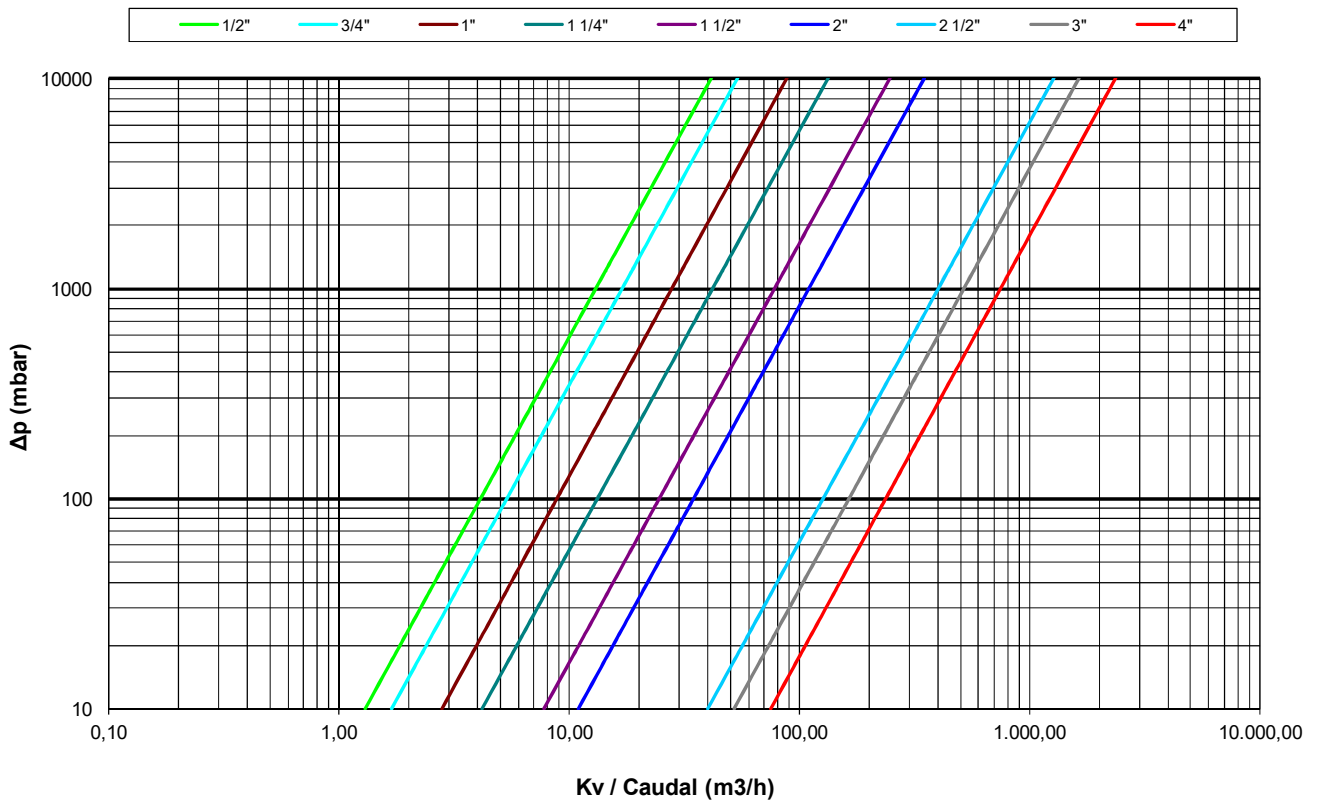
(Válvulas paso total roscadas / Threaded ends full bore ball valves)

Valores de Kv / Kv Values:

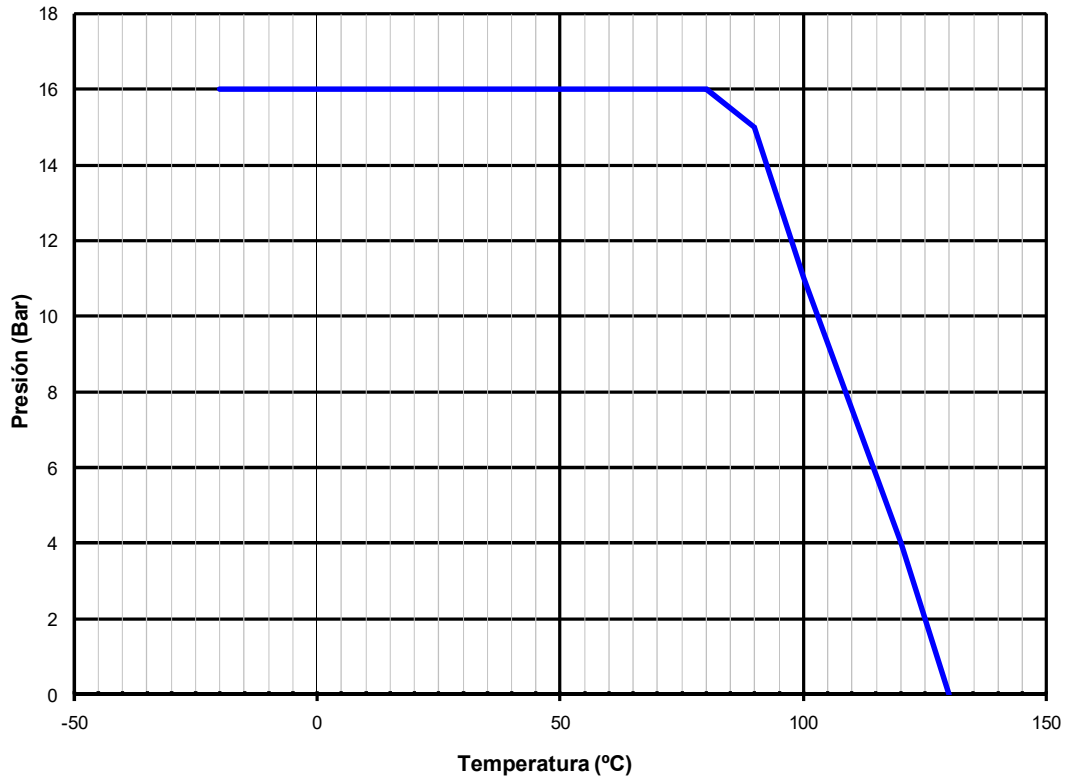
Kv = Es la cantidad de metros cúbicos por hora que pasará a través de la válvula generando una pérdida de carga de 1 bar.

Kv = The flow rate of water in cubic meters per hour that will generate a pressure drop of 1 bar across the valve.

Medida / Size	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Kv	6	17	28	42	78	110	400	520	750



CURVA PRESIÓN - TEMPERATURA / PRESSURE - TEMPERATURE RATING



ANEXO VIII

**Ficha técnica válvula en
ángulo 90° BATGAT**

Ref.	Aplicación	PN	Medidas/DN	Salida roscada	
				3/4"	1"
BH201	Válvulas destinadas a instalarse tanto en las centralizaciones de contadores como en acometidas individuales de agua potable	16	13	•	
			20		•

Conexiones a contador mediante manguito (Ref. BH401) y manguito tuerca loca (Ref. BH425)

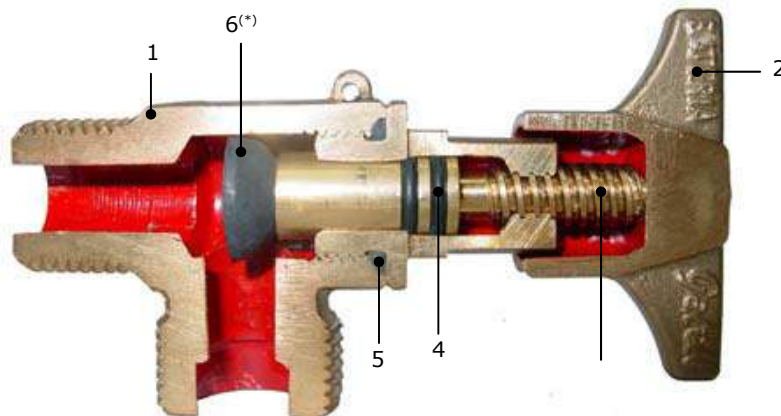
Ref.	Conexión a válvula	Conexión a contador								
		DN	LL13	1/2"	3/4"	7/8"	1"	1 1/4"	1 1/2"	
BH201	MANGUITO	13	LL13 Izquierda	•	•	•	•	•		
		20	1" Izquierda	•		•	•	•	•	•
	MANGUITO TUERCA LOCA	13	LL13 Izquierda			•	•	•		
		20	1" Izquierda				•	•	•	

Válvula de salida manual

Características:

Válvula de accionamiento manual diseñada para instalarse en la salida del contador mediante manguito (Ref. BH401) ó manguito tuerca loca (Ref. BH425), con dispositivo antirretorno incorporado, según los requerimientos de la norma UNE 19804.

Ref. BH201



- Cuerpo** de latón estampado CW617N según norma UNE-EN 12165. Con oreja taladrada para precintar.
- Manecilla** de latón estampado CW617N según norma UNE-EN 12165. Con taladro para precinto.
- Eje montura** decoletaje de latón según norma UNE-EN 12166.
- Junta tórica** de EPDM según UNE-EN 681-1.
- Junta tórica montura** de EPDM según UNE-EN 681-1.
- Dispositivo antirretorno "pisoncillo"** de EPDM (DN13) (*) ó de latón estampado CW617N con junta de EPDM (DN20) según UNE-EN 681-1 .

Esta válvula cumple con la norma UNE 19804 vigente y las Normas Básicas para las Instalaciones Interiores de Suministro de Agua del Ministerio de Industria publicadas en el B.O.E. el 13/01/76, apartado 1.4.1.: "Los materiales empleados en tuberías y grifería deben ser capaces, de forma general y como mínimo, para una presión de trabajo de 15 kg/cm²".

(*) También disponible con pisoncillo metálico vulcanizado.

- Lleva incorporada válvula antirretorno:
 - Garantiza salubridad pública evitando retrocesos de aguas no deseadas.
 - Protege a los contadores del retroceso de agua caliente.
 - Mantiene el rendimiento hidráulico.
 - No encarece su coste.
- Los elementos para conexión disponibles (Ref. BH401 y Ref. BH425) permiten instalar o cambiar cualquier tipo de contador con facilidad mediante llave americana (Ref. BH411).

Accesorios:

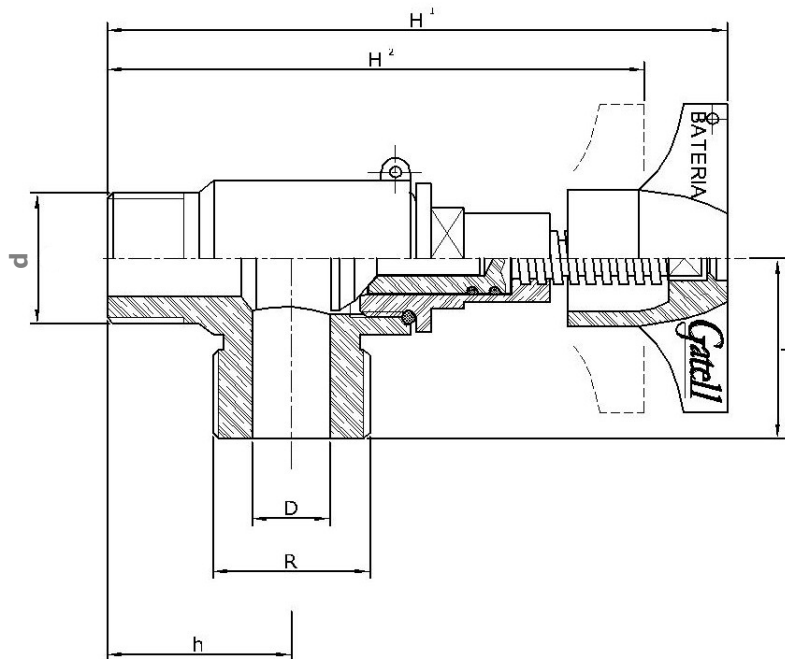
- Manguito: Ref. BH401
- Manguito tuerca loca: Ref. BH425
- Llave americana: Ref. BH411
- Caño libre: Ref. BH013
- Tapón obturador: Ref. BH409
- Llave tapón obturador: Ref. BH410
- Caja antifraude: Ref. BH426 y Ref. BH427
- Purga: Ref. BH408

Recambios:

	Ref.		Ref.
Montura manual	BH403	Pisoncillo	BH404
		Pisoncillo metálico vulcanizado	BH405

ESQUEMA TÉCNICO DE LA VÁLVULA

Ref. BH201



Ref.	D (DN)	d	h (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	l (mm)	R	Peso (kg)
BH201	13	LL13 IZQ.	31	106	91,5	30,5	¾"	0,28
	20	1" IZQ.	33	125	107,5	33	1"	0,47

ANEXO IX

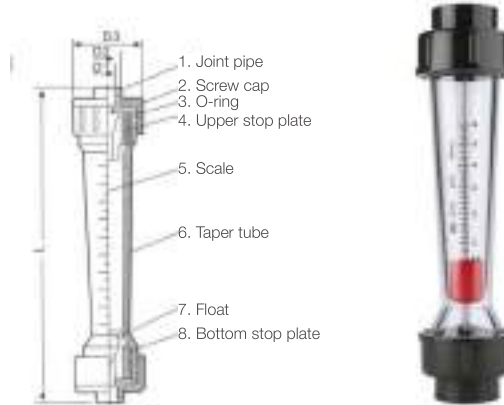
Ficha técnica rotámetro

SNOWATE

LZS Durable Plastic Tube Type Flow Meter

LZS- Socket/Thread Type Plastic Flow Meter

LZS-15 ~ LZS-65 Product Structure



LZS- Socket/Thread Type Plastic Flow Meter Technical Parameters and Dimensions

Model	Diameter (DN)mm	Measurement Range		Accuracy	Conditions		Size (mm)								Applicable Pipeline	
		Long Tube Type (L)	Short Tube Type (D)		Temperature °C	Pressure MPa	Long Tube Type				Short Tube Type				Socket	Thread
LZS-15	15	5-50 L/h	5-50 L/h	±4%	0-60	≤ 0.6	L	D1	D2	D3	L	D1	D2	D3	20	ZG 1/2" NPT 1/2"
		6-60 L/h	10-100 L/h				280	20	26	45	200	20	26	45		
10-100 L/h	16-160 L/h	380	25				39	68	226	25	39	60	25	ZG 3/4" NPT 3/4"		
16-160 L/h	25-250 L/h															
LZS-20	20	100-1000 L/h	100-1000 L/h				380	25	39	68	226	25	39	60	25	ZG 3/4" NPT 3/4"
		160-1600 L/h	160-1600 L/h													
LZS-25	25	250-2500 L/h	250-2500 L/h				380	32	39	68	226	32	39	60	32	ZG 3/4" NPT 3/4"
		300-3000 L/h	300-3000 L/h													
LZS-32	32	-	0.4-4 m³/h				-	-	-	-	288	40	49.5	74	40	ZG 1" NPT 1"
LZS-40	40	0.4-4 m³/h	0.4-4 m³/h				430	50	73	98	341	50	73	98	50	ZG 1-1/2" G 2" NPT 2"
		0.6-6 m³/h	0.6-6 m³/h													
LZS-50	50	1-10 m³/h	1-10 m³/h	430	63	73	98	341	63	73	98	63	ZG 1-1/2" G 2" NPT 2"			
		1.6-16 m³/h	1.6-16 m³/h													
LZS-65	65	-	4-16 m³/h	-	-	-	-	430	75	88	122	75	ZG 2" G 2-1/2" NPT 2-1/2"			
		-	5-25 m³/h													
			8-40 m³/h													
			12-60 m³/h													

Purchasing guide: Please fill in the model, specifications, and code in details.

LZS — **Model** **Long Tube or Short Tube Medium** — **Measurement Range**

LZS- Plastic Tube Precision Durable Flow Meter Component Materials

Taper tube: AS, Connecting pipe & nut: PVC
Upper and lower limit stops: PE, Float: ABS

ANEXO X

**Ficha técnica manómetro
radial glicerina POTERMIC**



Manómetros de glicerina caja Inox



DIÁM. 63, RADIAL GLICERINA

Caja en acero Inoxidable. Conexión 1/4" M. Precisión Cl 1,6 conforme Norma EN 837-1.

Código	Diám. (mm)	Escala	PVP €
1R6301	63	0-1 bar	14,20
1R6302	63	0-2,5 bar	14,20
1R6304	63	0-4 bar	14,20
1R6306	63	0-6 bar	14,20
1R6310	63	0-10 bar	14,20
1R6316	63	0-16 bar	14,20
1R6325	63	0-25 bar	14,20
1R6340	63	0-40 bar	14,20
1R6360	63	0-60 bar	14,20
1R6390	63	0-100 bar	14,20
1R7160	63	0-160 bar	14,20
1R7250	63	0-250 bar	14,20
1R7600	63	0-600 bar	14,20

CONEXIÓN 1/8" M ROSCA NPT. (PARA PUMP TEST KIT)

Código	Diám. (mm)	Escala	PVP €
1R7251	63	0-40 bar	14,20



DIÁM. 100, RADIAL GLICERINA

Caja en acero Inoxidable. Conexión 1/2" M. Precisión Cl 1,6 conforme Norma EN 837-1.

Código	Diám. (mm)	Escala	PVP €
11004R	100	0-4 bar	29,70
11006R	100	0-6 bar	29,70
11010R	100	0-10 bar	29,70
11016R	100	0-16 bar	29,70



DIÁM. 63, POSTERIOR GLICERINA

Caja en acero Inoxidable. Conexión 1/4" M. Precisión Cl 1,6 conforme Norma EN 837-1.

Código	Diám. (mm)	Escala	PVP €
1P6301	63	0-1,6 bar	14,90
1P6304	63	0-4 bar	14,90
1P6306	63	0-6 bar	14,90
1P6310	63	0-10 bar	14,90
1P6316	63	0-16 bar	14,90
1P6325	63	0-25 bar	14,90
1P6340	63	0-40 bar	14,90
1P7160	63	0-160 bar	14,90

Las variaciones de temperatura durante el transporte, almacenaje o instalación, pueden causar expansiones y contracciones de la glicerina, provocando una disminución en la exactitud de la medida. Para garantizar una medición precisa se debe efectuar la ventilación del manómetro, inmediatamente después de su instalación. Bastará con quitar el tapón superior y volver a ponerlo instantes después.

DOCUMENTO 6

Prevención de riesgos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	1
1.1. Objetivo y alcance	1
1.2. Descripción general de la planta fluidodinámica.....	1
1.3. Personas involucradas.....	2
1.4. Normativa aplicable	2
2. Prevención de Riesgos en la Fase de Ejecución	4
2.1. Identificación de riesgos en la construcción	4
2.1.1. Riesgos mecánicos	4
2.1.2. Riesgos eléctricos	5
2.1.3. Riesgos ergonómicos y posturales	5
2.1.4. Riesgos por manipulación de fluidos.....	6
2.2. Medidas de seguridad en la ejecución del proyecto	6
2.2.1. Procedimientos de trabajo seguro	6
2.2.2. Equipos de protección individual (EPIs)	7
2.2.3. Manipulación segura de herramientas y equipos.....	8
2.2.4. Pruebas de estanqueidad	8
2.2.5. Limpieza y orden en el área de trabajo	9
2.3. Protocolo de actuación ante incidentes durante la ejecución.....	10
2.3.1. Identificación de posibles incidentes durante la ejecución.....	10
2.3.2. Procedimiento de actuación ante incidentes	10
2.3.3. Medidas de mitigación y prevención	11
3. Prevención de Riesgos en la Fase de operación	12
3.1. Utilización de la planta	12
3.1.1. Identificación de riesgos en la operación de la planta	12
3.1.2. Normas de seguridad en el uso de la instalación	13

3.1.3. Responsabilidades del alumnado en materia de seguridad.....	14
3.1.4. Protocolo de actuación ante incidencias durante la práctica.....	15
3.2. Mantenimiento de la planta fluidodinámica	16
3.2.1. Identificación de riesgos en el mantenimiento	16
3.2.2. Procedimientos de mantenimiento seguro	18
3.2.3. Responsabilidades del personal técnico.....	19
3.2.4. Registro de operaciones de mantenimiento y revisiones	19
4. Medidas de Seguridad Generales.....	20

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo y alcance

El presente documento busca la identificación, evaluación y control de los potenciales riesgos relacionados con la ejecución, utilización y manipulación de la planta fluidodinámica experimental diseñada. Su finalidad es minimizar la exposición a situaciones problemáticas, promoviendo un ambiente de trabajo seguro.

En este documento debe servir como referencia para garantizar la seguridad de todas las personas involucradas en el proyecto, abarcando las siguientes situaciones:

- **Ejecución y puesta en marcha.** Se deben identificar los riesgos asociados a la manipulación e instalación de los componentes de la planta fluidodinámica.
- **Fase de operación.** Se establecen normas para el uso seguro de la instalación por parte del estudiantado, que tendrá acceso limitado al uso de la planta.
- **Mantenimiento y supervisión.** El personal docente y técnico debe ser capaz de realizar las tareas de revisión y reparación con la mayor seguridad posible.

Este documento debe ser conocido y aplicado por todos los usuarios de la instalación con el fin de lograr minimizar los riesgos vinculados a la planta fluidodinámica.

1.2. Descripción general de la planta fluidodinámica

La planta fluidodinámica experimental es una instalación ubicada en el laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Santiago de Compostela, en Lugo. Está diseñada para la formación del estudiantado en fenómenos asociados a las pérdidas de carga en diferentes elementos hidráulicos.

Es un sistema formado por:

- Un sistema hidráulico con tuberías, válvulas y otros elementos para el control de flujo y presión.
- Un depósito para el abastecimiento del sistema.
- Una bomba centrífuga, responsable de producir el flujo en el circuito.
- Instrumentos de medición para la recolección de información experimental.
- Una estructura que alberga los elementos citados, asegurando su estabilidad.

1.3. Personas involucradas

Este informe está orientado a todas aquellas personas involucradas en el montaje, funcionamiento y conservación de la planta, que incluyendo los siguientes colectivos:

- Alumnado universitario que empleará la instalación en ensayos experimentales. Recibirá instrucciones sobre el uso seguro del sistema, los riesgos asociados y las medidas de precaución necesarias.
- Equipo de montaje y ejecución, compuesto por la alumna autora del proyecto y el profesorado colaborador. Se definen los riesgos específicos del montaje y puesta en marcha, así como las precauciones que se deben tomar en cada etapa.
- Personal docente, encargado de la supervisión y correcta utilización de la planta por parte del alumnado.
- Personal técnico y de laboratorio, encargado del mantenimiento de las instalaciones y corrección de posibles problemas.

Es esencial que todos los grupos definidos estén informados sobre los riesgos contemplados en el presente documento, así como las medidas preventivas que buscan un uso seguro de la planta fluidodinámica.

1.4. Normativa aplicable

El presente documento se desarrolla en base a la normativa vigente en materia de seguridad y prevención de riesgos, tanto nacional como específica de la organización. Esto incluye los siguientes documentos:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. BOE núm. 269 10/11/1995.
- Real Decreto 486/1997, del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE núm. 97 23/04/1997.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE núm. 224 8/9/2002. ITC-BT-29: Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. BOE núm. 246 11/10/2008.
- Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. BOE nº 188 07/08/1997.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. BOE núm. 298 14/12/1993.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. BOE núm. 311 28/12/1992.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE núm. 140 12/06/1997.
- Ley 10/2008, de 3 de noviembre, de residuos de Galicia. DOG núm. 224 18/11/2008.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. BOE núm. 181 29/07/2011.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. BOE núm. 43 del 19/02/2002.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE núm. 27 31/01/1997.
- Guía técnica ISSGA: Buenas prácticas en prevención de riesgos laborales. Manual de seguridad en el laboratorio.
- Normas generales de seguridad en los laboratorios de prácticas de la Universidad de Santiago de Compostela (NPR-20).

2. PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LA FASE DE EJECUCIÓN

2.1. Identificación de riesgos en la construcción

La ejecución de la planta fluidodinámica experimental implica una serie de tareas que pueden conllevar riesgos si no se adoptan las medidas de seguridad adecuadas. Esta fase implica el uso de herramientas manuales y eléctricas, componentes mecánicos, sistemas de fijación y conexión eléctrica, y manipulación de fluidos.

En los siguientes apartados se identifican los principales riesgos clasificados en cada una de las categorías mencionadas.

2.1.1. Riesgos mecánicos

El montaje de la instalación requiere la manipulación de componentes estructurales, tuberías, bombas, válvulas y elementos de fijación, lo que puede generar peligros como:

- Atrapamiento de manos o dedos en mecanismos móviles o al ensamblar piezas ajustadas.
- Impactos o golpes con herramientas manuales, tuberías o piezas metálicas.
- Cortes al manipular bordes afilados de piezas metálicas o plásticas.
- Caída de objetos pesados durante la instalación de la estructura de soporte.

Ante estas situaciones, se recomienda la aplicación de las siguientes medidas preventivas:

- Uso de guantes de seguridad para evitar cortes y atrapamientos.
- Manipulación de componentes pesados con ayuda de otra persona.
- Verificación de la estabilidad de la estructura antes de ensamblar elementos pesados.
- Uso de herramientas adecuadas y en buen estado.

2.1.2. Riesgos eléctricos

El sistema cuenta con equipos eléctricos que deben ser correctamente instalados y conectados. Se pueden presentar los siguientes riesgos:

- Contacto con conductores eléctricos activos, provocando posibles descargas eléctricas.
- Conexiones inseguras que generen sobrecargas o cortocircuitos.
- Riesgo de incendio si hay conexiones mal aseguradas o cables deteriorados.

Ante estas situaciones, se recomienda la aplicación de las siguientes medidas preventivas:

- Realizar todas las conexiones eléctricas con la instalación desconectada.
- Utilizar equipos de medición, como un multímetro, para verificar la ausencia de corriente antes de manipular cables.
- Comprobar que todos los cables y conexiones cumplan con la normativa de seguridad.
- Proteger las conexiones con cubiertas aislantes adecuadas.

2.1.3. Riesgos ergonómicos y posturales

La ejecución del proyecto requiere llevar a cabo tareas como el manejo de elementos pesados o el mantenimiento prolongado de posturas concretas, que pueden provocar lesiones si no se siguen buenas prácticas de ergonomía. Los riesgos incluyen:

- Sobreesfuerzo al levantar cargas pesadas, derivando en posibles lesiones musculares.
- Posturas inadecuadas al trabajar en espacios reducidos o en posiciones incómodas.
- Movimientos repetitivos que pueden generar fatiga o tensión en las articulaciones.

Se deben aplicar las siguientes medidas preventivas:

- Aplicar técnicas de levantamiento seguro, como son doblar las rodillas o mantener la espalda recta.
- Distribuir la carga de trabajo para evitar esfuerzos continuos prolongados.
- Usar soportes o herramientas auxiliares para sostener piezas mientras se ensamblan.
- Trabajar en parejas o en grupos a la hora de gestionar cargas pesadas.
- Realizar pausas y estiramientos si se trabaja en posiciones incómodas.

2.1.4. Riesgos por manipulación de fluidos

Aunque en la fase de montaje el sistema aún no estará en funcionamiento, será necesario manipular líquidos para realizar pruebas de estanqueidad y verificar el circuito hidráulico. Esto puede generar riesgos derivados de derrames accidentales o fugas, como puede ser la aparición de superficies resbaladizas y caídas.

Se deben tener en cuenta las siguientes medidas de prevención:

- Asegurar que el área de trabajo esté libre de obstáculos antes de realizar pruebas con líquidos.
- Realizar las pruebas de llenado y presión de forma progresiva para evitar fugas excesivas.
- Disponer de material absorbente para limpiar posibles derrames de inmediato.

2.2. Medidas de seguridad en la ejecución del proyecto

La ejecución del presente proyecto implica una serie de tareas que deben llevarse a cabo de forma segura para reducir los diferentes riesgos. Se describen a continuación las acciones de seguridad esenciales para la construcción segura de la planta fluidodinámica.

2.2.1. Procedimientos de trabajo seguro

Durante la ejecución del proyecto, se deberán seguir procedimientos específicos para cada tarea. Estos procedimientos deben ser conocidos y seguidos por todos los miembros del equipo de trabajo para evitar accidentes o daños a las personas o a la instalación.

Planificación de las actividades

Antes de comenzar la realización de una tarea, es preciso elaborar una planificación detallada que permita identificar las actividades que la componen, las herramientas requeridas, los riesgos involucrados y las posibles medidas preventivas a considerar.

Distribución de las tareas

Cada miembro debe conocer las actividades que le corresponden. Una correcta coordinación es fundamental para evitar posibles sobrecargas en un mismo trabajador, y para asegurar que el trabajo se realice de forma eficiente y segura.

Supervisión continua

Deberá realizarse una vigilancia exhaustiva de las actividades durante todo el proceso de ejecución, garantizando el cumplimiento de las medidas de seguridad estipuladas. El supervisor debe ser también el responsable de verificar que los elementos de la instalación se encuentren en condiciones adecuadas.

Revisión de herramientas y equipos

Antes de comenzar una tarea, es preciso comprobar que los elementos involucrados se encuentren en un estado correcto y adecuado para su uso. Esto incluye la verificación de ausencia de daños en cables, ajuste adecuado de los equipos mecánicos, etc.

2.2.2. Equipos de protección individual (EPIs)

El uso adecuado de equipos de protección individual (EPIs) es fundamental para minimizar los riesgos durante la ejecución del proyecto. Se deben utilizar los siguientes equipos en las actividades que componen la fase de ejecución:

- Gafas de protección, para proteger los ojos de posibles salpicaduras o al realizar trabajos de corte que generen partículas potencialmente dañinas.
- Protección auditiva, como pueden ser los tapones para oídos, al realizar tareas que impliquen el uso de herramientas ruidosas.
- Ropa de trabajo resistente. Las prendas que se utilicen durante las actividades de montaje de la instalación deberán minimizar el riesgo de posibles lesiones. Deberá evitarse dejar brazos o piernas expuestos, así como emplear telas gruesas y resistentes.

- Calzado seguro. Se deberán portar zapatos robustos para proteger el pie de posibles daños. Además, la suela deberá ser antideslizante para evitar resbalones. Se desaconseja el uso de calzado abierto, como sandalias o chanclas.

2.2.3. Manipulación segura de herramientas y equipos

Durante la ejecución del proyecto, se utilizarán herramientas manuales y eléctricas, así como componentes pesados. Para minimizar los riesgos asociados a su manipulación, se deben seguir las pautas indicadas a continuación.

Uso adecuado de herramientas

Las herramientas deben ser utilizadas para el propósito para el que han sido diseñadas, respetando las instrucciones que el fabricante aporta. Es preciso realizar una comprobación previa de su estado, garantizando que no haya daños en los cables, partes móviles u otros elementos que puedan suponer un riesgo.

Las herramientas eléctricas no pueden ser utilizadas en ambientes húmedos en ninguna circunstancia.

Manipulación de componentes pesados

Para levantar, trasladar o montar componentes pesados se debe utilizar una técnica de elevación adecuada, distribuyendo el peso entre varias personas.

Prevención de caídas de objetos

Todos los materiales, herramientas y equipos deben ser almacenados de forma correcta, evitando posibles caídas y lesiones.

2.2.4. Pruebas de estanqueidad

Se deben llevar a cabo pruebas de estanqueidad para verificar que no haya fugas en las tuberías y conexiones del sistema, sometiendo la instalación a presiones elevadas. En esta comprobación, pueden surgir riesgos derivados de las posibles filtraciones de agua, tales como resbalones, contacto de agua con partes eléctricas del sistema, etc.

Se deberán tener en cuenta las siguientes medidas preventivas:

- Verificar que todas las válvulas, uniones y conexiones estén correctamente selladas antes de proceder.
- Realizar las pruebas de estanqueidad de manera progresiva y con controles continuos del sistema, evitando fugas masivas.
- Mantener una distancia de seguridad del sistema mientras se realiza la prueba.
- Contar con material absorbente al alcance en el momento de la prueba, para una rápida actuación en caso de ser necesario.
- Prestar especial atención a la ubicación de las conexiones eléctricas de la bomba centrífuga. Esa zona debe permanecer totalmente seca.
- Si las fugas humedecen el suelo, tener especial cuidado al caminar, y secar la superficie lo más pronto posible.

2.2.5. Limpieza y orden en el área de trabajo

En términos generales, el área de trabajo debe mantenerse limpia y ordenada para evitar caídas, además de facilitar un mejor desarrollo de las actividades. En la fase de ejecución de la planta fluidodinámica, se deben tener en cuenta las directrices especificadas a continuación:

Gestión de residuos

Los residuos generados, tales como embalajes, restos de piezas cortadas, papel absorbente, etc., deben ser recogidos y gestionados adecuadamente.

Eliminación de líquidos

En caso de derrames accidentales de agua, se debe limpiar inmediatamente con material absorbente para evitar que el área se vuelva resbaladiza y cause caídas.

Almacenamiento adecuado de herramientas y materiales

Las herramientas y materiales deben guardarse en su sitio correspondiente después de su uso, evitando que puedan suponer un peligro para los operarios, además de facilitar su localización.

2.3. Protocolo de actuación ante incidentes durante la ejecución

La construcción de la planta fluidodinámica experimental es una fase crítica que involucra múltiples operaciones con equipos mecánicos, hidráulicos y eléctricos. Por tanto, es necesario garantizar las condiciones de seguridad para evitar riesgos potenciales.

Durante esta etapa, pueden surgir incidentes imprevistos que requieren una respuesta rápida y coordinada para minimizar los riesgos para el personal involucrado y asegurar la integridad de la instalación. Este protocolo busca establecer los procedimientos a seguir ante posibles incidentes durante el montaje.

2.3.1. Identificación de posibles incidentes durante la ejecución

La construcción de la planta puede implicar una serie de riesgos inherentes a las actividades realizadas. Los incidentes más comunes incluyen:

- Fugas de agua por fallos en las conexiones hidráulicas durante la ejecución de la instalación, que podrían generar inundaciones locales o riesgos para los estudiantes y docentes.
- Cortocircuitos, descargas eléctricas y otros riesgos eléctricos debidos a una mala instalación o a componentes defectuosos en los sistemas de la instalación.
- Diversas lesiones por el manejo de piezas pesadas, componentes móviles o equipos mecánicos. Esto incluye atrapamientos, caídas o golpes.

2.3.2. Procedimiento de actuación ante incidentes

En caso de que se produzca algún incidente durante la construcción, se debe seguir el procedimiento de seguridad pertinente con el objetivo de minimizar los riesgos y garantizar la seguridad. Los pasos a seguir son:

- Parada inmediata de la actividad. Se debe interrumpir inmediatamente cualquier actividad para evitar que el problema se agrave. Es preciso apagar el suministro eléctrico, cerrar válvulas, y detener la maquinaria que esté involucrada en el incidente.
- Evaluación del incidente. Una vez detenida la actividad, un supervisor o personal capacitado deberá evaluar la situación. Es importante determinar la gravedad del incidente para actuar de acuerdo con el protocolo establecido.

- Evacuación del área de riesgo. Si el incidente supone un riesgo inmediato para la seguridad de los trabajadores, como puede ser una fuga de agua a alta presión, una descarga eléctrica o un incendio, se debe evacuar a todo el personal de la zona afectada siguiendo las rutas de evacuación del laboratorio.
- Notificación del incidente. El responsable de seguridad debe ser notificado tan pronto como sea posible y, en caso de que la situación lo requiera, se avisará también a los servicios de emergencia. El personal tiene que seguir las indicaciones de los supervisores y esperar instrucciones para actuar.
- Intervención de los equipos de emergencia. Si el incidente es grave, se debe activar el protocolo de emergencia correspondiente y, en caso de ser necesario, solicitar la intervención de personal especializado.

2.3.3. Medidas de mitigación y prevención

Con la finalidad de minimizar los incidentes durante la fase de ejecución, se proponen las siguientes medidas de mitigación y prevención:

- Inspección previa a la actividad. Antes de comenzar, el área de trabajo debe ser inspeccionada para confirmar que se encuentra en condiciones adecuadas y seguras. Se revisarán las herramientas, equipos y materiales a utilizar.
- Formación del personal. Todo trabajador involucrado en la construcción de la planta debe conocer los procedimientos de seguridad, el manejo de los equipos y en el uso de los equipos de protección.
- Uso de equipos de protección. Todos los trabajadores deben usar los equipos de protección individual necesarios, como guantes, gafas de seguridad, ropa adecuada, calzado antideslizante y protectores auditivos si es necesario.
- Monitoreo continuo de las condiciones de trabajo. Se deberá supervisar el cumplimiento de las medidas de seguridad y realizar intervenciones rápidas en caso de identificar posibles riesgos.

3. PREVENCIÓN DE RIESGOS EN LA FASE DE OPERACIÓN

La fase de funcionamiento u operación de la planta fluidodinámica es crítica en lo que a riesgos se refiere. En esta etapa se concentra el mayor porcentaje de uso de la instalación, acumulando por tanto mayores probabilidades de ocurrencia de un incidente. Los usuarios principales serán estudiantes, sumando un factor de riesgo debido a la falta de experiencia y formación exhaustiva en materia de prevención.

En esta fase, los riesgos deben ser gestionados de manera rigurosa para garantizar la seguridad del alumnado y del personal docente, así como el correcto funcionamiento del sistema. Es fundamental implementar procedimientos adecuados para minimizar los riesgos.

Se engloban en esta etapa la propia utilización de la planta y la realización de mantenimientos necesarios para su correcto funcionamiento.

3.1. Utilización de la planta

Como se ha mencionado, el usuario mayoritario de esta instalación será el alumnado que se encuentre cursando materias de prácticas de laboratorio. Es preciso tener en cuenta una serie de riesgos potenciales derivados de la manipulación y operación de equipos hidráulicos, eléctricos y mecánicos.

A continuación, se detallan los riesgos específicos y las medidas preventivas que deben adoptarse para garantizar la seguridad en esta fase.

3.1.1. Identificación de riesgos en la operación de la planta

Riesgos por presión y caudal del fluido

Uno de los principales riesgos asociados al funcionamiento de la planta fluidodinámica experimental es el manejo de agua en las conducciones. El sistema hidráulico puede presentar peligros como:

- Pérdidas de líquido en el sistema, que constituyen un riesgo para la seguridad por resbalones y posible contacto con las partes eléctricas de la instalación.
- Daños en la estructura por la filtración prolongada de agua que, en caso de eludir la barrera hidrófuga del material del soporte, puede suponer problemas a largo plazo en la estabilidad de la instalación.

Riesgos eléctricos durante el uso de la instalación

La planta cuenta con componentes eléctricos que, si no se manejan adecuadamente, pueden presentar riesgos como:

- Descargas eléctricas. El contacto con cables o equipos mal aislados puede provocar electrocuciones, especialmente en un entorno húmedo.
- Incendios por sobrecarga o cortocircuito. Los sistemas eléctricos defectuosos o mal mantenidos pueden generar incendios.

Riesgos por exposición al ruido

Durante la operación de la planta fluidodinámica se generan niveles de ruido elevados, originados por la bomba y la circulación del agua a través de los distintos elementos hidráulicos. Se identifican los siguientes riesgos:

- Riesgo para la salud auditiva de las personas presentes en el laboratorio. En casos extremos de exposición prolongada a ruidos fuertes, se pueden producir daños auditivos.
- Dificultad de comunicación efectiva. En caso de querer transmitir información relevante o urgente mientras funciona la instalación, puede ser difícil hacerse entender. Esto incrementa la posibilidad de cometer errores y, en casos de emergencia, la alerta podría tardar en conocerse en el laboratorio.

3.1.2. Normas de seguridad en el uso de la instalación

Procedimientos previos a la puesta en marcha

Antes de poner en funcionamiento la planta, el personal auxiliar de laboratorio o el propio profesorado deben seguir los procedimientos descritos a continuación para garantizar que la instalación esté en condiciones seguras:

- Inspección visual de la planta. Se debe verificar que todos los componentes hidráulicos, eléctricos y mecánicos están en buen estado, sin fugas, cables expuestos o daños detectables en los materiales.
- Verificación de las válvulas y conexiones. Revisar que las válvulas abran y cierren correctamente, y que las conexiones estén adecuadamente ajustadas.
- Comprobación de los equipos eléctricos. Es preciso inspeccionar las conexiones y componentes eléctricos para garantizar que no haya riesgos de cortocircuitos.

Actuación segura durante la práctica

Durante la ejecución de las prácticas, el alumnado debe seguir estos procedimientos para minimizar los riesgos:

- Operación controlada. El alumnado debe operar los sistemas de la planta con cuidado, evitando manipular válvulas bruscamente.
- Monitoreo constante de los sistemas. Se debe prestar atención a los sistemas hidráulicos y eléctricos para detectar posibles anomalías o fallos.
- Aviso inmediato de anomalías. En caso de detectar fallos en los sistemas, el alumnado deberá notificarlo al profesorado encargado a la mayor brevedad.

Apagado y limpieza de la instalación

Una vez finalizada la práctica, se deben seguir los procedimientos de apagado y limpieza de la instalación para asegurar que no queden riesgos latentes. Las tareas del alumnado incluyen:

- Desconectar los aparatos eléctricos, desconectar la energía y cerrar las válvulas de agua para evitar cualquier fuga o incidente.
- Realizar una inspección visual antes de abandonar el laboratorio, comprobando que todo haya quedado correctamente parado y sellado.

Asimismo, el personal técnico deberá realizar las siguientes actividades:

- Limpiar las instalaciones para remover cualquier líquido o residuo que pueda haberse acumulado durante la práctica. Inspeccionar que no haya daños o desgastes en los componentes.
- Vaciar el sistema. No se debe dejar agua estancada en el depósito a menos que la planta fluidodinámica vaya a ser usada de nuevo en un periodo temporal corto.

3.1.3. Responsabilidades del alumnado en materia de seguridad

El alumnado tiene un papel activo en el cumplimiento de las normas de seguridad durante las prácticas. Sus responsabilidades incluyen:

- Seguir las instrucciones del docente. Los estudiantes deben acatar las órdenes del profesorado y otro personal de autoridad en el laboratorio. Además, están obligados a seguir los procedimientos de seguridad de la práctica.
- Uso correcto de los equipos de protección. Si el profesorado lo considera preciso, el alumnado deberá utilizar los EPIs correspondientes durante la realización de la práctica. Esto incluye:
 - Gafas de protección. Al trabajar con un sistema a presión, es preciso evitar daños oculares en caso de un posible fallo.
 - Tapones. La exposición prolongada al ruido excesivo puede afectar a la salud auditiva.
 - Bata de laboratorio. Siguiendo la normativa general del laboratorio, es obligatorio llevar esta prenda durante la realización de ensayos.
- Informe de fallos. Si se detecta cualquier incidente o defecto en la instalación, se debe informar inmediatamente al docente o responsable de seguridad.
- Actuar con responsabilidad. El alumnado debe actuar siempre con precaución, evitando realizar manipulaciones innecesarias o imprudentes en los equipos.

3.1.4. Protocolo de actuación ante incidencias durante la práctica

La adecuada implantación de medidas preventivas no es infalible, pudiendo tener lugar diversas incidencias durante el uso de la planta. En estos casos, el alumnado debe seguir el siguiente protocolo de actuación:

- Detener inmediatamente la actividad. Se debe interrumpir la realización de la práctica para evitar un riesgo mayor.
- Alertar al docente o supervisor. Se debe alertar rápidamente al profesorado para que se tomen las medidas necesarias.
- Evacuar la zona. Si la magnitud del incidente lo requiere, se debe paralizar la actividad del laboratorio y evacuar el área siguiendo las rutas predeterminadas.

Existen múltiples orígenes de riesgos en la utilización de la planta fluidodinámica. Por ello, se especifica a continuación un modo de actuación para los principales casos:

Fugas de agua

Se deben cerrar todas las válvulas y apagar el equipo de impulsión, evitando el contacto directo con el agua para no resbalar o caer. Secar la zona afectada con la mayor prontitud.

Descargas eléctricas

Desconectar el suministro eléctrico siempre que sea seguro hacerlo. Se recomienda cortar la corriente directamente en el cuadro eléctrico ubicado junto a la puerta de acceso al laboratorio. Evitar tocar a la persona afectada y llamar a emergencias.

Lesiones mecánicas

Si hay atrapamientos, cortes u otras lesiones, se debe intentar liberar a la persona afectada siempre que no se ponga en riesgo su seguridad ni la de quienes ayudan. Proporcionar primeros auxilios si es posible y necesario. En caso de condiciones médicas graves, alertar a los servicios de emergencias.

3.2. Mantenimiento de la planta fluidodinámica

Es esencial llevar a cabo los mantenimientos pertinentes para garantizar que la instalación opere de forma correcta y segura. La realización de revisiones periódicas de los diferentes sistemas ayuda, además, a detectar deficiencias y anomalías con prontitud, previniendo posibles futuros incidentes.

Es preciso llevar a cabo las funciones descritas de acuerdo con las normas y medidas preventivas correspondientes, consiguiendo así minimizar los riesgos inherentes a las operaciones de reparación, inspección y limpieza.

3.2.1. Identificación de riesgos en el mantenimiento

El mantenimiento de la planta fluidodinámica experimental implica diversas actividades que, si no se llevan a cabo correctamente, pueden suponer riesgos. A continuación, se estudian los diferentes orígenes de posibles incidentes.

Riesgos eléctricos

Durante el mantenimiento de los sistemas eléctricos, pueden surgir riesgos debido al contacto con componentes con corriente. Destacan:

- Electrocución. El contacto accidental con cables, interruptores o equipos mal aislados puede provocar descargas eléctricas.
- Cortocircuitos. Si no se desconecta adecuadamente el sistema eléctrico, las reparaciones podrían generar cortocircuitos, aumentando significativamente el riesgo de incendio o daño a los equipos.

Riesgos mecánicos

La manipulación y desmontaje de componentes mecánicos presentan diversos riesgos, tales como:

- Atrapamientos por manipulación de piezas móviles. Durante la revisión de bombas, válvulas y otros elementos, el personal puede quedar atrapado o ser golpeado por diversas piezas.
- Lesiones por uso de herramientas inadecuadas o mal mantenidas. Esto puede ocasionar cortes, golpes o fracturas.
- Lesiones por manipulación de elementos pesados. La instalación cuenta con ciertos elementos que, debido a su elevado peso y grandes dimensiones, puede derivar en golpes o atrapamientos graves.

Riesgos por manipulación de fluidos

El mantenimiento de la instalación incluye la manipulación del agua almacenada en el depósito de la planta. Esto puede suponer diversos riesgos:

- Inundaciones o derrames. Un incorrecto manejo de las válvulas, o un posible fallo en las conexiones, puede derivar en fugas, derrames e inundaciones dependiendo de la magnitud del problema. Esto acarrea riesgos de caídas, resbalones, daños a la estructura, contacto de agua con las partes eléctricas de la instalación, etc.

3.2.2. Procedimientos de mantenimiento seguro

Para llevar a cabo un mantenimiento adecuado y seguro, se proponen una serie de procedimientos que permitan minimizar los riesgos durante las operaciones.

Inspección periódica de los sistemas

La inspección debe ser llevada a cabo por personal cualificado y formado en este tipo de mantenimientos. Se busca garantizar que todos los componentes de la planta, incluidos los sistemas hidráulicos, eléctricos y mecánicos, se encuentren en condiciones óptimas de funcionamiento. Las revisiones deben incluir:

- Revisión de conexiones y válvulas, verificando que no existan fugas, piezas sueltas, ni fallos en el funcionamiento.
- Revisión de cables y conexiones eléctricas, comprobando que no haya daños en los conductores, tales como quemaduras, roturas u otros problemas.
- Inspección de la operación de la bomba centrífuga, corroborando que no existan fugas y que el caudal suministrado sea adecuado.

Reparación o reemplazo de elementos defectuosos o dañados

En caso de que la inspección descubra daños o defectos en algún componente, se debe realizar la correspondiente sustitución o reparación siguiendo el procedimiento de seguridad descrito a continuación:

- Desconectar los sistemas de la corriente eléctrica. Cortar la electricidad para evitar riesgos eléctricos antes de realizar cualquier sustitución de componentes.
- Cerrar las válvulas de abastecimiento de agua al sistema. Antes de proceder, se debe cortar el paso de agua del laboratorio para evitar fugas.
- Sustitución o reparación de las piezas desgastadas siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Verificación de conexiones. Una vez realizado el mantenimiento, se debe comprobar que no existan fugas de agua, y que todos los sistemas están correctamente conectados.

Control y limpieza de los depósitos y circuitos

Es fundamental realizar limpiezas del sistema hidráulico para evitar la acumulación de residuos o sedimentos que afecten al rendimiento de la planta. Para ello, se recomienda el siguiente procedimiento:

- Vaciado del depósito y de las conducciones. Antes de realizar cualquier limpieza o mantenimiento, el sistema debe ser vaciado de manera controlada.
- Limpieza de las superficies internas. En caso de detectar acumulación de residuos, se deben limpiar los circuitos y el depósito con productos no corrosivos para los materiales que componen la instalación.
- Revisión de la integridad de los depósitos. Se debe verificar que los depósitos no presenten fisuras, corrosión u otros daños que puedan comprometer su funcionamiento.

3.2.3. Responsabilidades del personal técnico

El personal técnico es responsable de garantizar que el mantenimiento y las reparaciones se lleven a cabo de forma segura y eficiente. Esto incluye la planificación y realización de las inspecciones, así como el control de las herramientas y equipos que intervengan en la planta fluidodinámica experimental.

3.2.4. Registro de operaciones de mantenimiento y revisiones

Es esencial llevar un registro de las inspecciones y operaciones de mantenimiento realizadas en la instalación, con el fin de tener un correcto seguimiento del estado de la planta fluidodinámica. Dicho documento debe figurar por escrito, incluyendo:

- Fecha y hora de las intervenciones, permitiendo comprobar si los mantenimientos se realizan dentro de los plazos establecidos.
- Descripción de las tareas realizadas, detallando qué actividades se han llevado a cabo en la inspección.
- Observaciones sobre el estado de los equipos. Además de informar de reemplazos y reparaciones en piezas dañadas, se debe especificar el estado de aquellos elementos del sistema en las que no se requiriese intervenir. Esto es especialmente interesante en aquellos componentes que necesitan mantenimientos periódicos, consiguiendo prever cuándo se deberán reemplazar.

- Firma del personal responsable. Toda inspección o mantenimiento debe ir acompañada de la firma del técnico responsable, certificando que la tarea ha sido realizada correctamente. Esto permite identificar a la persona encargada de la actividad en caso de futuras consultas.

Estos registros son esenciales para el seguimiento del estado de la planta fluidodinámica. Un adecuado plan de mantenimiento es clave para verificar la seguridad y fiabilidad de la instalación.

4. MEDIDAS DE SEGURIDAD GENERALES

En el presente documento, se han especificado aquellas medidas de prevención de riesgos relativas a las diferentes actividades vinculadas con la planta fluidodinámica experimental. Es preciso aclarar que, además de las medidas propuestas, se deberán tener en cuenta los planes propios del laboratorio de la Facultad de Ciencias.

No es objeto de este proyecto la determinación de medidas de seguridad generales del edificio de Laboratorios. Simplemente se considera oportuno mencionar que todo el personal y alumnado deberá estar informado sobre los planes de emergencias y evacuación. Además, es recomendable realizar simulacros del plan de actuación, así como revisiones periódicas de las medidas para garantizar la seguridad y minimizar los posibles riesgos.