



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

CARACTERIZACIÓN DE UNA VÁLVULA HIDRÁULICA DE DN50 (2") SEGÚN NORMA UNE-EN 1074-5 "Válvulas de control"

Trabajo Final de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Curso 2019/2020

Autor:

Carlos Montesinos Rodríguez

Tutor:

D. Ibán Balbastre Peralta

Valencia, junio de 2020.

Caracterización de una válvula hidráulica según Norma UNE-1074

Autor: Carlos Montesinos Rodríguez

Tutor: D. Iban Balbastre Peralta

Valencia, junio de 2020

Abstract

The aim is to characterise a DN50 (2") hydraulic diaphragm valve supplied by a certain manufacturer in order to check whether it complies with the requirements and conditions of use established in Standard UNE-EN 1074-5 "Control valves". The tests will be conducted in the Hydraulic Engineering and Irrigation Laboratory of the E.T.S de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Natural. The laboratory has the necessary equipment to carry out the tests according to the methodology stipulated in this standard. The verification tests to be carried out are the following:

Section 5.3.1: Flow coefficient Kv and pressure losses

Section 5.3.2: Hydraulic control characteristics Control pressure

The results obtained in these tests allow us to know two of the main characteristics of a hydraulic element: what pressure loss or energy loss is produced by its installation in an irrigation system and what is the range of pressures and flows in which the valve can work optimally. Comparing the results obtained experimentally with those provided by the manufacturer, it can be deduced that the valve tested does not comply with the requirements established in Standard UNE-1074, according to which it has been tested.

Key words: Hydraulic valve, Standard UNE-1074, flow coefficient, regulation pressure.

Resumen

Se pretende realizar la caracterización de una válvula hidráulica de diafragma DN50 (2") suministrada por cierto fabricante con el fin de comprobar si cumple con los requisitos y condiciones de uso establecidos en la Norma UNE-EN 1074-5 "Válvulas de control". Los ensayos se realizarán en el Laboratorio de Ingeniería Hidráulica y Riego de la E.T.S de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Natural. El laboratorio cuenta con el equipamiento necesario para realizar los ensayos según la metodología estipulada en dicha norma. Los ensayos de verificación a realizar son los siguientes:

Apartado 5.3.1: Coeficiente de caudal Kv y pérdidas de carga

Apartado 5.3.2: Características hidráulicas de regulación. Presión de regulación

Los resultados obtenidos en dichos ensayos permiten conocer dos de las características principales de un elemento hidráulico: que pérdida de carga o pérdida de energía produce su instalación en un sistema de riego y cuál es el rango de presiones y caudales en el que puede trabajar la válvula de manera óptima. Comparando los resultados obtenidos experimentalmente con los aportados por el fabricante, se deduce que la válvula ensayada no cumple con los requisitos establecidos en la Norma UNE-1074, según la cual ha sido ensayada.

Palabras clave: Válvula hidráulica, Norma UNE-1074, coeficiente de caudal, presión de regulación.

*En agradecimiento al
personal del Laboratorio de Hidráulica y Riegos*

Índice

1.	Introducción	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Válvulas hidráulicas	2
1.3	Tipología de válvulas hidráulicas	3
1.4	Utilidad	3
1.5	Normativa	5
1.5.1	Normas de consulta	5
2.	Objetivos	6
3.	Materiales y métodos	6
3.1	Norma UNE-EN 1074-5: Válvulas de control	6
3.2	Válvula ensayada	9
3.3	Funcionamiento básico	12
3.3.1	Funcionamiento válvula de tres vías	13
3.3.2	Función de regulación mediante piloto de tres vías	13
3.4	Banco de ensayo	16
3.5	Instalación y sensores utilizados	18
3.6	Condiciones de ensayo y ensayos realizados	20
3.7	Ensayos realizados	21
3.7.1	Ensayo de resistencia al flujo. Curva de pérdidas de carga, obtención k_v y k_s (5.3.1 Norma UNE EN 1074-5)	21
	Apartado 1: Resistencia al flujo de los tramos rectos de tubería sin válvula instalada	21
	Apartado 2: Pérdidas de carga de la válvula	22
	Apartado 3: Coeficiente de resistencia al flujo ζ (Zeta) o coeficiente de singularidad K_s	23
	Apartado 4: Coeficiente de la válvula o K_v	24
	Apartado 5: Coeficiente de caudal C_v	25
3.7.2	Características hidráulicas de regulación. Válvulas de control que realizan la función de regulación de presión. (5.3.2 Norma UNE EN 1074-5)	25
	Apartado 1: Ensayo a presión mínima admisible	26
	Apartado 2: Ensayo a presión máxima admisible	26

4.	Resultados.....	26
4.1	Ensayo de resistencia al flujo. Curva de pérdidas de carga, obtención k_v y k_s (5.3.1 Norma UNE EN 1074-5).....	26
	Apartado 1: resistencia al flujo de los tramos de tubería rectos sin válvula instalada	26
	Apartado 2: Resistencia al flujo de la válvula ensayada. Pérdidas de carga.	27
	Apartado 3: Coeficiente de resistencia al flujo o K_s	29
	Apartado 4: Coeficiente de la válvula o K_v	29
	Apartado 5: Coeficiente de caudal C_v	29
4.2	Características hidráulicas de regulación. Válvulas de control que realizan la función de regulación de presión. (5.3.2 Norma UNE EN 1074-5).....	30
	Apartado 1: Ensayo a presión mínima admisible	30
	Apartado 2: Ensayo a presión máxima admisible	31
5.	Discusión	32
6.	Conclusiones	33
7.	Bibliografía	34
7.1	Bibliografía de consulta	34
	ANEXOS.....	35
8.	Anexo 1: Componentes del banco de ensayo	36
8.1	Bombas.....	36
8.2	Caudalímetros	37
	8.2.1 Error de medida del caudal	39
8.3	Medición de presión.....	40
	8.3.1 Error medición de la presión.	41
8.4	Sistema de adquisición de medidas.	42
8.5	Regulación de caudales y presiones del banco.	43
9.	Anexo 2: Ensayo 5.3.1 Coeficiente de caudal K_v y pérdidas de carga en tuberías y válvula.	45
	Apartado 1: Resistencia al flujo de los tramos de tubería rectos sin válvula instalada	45
	Apartado 2: Resistencia al flujo de la válvula ensayada. Pérdidas de carga.	46
	Apartado 3: Coeficiente de resistencia al flujo o K_s	47

10. Anexo 3: Ensayo 5.3.2 Características hidráulicas de regulación. Válvulas de control que realizan la función de regulación de presión.	49
Apartado 1: Ensayo a presión mínima admisible	49
Apartado 2: Ensayo a presión máxima admisible	50
11. Anexo 4: Esquemas y planos	51

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Válvula hidráulica ensayada de DN50	9
Ilustración 2: Esquema y partes válvula hidráulica TAURUS DN 2"	10
Ilustración 3: Componentes válvula TAURUS DN2"	11
Ilustración 4: Funcionamiento de la válvula hidráulica (a) válvula cerrada y (b) válvula abierta.	12
Ilustración 5: Direccionamiento de la válvula de tres vías (C: closed; O: Open; A; Auto).....	13
Ilustración 6: Actuación del piloto de tres vías	14
Ilustración 7: Partes del piloto de 3 vías conectado a la válvula.....	15
Ilustración 8: Banco de ensayo del laboratorio.....	16
Ilustración 9: Transductores de presión y manómetros diferenciales.....	17
Ilustración 10: Válvula de compuerta DRENHO	17
Ilustración 11 : Línea de ensayo utilizada con la válvula TAURUS conectada.....	18
Ilustración 12: Disposición del banco de ensayo para válvulas rectas.....	18
Ilustración 13: Conexionado de los sensores	19
Ilustración 14: Contador electromagnético	38
Ilustración 15: Manómetro diferencial	41
Ilustración 16: Tarjetas NI modelo PCI.....	43
Ilustración 17: Válvula de compuerta Hawido	44
Ilustración 18: Esquema general de la instalación según Norma UNE-EN 1267.....	51
Ilustración 19: Componentes de la instalación	51

Índice de gráficas

Gráfica 1: Evolución de los sistemas de riego	1
Gráfica 2: Sistemas de riego según superficie agraria	2
Gráfica 3: Pérdida de carga en la tubería de ensayo PVC DN63 PN16.....	27
Gráfica 4: pérdida de carga de la válvula DN50	28
Gráfica 5: Ábaco de pérdidas de carga.....	28
Gráfica 6: Características de regulación Qmax-Qmin a presión mínima.	30
Gráfica 7: Características de regulación Qmax-Qmin a presión máxima.....	31
Gráfica 8: Curva característica de la bomba.	37

Gráfica 9: Pérdida de carga de la tubería sin la válvula	45
Gráfica 10: Pérdida de carga de la válvula.	47

Índice de tablas

Tabla 1: Resumen de la Norma UNE-EN 1074-5 y referencias a Norma UNE-EN 1074-1.....	7
Tabla 2: Valores de presión para la realización del ensayo	8
Tabla 3: Ratios de fuga definidos para el ensayo de estanqueidad del asiento	9
Tabla 4: Características de la válvula TAURUS DN50 (2")	10
Tabla 5: Dimensiones de la válvula	11
Tabla 6: Conexionado del piloto de 3 vías.....	14
Tabla 7: Dispositivos de medida utilizados	19
Tabla 8: Diámetro del orificio de las tomas de presión.	20
Tabla 9: Ecuación de la pérdida de carga tubería DN63	26
Tabla 10: Ecuación de la pérdida de carga de la válvula.....	27
Tabla 11: Valores del ensayo de regulación a presión mínima.....	30
Tabla 12: Valores del ensayo de regulación a presión máxima	31
Tabla 13: Características del sistema adquisición de datos del Banco de ensayos LHIR.	42
Tabla 14: Tramo recto según condiciones de ensayo	51

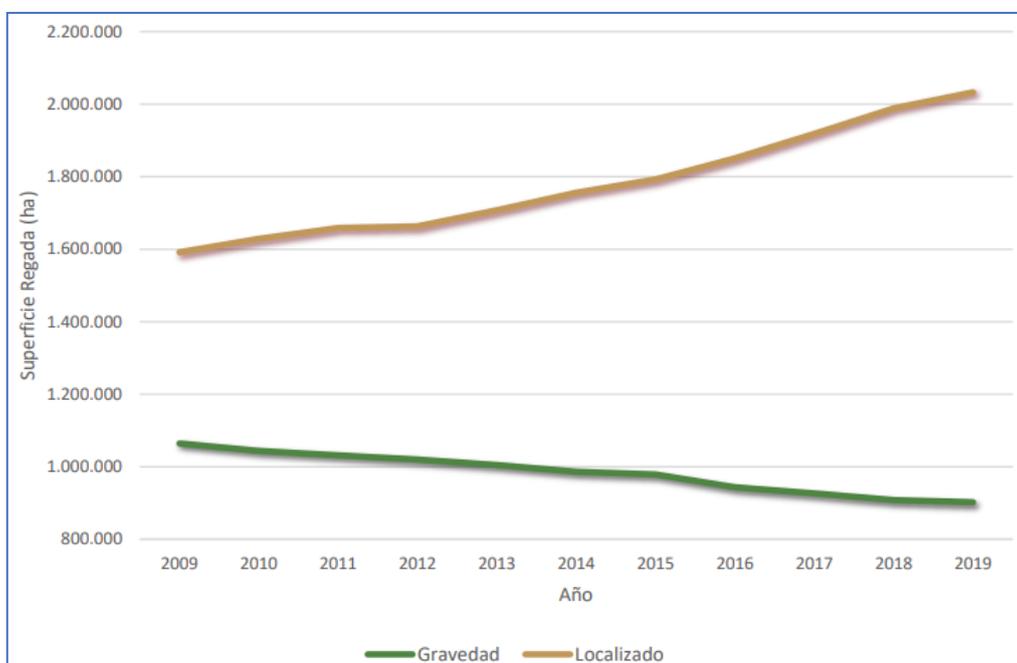
1. Introducción

1.1 Antecedentes

El riego localizado en España presenta una tendencia claramente alcista durante los últimos años. El incremento de la superficie regada va acorde con un cambio en los distintos sistemas de riego: el riego localizado es el sistema que más ha aumentado en los últimos años, un 18.77% desde 2009, y presenta cada año un crecimiento continuo. El riego automotriz crece un 8.41% en el intervalo 2009-2018. El sistema de aspersión sufre fluctuaciones más importantes, debido a que es un sistema más propio de cultivos herbáceos. En general, los sistemas de riego tecnificado presentan un crecimiento continuo durante los últimos años, en contraposición a la disminución de superficie con sistemas de riego por gravedad y otros sistemas. (ENCUESTA SOBRE SUPERFICIES Y RENDIMIENTOS DE CULTIVO, 2019).

Para el correcto análisis de los datos ofrecidos por el ESYRCE¹ y para poder evaluar la evolución de los sistemas de riego, deben de tenerse en cuenta las variaciones en los últimos años en la disponibilidad de los recursos hídricos en las distintas regiones. Ha habido años de sequía importante, como el 2014, 2015 y 2017 y campañas anormalmente húmedas como las de los años 2010 y 2013. En general, se ratifica el crecimiento continuo y constante de los sistemas de riego localizado en detrimento de los sistemas de riego por gravedad.

Gráfica 1: Evolución de los sistemas de riego

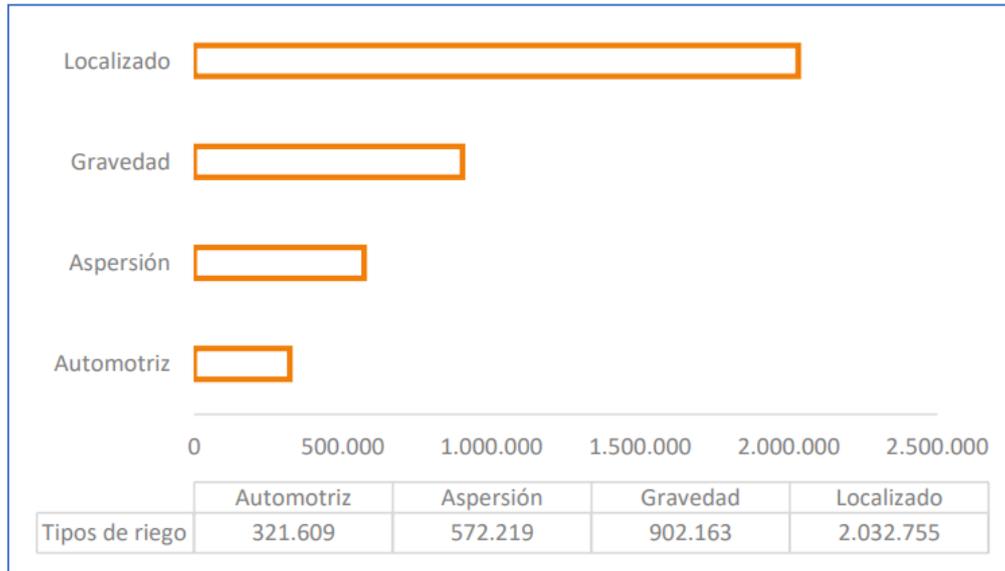


Si se analiza la evolución de los sistemas de riego tecnificado en función de la superficie agraria, el total de la superficie regada en España en 2019 es de 3.828.747 ha. Entre estas, el riego

¹ Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivo.

localizado representa el 53.09% del total (2.032.755 ha), el riego por aspersión el 14.95% (572.219 ha) y el riego automotriz el 8.40% (321.609 ha). En conjunto, los sistemas de riego tecnificado representan el 76.44% de la superficie regada total, frente al 23.56% de los sistemas de riego por gravedad (902.163 ha). (ENCUESTA SOBRE SUPERFICIES Y RENDIMIENTOS DE CULTIVO, 2019)

Gráfica 2: Sistemas de riego según superficie agraria



A la vista de la evolución de los sistemas de riego a lo largo de los últimos años, las explotaciones agrarias muestran una preferencia por los sistemas de riego más eficientes en términos hídricos y energéticos, donde el consumo de agua es menor que en los sistemas por gravedad, ajustándose de manera precisa a las necesidades del cultivo.

Por ello, desde principios de siglo el sector viene experimentando una importante tecnificación de todos los componentes que integran los sistemas de riego a presión, con el fin de obtener el máximo rendimiento de los cultivos con el mínimo requerimiento hídrico. En consecuencia, la utilización de una normativa UNE-EN que garantice que los elementos cumplan los requisitos establecidos es trascendental para alcanzar sistemas de máxima eficiencia.

1.2 Válvulas hidráulicas

Una válvula hidráulica o de accionamiento hidráulico es aquella que emplea la propia energía del agua en forma de presión para realizar el cierre o apertura de la misma. Este tipo de valvulería es comúnmente utilizado en redes de distribución de agua para riego para la realización de funciones de maniobra, control, regulación de parámetros y protección de los equipos. Estas funciones pueden ser automatizadas si se instalan electroválvulas, un dispositivo que, mediante la conversión de una corriente eléctrica en energía mecánica por un solenoide, permite accionar la válvula a la que esté instalada. Mediante la inserción de los elementos adecuados se podrá dotar a la válvula de las funciones mencionadas.

1.3 Tipología de válvulas hidráulicas

Las válvulas hidráulicas se clasifican según la función que realicen. Se pueden clasificar en:

1. Valvulería de maniobra

- De funcionamiento manual
- De funcionamiento automático: electroválvulas

2. Valvulería de regulación

- Reductoras de presión
- Sostenedoras de presión
- Sostenedoras-reductoras
- Limitadoras de caudal

3. Valvulería de protección

- De alivio rápido
- Reductoras de presión
- Válvulas de retención
- Válvulas anticipadoras de onda
- Válvulas de control de bombeo
- Válvulas anti-rotura o anti-inundaciones

4. Valvulería de control

- Limitadoras de caudal
- De llenado de depósito
- De altitud
- Válvulas volumétricas

1.4 Utilidad

En función del tipo de válvula, el montaje, instalación y los elementos incorporados, la válvula podrá realizar diversas funciones:

Aplicaciones de las válvulas de maniobra

Estas válvulas, si disponen de accionamiento automático o electroválvula permiten automatizar la apertura y cierre de la misma mediante un dispositivo eléctrico en función de las necesidades de riego, en el día y hora seleccionados. Además, permiten la sectorización de las parcelas de una comunidad de regantes.

Aplicaciones de válvula de regulación

- Válvulas reductoras de presión

En redes colectivas de riego, se debe garantizar que la presión en las tomas de agua de los usuarios no sea elevada y, por ello, se instalan aguas arriba de los hidrantes de la red. Un ejemplo: la diferencia de cota de los hidrantes y la del depósito de almacenamiento de una comunidad de regantes es de 100 metros. Si no se instala una válvula reductora de presión, la presión máxima sería de 100 m.c.a (en función de las pérdidas de carga y de la cota del agua del depósito) si no hay demanda de agua, por ejemplo, en un periodo de lluvias. Los valores mínimos de presión se alcanzan cuando la demanda es máxima. A pie de parcela se requiere garantizar un mínimo de 25 m.c.a para que el sistema de riego funcione uniformemente. Si la válvula se tara a este valor de presión, la presión aguas abajo de la válvula será constante a pie de parcela. En los sistemas de riego por goteo con sistemas no autocompensantes, es imprescindible que la presión sea constante en el punto de alimentación de la parcela para asegurar un caudal uniforme en todos los emisores.

Si se instalan en redes con diferencias importantes entre las cotas geométricas de captación y origen de alimentación de la red, y tramos secundarios y terciarios, se consigue reducir tanto la presión en servicio como la estática, pudiendo minimizar el timbraje de las tuberías.

- Válvulas sostenedoras de presión

Mediante esta función, las válvulas garantizan el suministro a las zonas más desfavorables de una red de riego. Así, si se colocan en el ramal principal de la red, cuando la presión decrezca aguas arriba debido a la demanda de caudal en los hidrantes de menor cota, se garantiza que los hidrantes de cotas superiores no queden sin suministro.

Además, los sistemas de limpieza de filtros automáticos en cabezales de riego requieren una presión mínima para iniciar el proceso de limpieza. En situaciones extremas y debido al exceso de demanda en la red que abastece, esta presión no siempre se consigue. Si se instala a la salida de la estación una válvula sostenedora se puede garantizar esta presión mínima necesaria.

- Válvulas reductoras-sostenedoras de presión

Mediante la adecuada combinación y conexión de dos pilotos multifunción, se puede conseguir que la válvula garantice que la presión aguas arriba se mantenga por encima de un valor prefijado a la vez que se reduce la presión aguas abajo para que los hidrantes situados en la parte inferior no estén sometidos a presiones elevadas. No es frecuente su aplicación en redes de riego, aunque en algunas circunstancias puede resultar de interés.

- Válvulas limitadoras de caudal

La función de estas válvulas es limitar a un nivel máximo el caudal que circula por ellas. Son frecuentemente utilizadas en parcelas de grandes dimensiones con sistema de riego, para limitar el caudal disponible para cada regante.

Aplicaciones de válvulas de protección

Las válvulas de protección protegen a los elementos situados aguas abajo de los posibles picos de presión que puedan originarse, por ejemplo, una parada repentina de una bomba por una caída eléctrica.

Aplicación de válvulas de control

Las válvulas de control permiten, por ejemplo, el llenado de depósitos. Estas válvulas pueden ser de accionamiento directo (similar a las de los retretes) o de accionamiento hidráulico, que son las instaladas en cada depósito. Este sistema permite mantener una cota de agua en el depósito constante. Si la cota disminuye, el flotador cae y la válvula abre para proceder al llenado del depósito.

Las válvulas volumétricas controlan el paso del agua a través de la señal de un contador instalado a ella, de manera que la válvula se cierra automáticamente cuando ha pasado el volumen prefijado. Las válvulas volumétricas se utilizan para la apertura y cierre del agua a parcela y la limitación de caudal que llega a las mismas.

1.5 Normativa

En la Norma UNE-EN 1074-5: Válvulas de control, referida a válvulas de control, se recogen los requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados para válvulas de control automáticas, con función de regulación, a utilizar en o conectadas con, sistemas de tuberías de suministro de agua.

La parte 1 de la Norma UNE-EN 1074 establece los requisitos generales y procedimientos de ensayo a llevar a cabo durante el proceso de producción y la verificación de la conformidad de estas válvulas. Los requisitos detallados dependen de los tipos de válvulas, y vienen definidos en las partes 2 a 6 de la norma 1074. Para el presente ensayo, se seguirá únicamente el procedimiento estipulado en el apartado 5.

1.5.1 Normas de consulta

Esta norma incorpora referencias a otras publicaciones, citadas en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación:

- EN 805: *Suministro de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes*
- EN 1074-1: *Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados. Parte 1: Requisitos generales.*
- EN 1074-2: *Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados. Parte 2: Válvulas de seccionamiento.*
- EN 1267: *Válvulas. Ensayo de resistencia al flujo utilizando agua como fluido de ensayo.*

2. Objetivos

En el presente estudio, se realizará la caracterización de una válvula hidráulica de membrana DN50 (2"). En primer lugar, se procederá al estudio de los elementos constitutivos de dichas válvulas, así como las funciones básicas que pueden realizar. En segundo lugar, se realizará la caracterización de la válvula hidráulica según el procedimiento y requisitos especificados en la Norma UNE-EN 1074-5: Válvulas de control. Para ello, el fabricante ha entregado para el ensayo seis unidades de este modelo.

La correcta caracterización de los elementos que componen las redes de distribución resulta indispensable para realizar su selección e instalación.

El proceso de caracterización se realizará en el Laboratorio de Hidráulica y Riego de la E.T.S de Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Valencia.

3. Materiales y métodos

3.1 Norma UNE-EN 1074-5: Válvulas de control

Siendo una válvula de control una válvula utilizada para la regulación, dentro de unos límites especificados, de caudal, nivel o presión (aguas arriba o aguas abajo), se dividen en dos tipos:

- Válvula de control autónomo: con capacidad intrínseca de regular la función utilizando la energía del agua mediante el ajuste de la posición del obturador.

Si la fuerza se aplica (mediante un muelle o un diafragma) directamente al obturador, la válvula es de acción directa. En cambio, si la fuerza se aplica mediante una válvula pilotada ajustable, la válvula es de acción pilotada.

- Válvula de control no autónomo: requieren un sistema de control con una fuente de energía exterior para regular la función especificada.

Las válvulas de control con funciones de regulación de presión, o de nivel, deben ser estancas a nivel de asiento cuando estén cerradas. A su vez, el fabricante debe indicar, en la documentación técnica adecuada, los límites de trabajo de la válvula y todas las condiciones particulares requeridas para su instalación y puesta en marcha.

1074-5 Apartado 5: Requisitos de funcionamiento

Tabla 1: Resumen de la Norma UNE-EN 1074-5 y referencias a Norma UNE-EN 1074-1

Apartado	Valores	Ratio de verificación	Norma de consulta	Procedimiento
5.1 Resistencia mecánica				
5.1.1 Resistencia de la carcasa y de todos los componentes sometidos a la presión interior.	$> PEA^2$ ó $1.5 \times PFA^3$	No debe apreciarse visualmente ninguna fuga exterior ni otra señal de defecto.	5.1.1 Norma 1074-1	Anexo A
5.1.2 Resistencia a la presión diferencial	Presión diferencial igual al menor de $1.5 \times PFA$ ó $PFA + 5$	En posición de válvula cerrada, deben resistir sin sufrir ningún daño.	5.1.2 Norma 1074-1	Anexo B
5.1.3 Resistencia de las válvulas a flexión	Para DN50, aplicar un momento flector de 525 N·m	Con una presión en el obturador igual a PFA: - No detectar visualmente ninguna fuga exterior. - Presentar un ratio de fuga en el obturador que no supere al ratio de fuga en el asiento inmediatamente superior.	5.1.3 Norma 1074-1	Anexo C
5.2 Estanqueidad				
5.2.1 De la carcasa y de todos sus componentes sometidos a presión	- A la presión interior: PEA ó $1.5 \times PFA$ - A la presión exterior	No debe detectarse visualmente ninguna fuga exterior. - Estanca a la entrada de agua, aire o cualquier otra materia extraña. - Cualquier variación de presión durante el ensayo no debe superar el valor de 0.02 bar.	5.2.1.1 Norma 1074-1 5.2.1.2 Norma 1074-1	Anexo D
5.2.2 Estanqueidad del asiento	- A presión diferencial elevada: $1.1 \times PFA$ - A presión diferencial baja: 0.5 bar	En la posición de la válvula cerrada, el asiento debe ser estanco con un ratio de fuga definido y seleccionado entre los ratios A y G. (Tabla 3) Ratios de fuga conforme al apartado anterior	5.2.2.1 Norma 1074-1 5.2.2.2 Norma 1074-1	Requisitos conforme con el apartado 5.2.2.1 5.2.3 Norma EN 1074-2:2000

² PEA, presión de ensayo admisible: máxima presión hidrostática que puede resistir un componente, durante un periodo de tiempo relativamente corto, para asegurar la integridad y la estanqueidad de la conducción.

³ PFA, presión de funcionamiento admisible: Presión hidrostática máxima que un componente es capaz de resistir de forma permanente en servicio.

Apartado	Valores	Ratio de verificación	Norma de consulta	Procedimiento
5.3 Características hidráulicas				
5.3.1 Coeficiente de caudal Kv	Kv	Coeficiente de caudal dentro del rango de $\pm 10\%$ del valor facilitado por el fabricante.	5.3 Norma 1074-1	Apartado 5 "Procedimiento de ensayo" Norma EN 1267
5.3.2 Características hidráulicas de regulación	- Válvulas de control que realizan la función de regulación de presión	Los valores obtenidos deben estar dentro de las tolerancias definidas en la documentación del fabricante.	5.3.2 Norma 1074-5	Anexo B
5.4 Resistencia a los productos desinfectantes	- Solución acuosa de NaClO, que contenga 50 mg/l de cloro (expresado como Cl ₂) - Llenar la válvula con la solución, purgar el aire y dejar en reposo durante 48 hr.	Se debe superar el ensayo de estanqueidad del asiento, de acuerdo con los apartados 5.2.2.1 y 5.2.2.2	5.4 Norma 1074-1	Anexo E
5.5 Resistencia a la fatiga	- se fija la posición válvula abierta y se mantiene 15 s a PMA ⁴ $\pm 10\%$. - se fija la posición válvula cerrada y se incrementa la presión diferencial hasta PMA $\pm 10\%$ durante 15 s. - repetir durante 2500 ciclos	Se deben satisfacer: - ensayos del apartado 5.3, con los valores dentro del rango $\pm 5\%$ de los valores medidos antes del ensayo de resistencia a la fatiga - ensayos 5.2.1 y 5.2.2 con la misma relación de fugas	5.5 Norma 1074-5	Anexo D

Tabla 2: Valores de presión para la realización del ensayo

PN	PFA ^a	PMA ^a	PEA ^b
16	16	20	25
^a PFA y PMA se aplican a válvulas en todas las posiciones, desde totalmente cerrada a totalmente abierta ^b PEA sólo se aplica a válvulas que estén en la posición totalmente cerrada.			

La tabla muestra los valores mínimos de PMA y PEA. Los catálogos del fabricante pueden indicar valores más altos, con la condición de que se hayan verificado los requisitos de esta norma para esos valores. En este caso, PEA no debe ser menor a 1.5 PMA o PMA + 5 bar, sea cual sea el valor mínimo.

⁴ PMA, presión máxima admisible: Presión máxima que se alcanza algunas veces, incluyendo sobrepresiones, que un componente es capaz de resistir en servicio.

Tabla 3: Ratios de fuga definidos para el ensayo de estanqueidad del asiento

Fluido de ensayo	Tasa A	Tasa B	Tasa C	Tasa D	Tasa E	Tasa F	Tasa G
Líquido	Ninguna fuga detectada visualmente durante la duración del ensayo	0.01 x DN	0.03 x DN	0.1 x DN	0.3 x DN	1.0 x DN	2.0 x DN

3.2 Válvula ensayada

La válvula ensayada es una válvula hidráulica de DN50 (2") que utiliza la energía del agua para realizar las maniobras de apertura y cierre. Independientemente del modelo, estas válvulas se componen de:

- Cuerpo o carcasa: estructura que recoge y protege el resto de los elementos de la válvula. El material de la carcasa de la válvula a ensayar es poliamida.
- Membrana o diafragma: elemento que abre, cierra o modifica el paso del agua. Separa la cámara del paso del agua. El área del diafragma es aproximadamente tres veces el área del disco de asiento.
- Cámara: espacio independiente que, mediante la presión hidráulica del circuito, actúa sobre el diafragma y, por tanto, sobre el grado de apertura de la válvula. La válvula ensayada es de tipo cámara simple.
- Disco de asiento: junta elástica que es presionada por la membrana cuando esta se cierra y permite la estanqueidad de la cámara.

Ilustración 1: Válvula hidráulica ensayada de DN50





Tabla 4: Características de la válvula TAURUS DN50 (2")

Descripción.	Válvula hidráulica.
Función	Apertura y cierre, regulación de presión.
Fabricante	HIDROCONTA S.A.
Modelo	DN50 (2")
Presión nominal (bar)	16
Diámetro nominal.	2"- 50 mm
Otros	Unión Rosca
Descripción.	Válvula hidráulica en poliamida reforzada fibra de vidrio, tornillos en acero inoxidable, membrana NR y muelle en acero inoxidable.

La válvula dispone de tres orificios: uno aguas arriba, otro aguas abajo y el último en la cámara, para su interconexión y comando. La válvula es simétrica según su eje longitudinal, por tanto, son dos los orificios situados aguas arriba y otros dos situados aguas abajo, junto con el de la cámara, en total cinco.

Ilustración 2: Esquema y partes válvula hidráulica TAURUS DN 2"

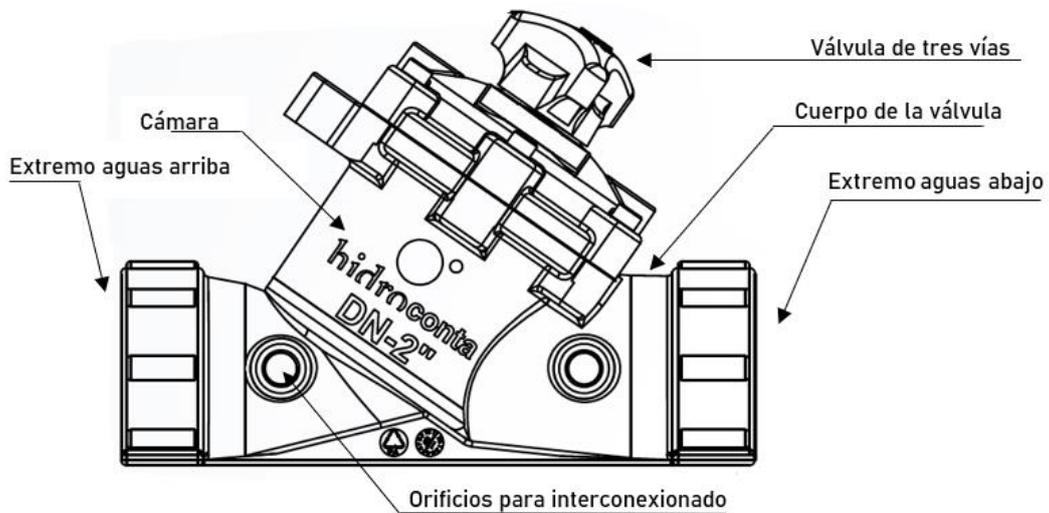


Tabla 5: Dimensiones de la válvula

Calibre	Mm	50
	pulgadas	2"
L	mm	230
H		162
D		74
Peso	Kg	1.1
Conexiones		ROSCA

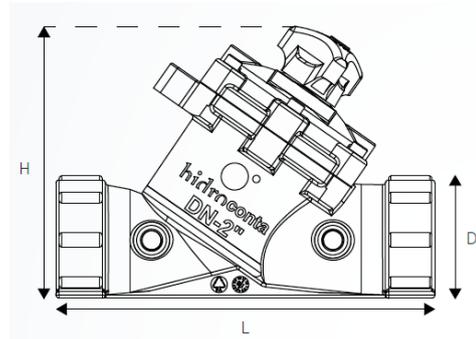
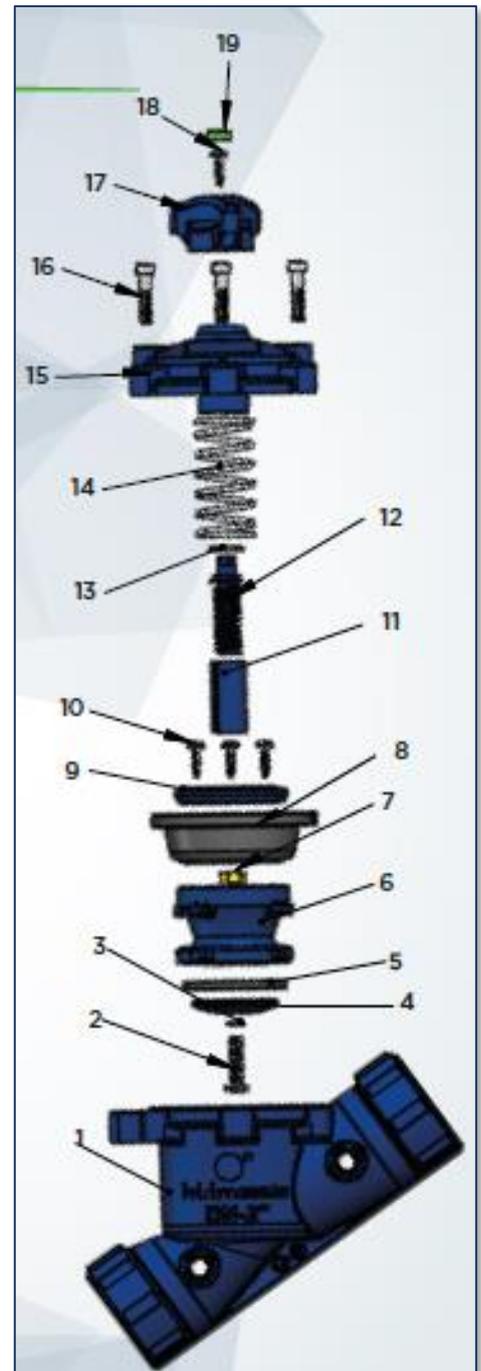


Ilustración 3: Componentes válvula TAURUS DN2"

Nº	Descripción	Material
1	Cuerpo	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
2	Tornillo M8x30	Acero inoxidable
3	Junta tórica 8x2	NBR
4	Arandela inferior de cierre	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
5	Junta de cierre	NBR
6	Cuerpo interno	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
7	Tuerca M8	Latón
8	Membrana	NR
9	Arandela superior de membrana	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
10	Tornillo 4.8x19	Acero inoxidable
11	Tuerca obturadora	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
12	Tornillo obturador	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
13	Junta tórica 16x2.5	NBR
14	Muelle	Acero inoxidable
15	Tapa	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
16	Tornillo allen M6x30	Acero inoxidable
17	Volante válvula	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
18	Tornillo 3.9x32	Acero inoxidable
19	Tapa de tornillo	Poliamida reforzada con fibra de vidrio



3.3 Funcionamiento básico

La válvula hidráulica realiza las funciones de apertura y cierre utilizando la energía del fluido circulante en forma de presión. Para ello, se conecta el extremo aguas arriba de la válvula con la cámara mediante tubos de conexión de PE o cobre (de 6 a 8 mm de \varnothing). Si se inserta una válvula de tres vías en el circuito, se permite transmitir la presión aguas arriba al interior de la cámara, o comunicar esta con la atmósfera para su vaciado. La superficie de la membrana en contacto con el extremo aguas arriba es menor que la superficie de contacto de la membrana con el interior de la cámara⁵.

Para que la válvula realice las funciones de apertura y cierre, se establece un equilibrio de fuerzas, de manera que la válvula abrirá si la suma de las fuerzas de la membrana y el muelle es menor a la fuerza que ejerce el agua en el extremo aguas arriba.

$$F_{\text{cámara}} + F_{\text{muelle}} < F_{AA}$$

Si se conecta el extremo aguas arriba con el interior de la cámara y la válvula de tres vías está en modo automático, la fuerza que ejerce el muelle y la membrana es superior a la que ejerce el agua en el extremo aguas arriba, de forma que la membrana cerrará.

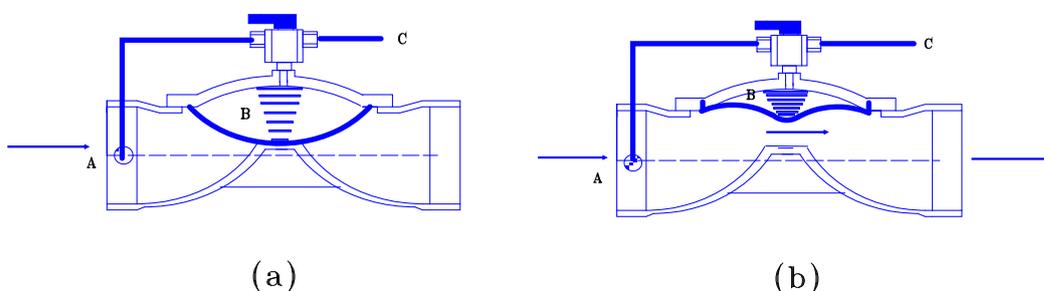
$$F_{\text{cámara}} + F_{\text{muelle}} > F_{AA}$$

Si se comunica el interior de la cámara con la atmósfera, la fuerza que ejerce el agua en el interior de la cámara es nula, porque está conectada con el drenaje. Por este, saldrá un volumen de agua, correspondiente con el volumen de la cámara. Cuando la fuerza del agua aguas arriba sea superior a la fuerza del muelle, la válvula abrirá. En este caso, se anula el componente de la fuerza de la cámara.

$$F_{\text{cámara}} = 0$$

$$F_{\text{muelle}} < F_{AA}$$

Ilustración 4: Funcionamiento de la válvula hidráulica (a) válvula cerrada y (b) válvula abierta.



⁵ El área del diafragma suele ser aproximadamente tres veces mayor al área del disco de asiento.

Siendo:

- A) Extremo aguas arriba
- B) Interior de la cámara
- C) Drenaje

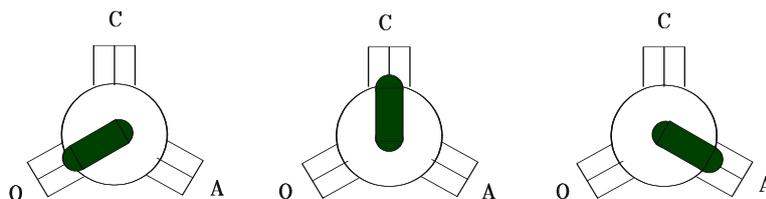
Mediante este sistema de equilibrios de fuerzas y superficies, la válvula puede actuar en función de la presión que reciba aguas arriba, de modo que garantice una presión constante a la salida de la misma.

3.3.1 Funcionamiento válvula de tres vías

Como se ha mencionado en el funcionamiento básico, la válvula hidráulica lleva incorporada una válvula de accionamiento que permite cortar y redireccionar el flujo en los tubos de comando, conectando así las diferentes cavidades de la válvula hidráulica. El funcionamiento de esta válvula viene explicado en la Ilustración 5.

Las válvulas pueden ser de 2 ó 3 vías según corten o redireccionen el flujo en los tubos de comando. La válvula utilizada en el laboratorio es de 3 vías con 3 posibles posiciones: *auto* (A), *open* (O), *closed* (C). Si se selecciona la posición automática, la válvula conecta directamente el extremo aguas arriba con el la cámara de la válvula (V), de forma que la válvula regula en función de la presión que reciba aguas arriba. Si se selecciona la posición closed (C), la cámara se bloquea, es decir, de ella no puede entrar ni salir nada. En cambio, si se selecciona la posición open (O), el interior de la cámara se conecta con el drenaje, a presión atmosférica. Las posiciones closed y open suelen utilizarse únicamente para eliminar el posible aire ocluido en el interior de la cámara. Durante el funcionamiento, la válvula de tres vías trabajará en posición automática.

Ilustración 5: Direccionamiento de la válvula de tres vías (C: closed; O: Open; A; Auto)



Del fundamento del accionamiento se desprenden varias conclusiones: debido a que la válvula emplea la energía hidráulica, se requiere una presión mínima para que la válvula realice la apertura y cierre correctamente. A su vez, el tiempo de apertura y cierre dependerá del volumen de la cámara, como de la sección de los tubos de comunicación y del paso de la válvula de accionamiento.

3.3.2 Función de regulación mediante piloto de tres vías

Los pilotos de 3 vías permiten realizar la regulación automática de la válvula hidráulica a la que se conecten. Los pilotos pueden realizar varias funciones dependiendo de cómo se conecten los

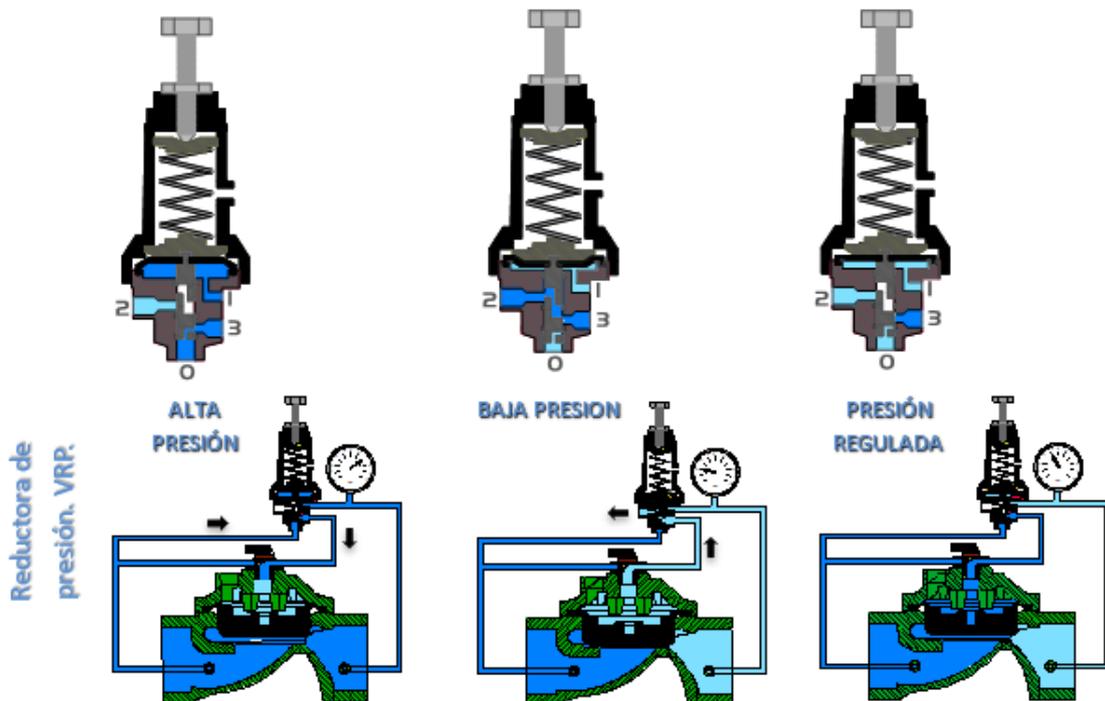
tubos de comando. Para explicar el funcionamiento del piloto de 3 vías, se hará referencia al funcionamiento de una válvula hidráulica trabajando como reductora de presión. El conexionado del piloto se realizará de la siguiente manera:

Tabla 6: Conexionado del piloto de 3 vías

SENSOR	V. REDUCTORA
0	Extremo AA
1	Extremo AB
2	Drenaje (o extremo AB)
3	Cámara

Para la realización de los ensayos en el laboratorio se mantendrá el mismo conexionado.

Ilustración 6: Actuación del piloto de tres vías



La membrana del piloto de 3 vías se desplaza en función de la presión del fluido aguas abajo y la tensión que ejerce el muelle. La membrana está conectada con el extremo aguas abajo de la válvula en 1. El movimiento de la membrana conecta los conductos 0, 2 y 3 en función de su posición.

Se plantean tres supuestos:

En la parte central de la Ilustración 6, la presión aguas abajo es inferior a la presión de tarado. Como la presión es baja y el extremo aguas abajo está conectado con el piloto en 1, no es capaz de mover la membrana donde el tornillo de tarado ejerce una determinada presión. En esta situación, 3 se comunica con 2, es decir, el interior de la cámara se comunica con el drenaje. Si

se selecciona el modo automático, la cámara se conecta con el extremo aguas arriba. De esta manera, se elimina la presión que ejerce el agua en el interior de la cámara en el equilibrio de fuerzas. Si $F_{\text{aguas arriba}} > F_{\text{muelle}}$, la válvula abrirá, haciendo aumentar la presión aguas abajo.

Cuando la presión aguas abajo es superior a la presión de tarado (esquema izquierdo Ilustración 6), la fuerza que ejerce el agua es superior a la fuerza que ejerce el muelle y, por tanto, suficiente para desplazar la membrana del piloto hacia arriba. Con este desplazamiento, 0 se comunica con 3, es decir, el extremo aguas arriba con el interior de la cámara. De esta manera, el extremo aguas arriba comunica presión al interior de la cámara. La F_{membrana} se suma a la ecuación de equilibrio tal que si $F_{\text{muelle}} + F_{\text{membrana}} > F_{\text{aguas arriba}}$, la válvula cerrará, haciendo disminuir la presión aguas abajo.

Cuando la presión en el extremo aguas abajo es igual a la presión de tarado (esquema derecho Ilustración 6), la membrana se encuentra en una posición de equilibrio, por lo que 3 quedará cerrado, de manera que no entre ni salga agua de la cámara de la válvula. La membrana o pistón de la cámara quedará en una posición intermedia. Esto ocurre cuando la presión aguas abajo es igual a la presión deseada (de tarado) y no se requiere ni aumentarla ni disminuirla.

La presión de tarado puede regularse mediante el tornillo que dispone el piloto y que aprieta más o menos el muelle consiguiendo aumentar o disminuir la presión de tarado, en función de los requerimientos en el sistema donde se instale la válvula.

Ilustración 7: Partes del piloto de 3 vías conectado a la válvula



3.4 Banco de ensayo

Los ensayos han sido realizados en el banco de pruebas del Laboratorio de Hidráulica y Riegos (LHIR) de la ETSIAMN de la Universidad Politécnica de Valencia. La válvula ensayada se acopla a un circuito cerrado por el cual circula un caudal predeterminado a una presión dada. El caudal y presión requeridos para conseguir las condiciones necesarias para el ensayo son suministrados por tres bombas. La regulación de presión y caudal se realiza mediante la acción combinada de las válvulas de compuerta motorizadas y la actuación sobre el variador de frecuencia que controla la velocidad de cada una de las bombas.

Ilustración 8: Banco de ensayo del laboratorio



El banco de ensayo está compuesto por:

- Circuito cerrado abastecido de un depósito de 15000 l de capacidad situado en el segundo sótano del edificio 3P.
- Tres bombas centrífugas de eje vertical Grundfos CRN 64-5 2960 rpm de 30 kW cada una, que pueden ser conectadas en serie o en paralelo, para conseguir las condiciones de caudal y presión deseadas. Cada bomba contiene un variador de frecuencia, instalado en las oficinas del laboratorio.
- Cuatro contadores electromagnéticos de 200, 100, 50 y 25 mm, que componen el sistema de medida de caudal, convenientemente calibrados.
- Transductores de presión 0-600 KPa, 0-1000 KPa, 0-1600 KPa realizan las medidas de presión.
- Las señales de medida y actuación sobre los elementos del banco de ensayos se realizan a través de dos tarjetas NI modelo PCI instaladas sobre el ordenador de gestión del sistema y controlado por Labview.
- Manómetros diferenciales EH50 y EH300 de presión diferencial de alta precisión.

- Sensor de temperatura instalado en el depósito
- Regulación de presiones y caudal a través de variadores y válvulas hidráulicas HAWIDO (HAWLE) de DN 250, 100, 50 y 40 mm.

Ilustración 9: Transductores de presión y manómetros diferenciales



Ilustración 10: Válvula de compuerta DRENHO



Ilustración 11 : Línea de ensayo utilizada con la válvula TAURUS conectada

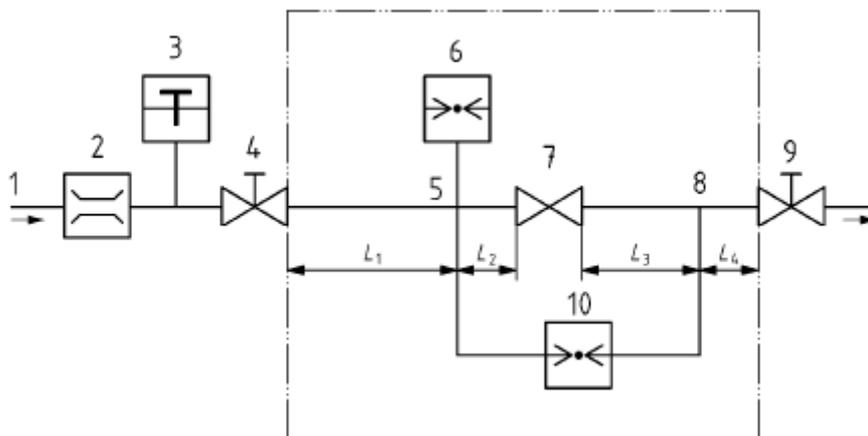


Los detalles de los equipos de medida utilizados, así como sus incertidumbres y el plano correspondiente se pueden consultar en el Anexo 1: Componentes del banco de ensayo y Anexo 4: Esquemas y planos.

3.5 Instalación y sensores utilizados

En la Ilustración 12 se muestra una instalación genérica de ensayo de caudal. Los componentes del ensayo se disponen según el esquema adjunto:

Ilustración 12: Disposición del banco de ensayo para válvulas rectas



Nota: L_1 y $L_3 \geq 10 D$ y L_2 y $L_4 \geq 2 D$

Siendo:

1. Alimentación de agua
2. Caudalímetro
3. Medición de temperatura
4. Válvula de regulación
5. Punto de medición de la presión aguas arriba
6. Dispositivo de medición de la presión aguas arriba
7. Válvula sometida a ensayo
8. Punto de medición de la presión aguas abajo
9. Válvula de regulación ensayada
10. Dispositivo de medición de la presión diferencial

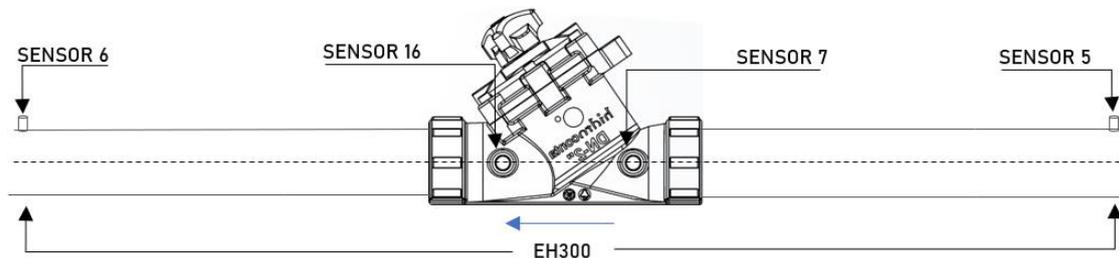
Los sensores utilizados para la realización de los ensayos aparecen reflejados en la tabla adjunta. La Ilustración 13 representa el esquema de conexión de estos dispositivos.

Tabla 7: Dispositivos de medida utilizados

Medición	Código Sensor	Tipo
Caudal circulante por la válvula	Q3	CEM 100
Presión aguas arriba de la válvula (Paa)	7	L1000
Presión aguas arriba de la tubería	5	L1000
Presión aguas abajo de la válvula (Pab)	16	L1000
Presión aguas debajo de la tubería	6	L1000
Presión diferencial válvula	EH300	EH300

Las longitudes de ensayo y las posiciones de los puntos de medición de la presión deben estar de acuerdo con las indicadas en la Ilustración 12. Las longitudes se miden a partir de los extremos de las tuberías de ensayo.

Ilustración 13: Conexión de los sensores



3.6 Condiciones de ensayo y ensayos realizados

Para la válvula suministrada por el fabricante, se realiza el ensayo de resistencia al flujo siguiendo las directrices marcadas por la Norma UNE-EN 1074 y sus referencias a la Norma UNE-EN 1267. Los requisitos principales se resumen en los siguientes apartados:

1. Los puntos de medida de presión deberán estar en tramos rectos de al menos 10 DN de la válvula tanto aguas arriba como aguas abajo, así como a un mínimo de 10 DN ante elementos perturbadores del flujo (Ilustración 13: Conexión de los sensores). Los ensayos se han realizado manteniendo estos tramos rectos.
2. Los diámetros de las tomas de presión para el registro de presiones son de 3,5 mm, similares a los recomendados por la norma.

El número de tomas de presión se determina en laboratorio. En cada sección de medición puede haber una, dos o cuatro tomas de presión. En nuestro caso, se instalará una toma por sección, siendo cuatro las tomas de medición totales, dos aguas arriba y dos aguas abajo de la válvula. Las tomas de la válvula se sitúan en el cuerpo de la misma (ver Ilustración 2) y las tomas de tuberías se instalan a una distancia de 10DN de la salida de la válvula. Los agujeros necesarios para instalar la toma de medición se realizarán con un taladro en la tubería. Los diámetros de los orificios de medición deben cumplir los parámetros especificados en la Tabla 8. Los tubos de conexión entre los orificios y los dispositivos de medición deben tener un diámetro interior de, al menos, dos veces el diámetro del orificio.

Tabla 8: Diámetro del orificio de las tomas de presión.

DN	Mínimo mm	Máximo mm
< 20	1.5	2
20 a 50	2	3
>50	3	5

Para evitar la acumulación de suciedad, no se debe situar ninguna toma de presión en el fondo de la sección de medición.

3. Las medidas se realizan después de asegurar un caudal estable y sin fluctuaciones, asegurando que no hay variaciones en la medida con el tiempo para cada caudal ensayado. Todas las medidas se realizan en régimen permanente.

Se considera que el ensayo se realiza en condiciones de régimen permanente si los valores medidos son independientes en el tiempo, es decir, si las variaciones de cada valor observado en el punto de ensayo durante al menos 10 segundos no exceden en un 1,2% (se entiende por la diferencia entre el valor mayor o menor respecto al medio).

Las pérdidas de carga se deben medir con un sensor de presión diferencial. Se deben utilizar sensores o métodos de medición que sean conocidos, tras una calibración o por referencia a otras normas, a condición de que la incertidumbre sistemática de sus mediciones no exceda los valores máximos admisibles (Anexo 1: Componentes del banco de ensayo; 8.3.1).

La incertidumbre de la medición debe ser:

- a) Presión aguas arriba, presión diferencial y caudal: $\pm 2\%$ del valor leído.
 - b) Mediciones de temperatura: $\pm 1^\circ\text{C}$
4. El ensayo se realizará a válvula abierta y con la cámara bloqueada.
 5. Se determina la pérdida de carga para un rango de caudales, tomándose medidas del caudal máximo y mínimo como de valores intermedios.

El fluido de ensayo debe ser agua a una temperatura comprendida entre 5°C y 40°C

6. Las presiones de ensayo son las adecuadas para que no se produzca cavitación en las válvulas.

Los ensayos necesarios a realizar para la caracterización y adecuación al uso de una válvula hidráulica vienen definidos en el Apartado 3.1 del presente informe, correspondiente con el Apartado 5 de la Norma UNE-EN 1074-5 *Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados. Parte 5: Válvulas de control.*

Debido a las circunstancias actuales y extraordinarias y a la imposibilidad de acceder al laboratorio para realizar la totalidad de los ensayos requeridos, la caracterización de la válvula constará de los siguientes ensayos:

- Ensayo 5.3 de la Norma UNE-EN 1074-5 Apartado 5: Características hidráulicas
 - Coeficiente de caudal K_v y pérdida de carga.
 - Características hidráulicas de regulación. Válvulas de control que realizan la función de regulación de presión.

3.7 Ensayos realizados

3.7.1 Ensayo de resistencia al flujo. Curva de pérdidas de carga, obtención k_v y k_s (5.3.1 Norma UNE EN 1074-5)

Apartado 1: Resistencia al flujo de los tramos rectos de tubería sin válvula instalada

Para calcular las pérdidas de carga que introduce la válvula se necesita conocer previamente las pérdidas de carga del tramo de la tubería sin válvula. Las pérdidas en la propia válvula resultan de la resta de la pérdida en la tubería de ensayo y en la válvula menos la pérdida de carga en las tuberías, medida sin válvula.

$$\Delta p_v = \Delta p_{v+t} - \Delta p_t$$

Siendo:

Δp_v es la pérdida de carga en la propia válvula, en bar;

Δp_{v+t} es la pérdida de carga en las tuberías de ensayo y en la válvula, en bar;

Δp_t es la pérdida de carga en las tuberías, medida sin la válvula, en bar

Estos tres valores de pérdida de carga están referidos al mismo valor de caudal. El ensayo ha de repetirse para cada diámetro nominal de la tubería de ensayo. En este caso, el diámetro nominal de la tubería es DN63.

Procedimiento de ensayo: el método de ensayo viene definido en la Norma EN 1267.

1. Se conectan las tuberías de manera que queden concéntricas una con otra, sin que queden espacios libres ni fugas de agua visibles.
2. Se suministra un caudal de agua adecuado a la instalación de ensayo para eliminar todas las bolsas de aire que hayan quedado atrapadas.
3. Con la tubería en carga, se hace circular por la tubería una serie de caudales comprendidos entre el caudal mínimo y el caudal máximo de funcionamiento previsto para la válvula.
4. Se registra una serie de valores de caudales y sus pérdidas de carga asociadas, dentro de la misma gama de caudales de funcionamiento utilizados para el ensayo de la válvula.

Cuando se instale la válvula en la tubería ensayada se realizará con la misma configuración y dispositivos de medición.

Los valores registrados durante el ensayo aparecen en el (Anexo 2: Ensayo 5.3.1 Coeficiente de caudal K_v y pérdidas de carga en tuberías y válvula. Apartado 1)

Apartado 2: Pérdidas de carga de la válvula

Las características de flujo de la válvula se determinan montando la válvula en la instalación de ensayo como muestra la Ilustración 12: Disposición del banco de ensayo para válvulas rectas. Las características de flujo obtenidas incluyen las correspondientes a las tuberías de ensayo, las cuales han sido calculadas en el Apartado 1 y se han de restar.

El ensayo se puede realizar de diferentes maneras en función del tipo de válvula, del campo de aplicación o de la norma de aplicación, por ejemplo:

- a) Determinación de la pérdida de carga para una caudal dado;
- b) Determinación de la pérdida de carga para una gama de valores de caudal;
- c) Determinación del caudal para una pérdida de carga dada;
- d) Determinación del caudal para una gama de valores de pérdida de carga;

Para la caracterización hidráulica de la válvula TAURUS DN50, se determinará la pérdida de carga para un caudal o gama de caudales concreta (apartado *a* y *b*)

Procedimiento de ensayo: el método de ensayo viene definido en la norma EN 1267.

1. Se instala la válvula entre los tramos de tubería donde se ha realizado el ensayo de pérdidas de carga especificado en el Apartado 1. La válvula estará en posición abierta.

2. Se suministra un caudal de agua que asegure el purgado del aire de toda la instalación de ensayo.
3. Con la tubería en carga, se comprueba que no se produzcan fugas en las juntas.
4. Se hace circular un caudal mínimo y se va aumentando el caudal mediante la actuación sobre el variador de frecuencia o la válvula de compuerta motorizada hasta alcanzar el caudal máximo. Una vez se alcanza este caudal, se repite el ensayo de nuevo hasta alcanzar el caudal mínimo. El valor máximo del caudal debe ser superior al valor máximo de la gama de funcionamiento especificada por el fabricante de la válvula.

Los ensayos realizados para la caracterización de la válvula hidráulica permiten obtener las pérdidas de carga de la válvula para una gama de valores de caudal e indirectamente, conocer la pérdida de carga a un caudal dado (apartados *a* y *b* anteriormente mencionados). Los datos registrados del ensayo permiten calcular los apartados 3, 4 y 5, a continuación, explicados.

Los valores registrados durante el ensayo aparecen en el (Anexo 2: Ensayo 5.3.1 Coeficiente de caudal K_v y pérdidas de carga en tuberías y válvula. Apartado 2)

Apartado 3: Coeficiente de resistencia al flujo ζ (Zeta) o coeficiente de singularidad K_s

El coeficiente de resistencia engloba las pérdidas de la carga (denominadas localizadas o menores) que provoca un cambio de sección como es una válvula en el flujo de agua. La alteración del vector velocidad provoca una turbulencia en la sección, con la consiguiente pérdida de carga. Estas pérdidas no se localizan justo en la válvula, sino que la distribución de velocidades comienza a perturbarse aguas arriba hasta una distancia aguas abajo.

El hecho de que estas pérdidas sean debidas a una turbulencia provocada por el flujo de agua ha hecho que sean proporcionales al término cinético.

$$h_s = K_s \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Siendo:

- K_s : coeficiente de resistencia, característico de cada punto en singular.
- v : velocidad media en la tubería (m/s)

Se calculan dos coeficientes en función de la sección considerada para la obtención de la velocidad media: uno para la sección real de entrada de la válvula ζ_{Dint} o K_{SDint} y otro en función del DN, al que denominaremos, ζ_{DN} o K_{SDN} .

El coeficiente de pérdidas en función del caudal es un parámetro similar al coeficiente de resistencia, pero no es adimensional.

$$h_s = K_s \cdot Q^2$$

Siendo:

- h_S en mca.
- Q en m^3/s .

Si se conoce el coeficiente de la válvula (K_V), puede determinarse el coeficiente de resistencia una tubería dada (K_S) en función del diámetro interior o DN de la válvula en metros. Si se considera una pérdida de carga de 1 bar (10 mca) y se conoce el Dint o DN de la válvula se puede calcular el coeficiente de resistencia mediante la siguiente ecuación:

$$h_S = 10 = K_S \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0.0826 \cdot K_S \cdot \frac{Q^2}{D^4}$$

$$K_S = \frac{10 \cdot D^4}{0.0826 \cdot \left(\frac{K_V}{3600}\right)^2} = 0.0016 \cdot \frac{D^4}{K_V^2}$$

Siendo:

- K_V en m^3/h .
- D : Diámetro interior o DN de la válvula en (m).

El K_V es un dato que debe ser proporcionado por el fabricante. En el presente ensayo, se obtiene de manera experimental a partir del ajuste estadístico de los valores registrados, como se muestra en el Anexo 2: Ensayo 5.3.1 Coeficiente de caudal K_V y pérdidas de carga en tuberías y válvula.

Apartado 4: Coeficiente de la válvula o K_V

Las válvulas hidráulicas instaladas en serie en una conducción generan unas pérdidas de presión en la instalación, siendo estas mayores cuanto más cerrada esté la válvula y mayor sea el caudal de paso. Estas pérdidas de presión se pueden expresar mediante el K_V . El coeficiente de caudal se define como el caudal en m^3/h que produce en la válvula una pérdida de presión de 1 bar (10 kg/cm^2 o 0.1 MPA) (Norma UNE-EN 736-3, y UNE-EN 60534-1).

$$Q = K_V \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\delta}} = K_V \cdot \sqrt{h_S}$$

Siendo:

- K_V : caudal de circulación en m^3/h .
- ΔP : pérdida de carga en bar.
- δ : densidad específica del agua (kg/m^3)

Para válvulas de control autónomo, se debe indicar en la posición de válvula totalmente abierta. En el caso de válvulas de control no autónomo, el fabricante debe indicar este valor en función

de la posición del obturador. Cuando se realicen las mediciones, el coeficiente de caudal debe estar dentro del rango de $\pm 10\%$ del valor facilitado por el fabricante.

Apartado 5: Coeficiente de caudal C_v .

El coeficiente de caudal C_v es el mismo coeficiente que el anterior, pero en galones/min y psi. El valor de 1.16 es el factor de conversión para transformar el K_v en galones/min y psi.

$$C_v = 1,16 \times K_v$$

3.7.2 Características hidráulicas de regulación. Válvulas de control que realizan la función de regulación de presión. (5.3.2 Norma UNE EN 1074-5)

Mediante este ensayo, se pretende conocer cuál es la presión de regulación de la válvula. Se procede a aplicar el procedimiento de ensayo definido en el Anexo B de la norma EN 1074-5, que viene resumido a continuación.

Procedimiento de ensayo: el método de ensayo viene definido en la norma EN 1074-5

1. Se fija un valor de presión aguas abajo de la válvula, igual al valor de presión mínima admisible facilitado por el fabricante. Esta presión es la presión mínima regulada.
2. Se aplican distintos valores de caudal, desde el Q_{min} hasta el Q_{max} , y varios puntos intermedios.
3. Se registran los valores de presión detectados aguas arriba y aguas abajo de la válvula.
4. Una vez alcanzado el caudal máximo, se repite el mismo procedimiento hasta circular de nuevo el caudal mínimo.
5. Se repite el mismo procedimiento, seleccionando esta vez un valor de presión aguas abajo igual al valor de presión máxima admisible dado por el fabricante.

Los valores registrados de presión deben estar dentro de las tolerancias definidas por el fabricante. En el presente ensayo, se desconoce cuál es la presión mínima y máxima de regulación, así como el caudal mínimo y máximo y la tolerancia de valores de presión registrados para considerar que la válvula cumple con la norma. Por lo tanto, el procedimiento de ensayo a seguir se ha de adecuar con el fin de obtener la presión de regulación de manera experimental.

Se recuerda que la presión a la salida de la válvula viene determinada por la presión que ejerce el muelle del piloto de tres vías (Ilustración 7). Esta presión puede ser ajustada por el técnico de laboratorio regulando el tornillo de la válvula, y determinará la presión a la salida de la válvula.

Se asigna una presión determinada al muelle del piloto y mediante la actuación de la válvula de compuerta situada aguas arriba de la válvula, se aumenta progresivamente el caudal de circulación. Al aumentar el caudal, la presión aguas arriba disminuye. No es conveniente que la presión aguas arriba disminuya de manera considerable. Preferiblemente, se deben mantener valores de presión de 7-8 bar a la entrada de la válvula durante todo el ensayo.

Si al variar el caudal de paso, la presión de salida oscila de manera notoria es un indicativo de que la válvula no es capaz de regular y aportar un valor de presión estable a la presión de regulación prefijada. Se considerará que se ha alcanzado la presión mínima (o máxima) de regulación cuando la presión aguas abajo se mantenga constante en el tiempo ante las variaciones de caudal y presión de entrada.

Apartado 1: Ensayo a presión mínima admisible

El objetivo del ensayo es conocer cuál es la presión mínima admisible de regulación de la válvula, es decir, a partir de que valor la válvula es capaz de regular correctamente. Tras la experiencia en el laboratorio se deduce que la presión mínima de regulación no puede ser inferior a 0.5 bar por problemas de histéresis. A su vez, se ha de evitar que se produzca cavitación en la válvula. Se estima que la cavitación se produce cuando la presión de entrada es 3 veces superior a la presión de salida.

Apartado 2: Ensayo a presión máxima admisible

El objetivo del ensayo es conocer cuál es la presión máxima admisible de regulación de la válvula, es decir, hasta que valor de presión la válvula es capaz de regular correctamente. Para ello, se repite el procedimiento seguido para el ensayo de presión mínima. En este ensayo, para evitar la cavitación la presión aguas arriba no debe ser inferior a 3-4 bar.

Si se trabaja con presiones de regulación altas, el mecanismo de actuación de la válvula para alcanzar una presión constante y estabilizada a la salida presenta tiempos de actuación superiores a situaciones en las que la presión a la entrada es baja. Esto es debido a que la válvula tiene que introducir agua en la cámara para cerrar la membrana, es decir, introducir pérdidas de carga adicionales y así regular la presión a la salida. Este procedimiento conlleva un tiempo que es directamente proporcional a la presión aguas arriba, de manera que, cuanto más alta sea la presión aguas arriba, más tardará la válvula en regular.

4. Resultados

4.1 Ensayo de resistencia al flujo. Curva de pérdidas de carga, obtención k_v y k_s (5.3.1 Norma UNE EN 1074-5)

Apartado 1: resistencia al flujo de los tramos de tubería rectos sin válvula instalada

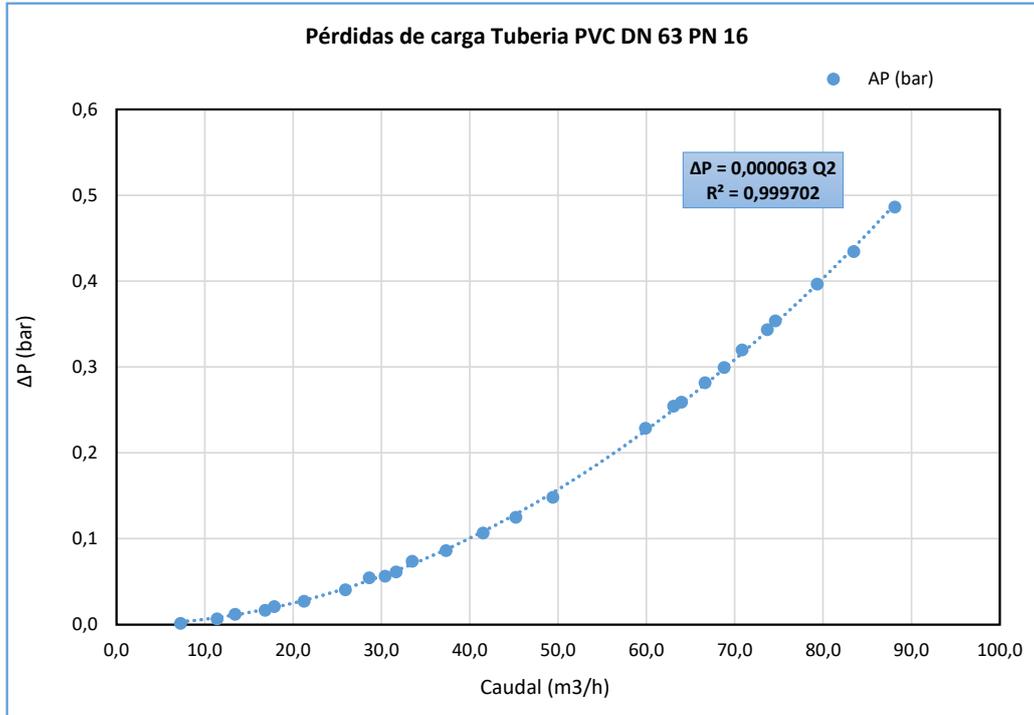
Se hace circular por las tuberías sin válvula, caudales comprendidos entre el caudal mínimo y máximo de funcionamiento previsto para la válvula. Se obtienen para la tubería los siguientes resultados y ecuaciones de ajuste:

Tabla 9: Ecuación de la pérdida de carga tubería DN63

Tubería	Válvula a ensayar	Ecuación de ajuste Q (m ³ /h), ΔP (bar)	Coefficiente de correlación R ²
PVC DN63 PN 16	DN50	$\Delta P_t = 0,000063 \cdot Q^2$	0,999

En el Anexo 2 (Apartado 1) se pueden consultar todos los resultados obtenidos, así como la representación gráfica de las pérdidas de carga.

Gráfica 3: Pérdida de carga en la tubería de ensayo PVC DN63 PN16



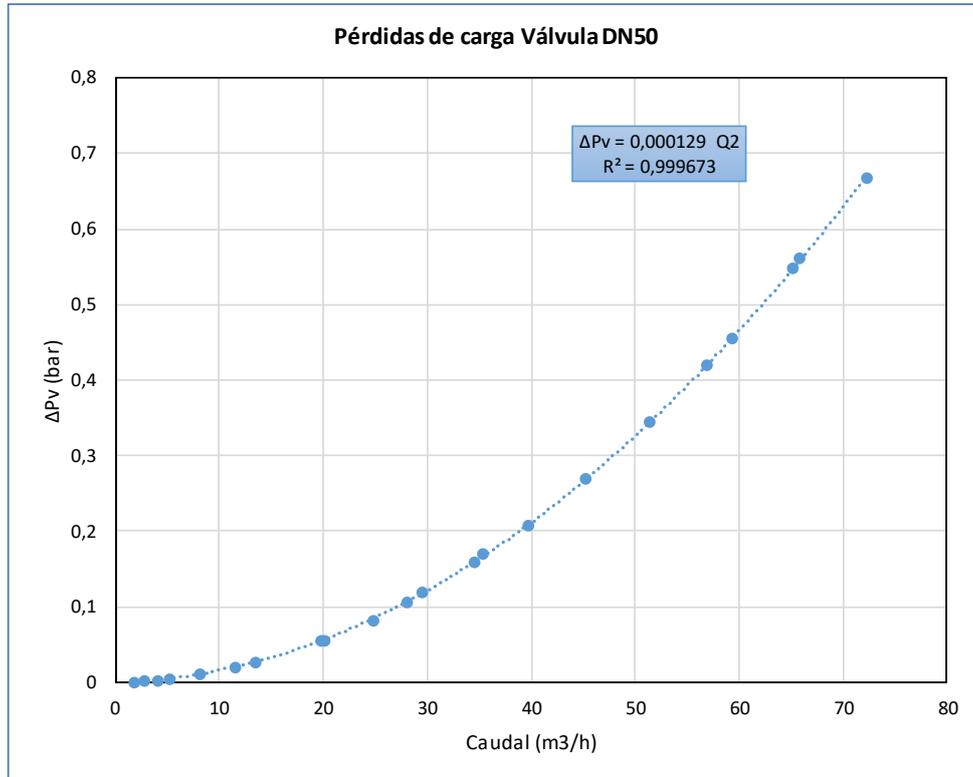
Apartado 2: Resistencia al flujo de la válvula ensayada. Pérdidas de carga.

Con la válvula hidráulica completamente abierta se mide la presión diferencial entre aguas arriba y aguas abajo de los puntos de medida. Ajustando los datos obtenidos a una línea de tendencia se obtiene la ecuación de pérdidas de la válvula.

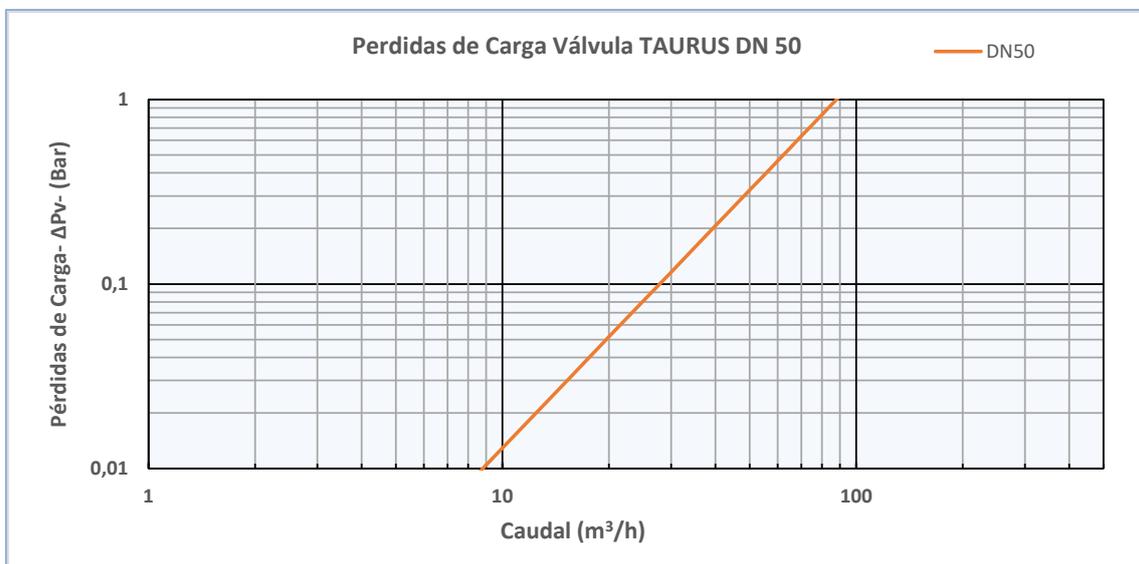
Tabla 10: Ecuación de la pérdida de carga de la válvula

Válvula	Ecuación Pérdidas Q (m ³ /h), ΔP (bar)	R ²
DN50	$\Delta P_v = 0,000129 \cdot Q^2$	0.999

Gráfica 4: pérdida de carga de la válvula DN50



Gráfica 5: Ábaco de pérdidas de carga



En el Anexo 2: Ensayo 5.3.1 Coeficiente de caudal K_v y pérdidas de carga en tuberías y válvula. (Apartado 2) se presentan todos los resultados obtenidos en forma de tabla.

Apartado 3: Coeficiente de resistencia al flujo o K_s

Los valores del coeficiente de resistencia al flujo para el Dint y el DN vienen indicados en la siguiente tabla:

$K_s (\zeta) \text{ Dint}$	1,709
$K_s (\zeta_{DN}) \text{ DN}$	1.293

Siendo:

- ζ o K_s : Coeficiente de pérdidas para el diámetro interior de entrada de la válvula.
- ζ_{DN} o K_{sDN} : Coeficiente de pérdidas para el diámetro nominal de la válvula.

Para los cálculos, se ha considerado una fuerza de la gravedad g de 9.81 m/s^2

En el Anexo 2: Ensayo 5.3.1 Coeficiente de caudal K_v y pérdidas de carga en tuberías y válvula. (Apartado 3) se presentan todos los resultados a partir de los cuales se obtiene el K_s .

Apartado 4: Coeficiente de la válvula o K_v

El coeficiente de la válvula o K_v es el coeficiente de caudal, expresado como caudal en m^3/h que produce una pérdida de 1 bar.

K_v	88,045
-------	--------

En el Anexo 2: Ensayo 5.3.1 Coeficiente de caudal K_v y pérdidas de carga en tuberías y válvula. (Apartado 3) se presentan todos los resultados a partir de los cuales se obtiene el K_v .

Apartado 5: Coeficiente de caudal C_v

El coeficiente de caudal o C_v es:

C_v	102,132
-------	---------

En el Anexo 2: Ensayo 5.3.1 Coeficiente de caudal K_v y pérdidas de carga en tuberías y válvula. (Apartado 3) se presentan todos los resultados a partir de los cuales se obtiene el C_v .

4.2 Características hidráulicas de regulación. Válvulas de control que realizan la función de regulación de presión. (5.3.2 Norma UNE EN 1074-5)

Apartado 1: Ensayo a presión mínima admisible

Se presentan los valores de presión registrados aguas abajo de la válvula (sensor P16)

Gráfica 6: Características de regulación Q_{max} - Q_{min} a presión mínima.

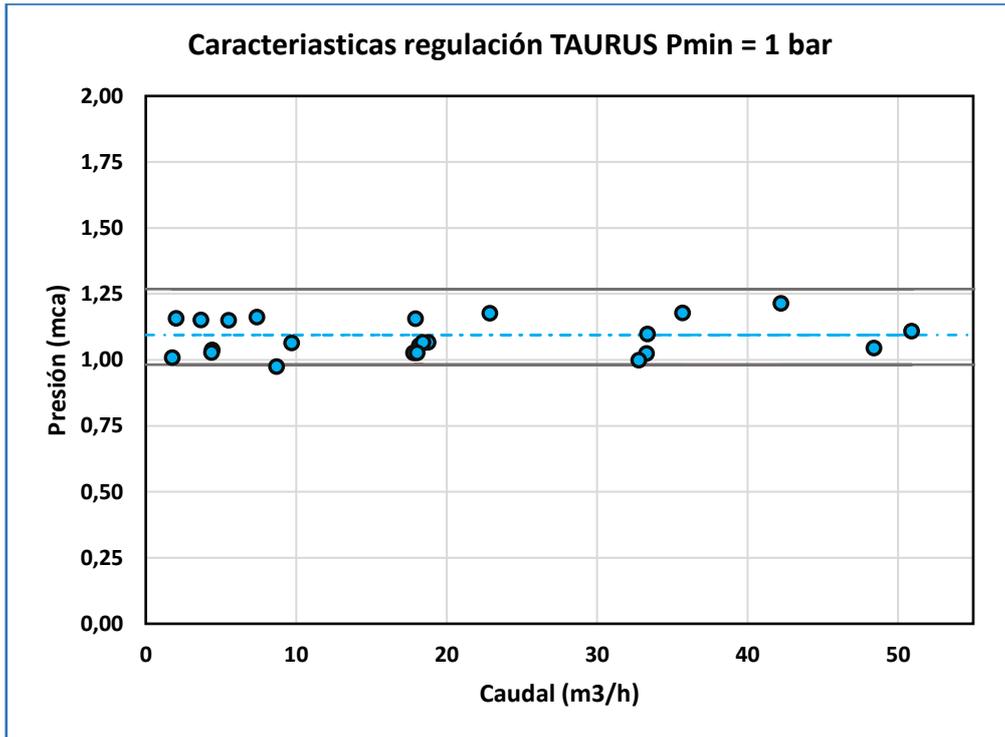


Tabla 11: Valores del ensayo de regulación a presión mínima

Q (m ³ /h)	P aguas arriba (bar)	P regulada (bar)
1,76	4,48	1,01
3,66	4,43	1,15
5,51	4,37	1,15
7,39	4,34	1,16
9,69	4,29	1,06
17,94	4,03	1,16
18,76	3,97	1,07
22,87	3,74	1,18
35,68	3,45	1,18
42,23	3,92	1,21
50,91	5,83	1,11

Los parámetros principales registrados en el ensayo son:

Caudal máximo (m³/h)	50,91
Caudal mínimo (m³/h)	1,76
Desviación típica	0,08
Presión media regulada (bar)	1,09

Todos valores registrados durante el ensayo aparecen en forma de tabla en el Anexo 3: Ensayo 5.3.2 Características hidráulicas de regulación. Válvulas de control que realizan la función de regulación de presión. (Apartado 1).

Apartado 2: Ensayo a presión máxima admisible

Se presentan los valores de presión registrados aguas abajo de la válvula (sensor P16)

Gráfica 7: Características de regulación Qmax-Qmin a presión máxima

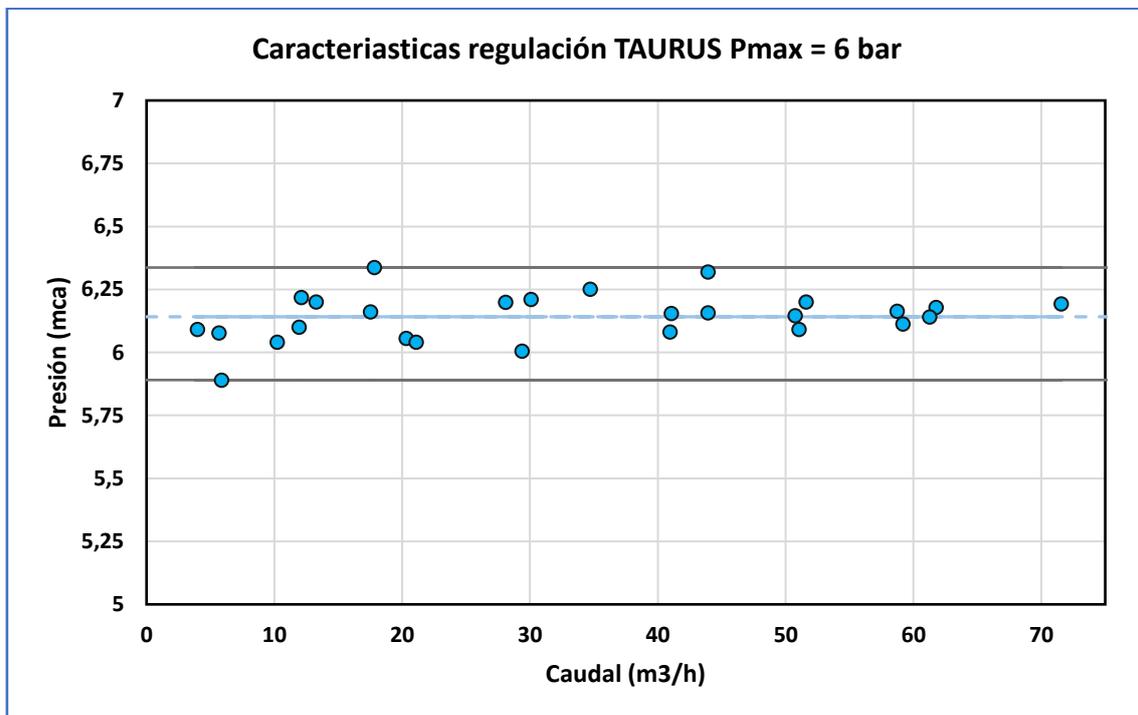


Tabla 12: Valores del ensayo de regulación a presión máxima

Q (m ³ /h)	P aguas arriba (bar)	P regulada (bar)
3,98	8,77	6,09
11,94	8,90	6,10
13,27	8,87	6,20
17,83	8,75	6,34
17,52	9,59	6,16
20,32	9,47	6,06

Q (m ³ /h)	P aguas arriba (bar)	P regulada (bar)
28,09	8,89	6,20
34,73	8,31	6,25
43,93	7,41	6,32
43,93	9,09	6,16
51,61	8,25	6,20
58,73	7,30	6,16
59,19	9,25	6,11
71,58	7,51	6,19

Los parámetros principales registrados en el ensayo son:

Caudal máximo (m³/h)	71.58
Caudal mínimo (m³/h)	3.98
Desviación típica	0,09
Presión media regulada (bar)	6.18

Los valores registrados durante el ensayo aparecen en el Anexo 3: Ensayo 5.3.2 Características hidráulicas de regulación. Válvulas de control que realizan la función de regulación de presión. (Apartado 2).

5. Discusión

A partir de los resultados obtenidos según la aplicación de las correspondientes normativas mencionadas en apartados anteriores y rigiéndonos por los valores umbrales estipulados en estas como en el catálogo aportado por el fabricante se concluye que:

- En relación al coeficiente de la válvula o k_v , existe una diferencia entre los valores obtenidos en el laboratorio y los aportados por el fabricante:

	K_v (m³/h)
Catálogo del fabricante	98.8
Obtenido en laboratorio	88.0

La diferencia estriba en el método de obtención de valores de presión que permiten calcular el k_v . Una alteración en la sección de paso del flujo de agua provoca turbulencias en el mismo. Pero estas turbulencias no se restringen únicamente a la zona de estrechamiento de la sección, sino que se dan una distancia aguas arriba y aguas abajo de la válvula. Como se menciona en el Apartado 3.6 (Condiciones de ensayo y ensayos realizados), las mediciones han de realizarse en condiciones de régimen permanente. Con tal de asegurar el régimen permanente en el flujo de

agua, los registros de presión en el laboratorio de hidráulica y riegos se han realizado a una distancia de 10DN (sensores P5 y P6 Ilustración 13) desde la salida de la válvula, obteniéndose así un k_v de 88.0 m³/h.

Si para la obtención del coeficiente de la válvula, se seleccionan los valores de presión registrados en los sensores P7 (aguas arriba) y P16 (aguas abajo), situados ambos ellos en el mismo cuerpo de la válvula, el valor de k_v es de **100 m³/h**. La similitud de este valor con el aportado por el fabricante (98.8 m³/h) nos hace pensar que esta ha sido la metodología aplicada por la empresa para la obtención del coeficiente de la válvula, no teniendo en cuenta los errores en los valores presión debido a las fluctuaciones del flujo en consecuencia del cambio de sección.

Atendiendo a lo expuesto anteriormente, el k_v obtenido en el laboratorio difiere en el proporcionado por el fabricante en un 10.93%, superior al 10% estipulado por la Norma UNE-EN 1074-5.

- En lo referido a la presión de regulación, los valores aportados por el fabricante han sido comprobados en laboratorio, obteniéndose las siguientes conclusiones:

	PR min (Bar)	PR max (bar)
Catálogo del fabricante	0.3	6.5
Obtenido en laboratorio	1.09	6.18

La idoneidad de este tipo de válvulas para una función de regulación concreta reside en la capacidad de esta de proporcionar una presión de regulación constante para el máximo rango de caudales posibles. Es decir, la válvula garantizará que independientemente del valor de caudal que circule, la regulación será óptima. En el laboratorio, se ha comprobado que, aunque la válvula es capaz de regular a una presión de regulación de 0.5 bares, la estabilidad para un rango de caudales se consigue para una presión de aproximadamente 1 bar.

Además, el fabricante no aporta cual es el caudal máximo y mínimo para la presión máxima y mínima de regulación, por tanto, los resultados obtenidos en el laboratorio son difícilmente comparables con los datos aportados por la empresa.

6. Conclusiones

Para la válvula ensayada y de la aplicación de la norma UNE-EN 1074-5 se afirma que los resultados obtenidos NO CUMPLEN con los valores y las incertidumbres estipuladas en dicha norma y los valores proporcionados por el fabricante.

Valencia, junio de 2020

7. Bibliografía

- MAPA (2019). *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivo. Informe sobre regadíos en España*. Visto el 19 de abril de 2020.
- COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 19 (2001). Norma UNE-EN 1074-5 *Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados. Parte 5: Válvulas de control*.
- COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 19 (2001). Norma UNE-EN 1074-1 *Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados. Parte 1: Requisitos generales*.

7.1 Bibliografía de consulta

- COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 19 (2001). Norma UNE-EN 805: *Suministro de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes*
- COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 19 (2004) Norma UNE-EN 1074-2: *Válvulas para el suministro de agua. Requisitos de aptitud al uso y ensayos de verificación apropiados. Parte 2: Válvulas de seccionamiento*.
- COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 19 (2012) Norma UNE-EN 1267: *Válvulas. Ensayo de resistencia al flujo utilizando agua como fluido de ensayo*
- COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 19 (2013) Norma UNE-EN 12266-2: *Válvulas industriales. Parte 2: Ensayos, procedimientos de ensayo y criterios de aceptación. Requisitos adicionales*



ANEXOS

8. Anexo 1: Componentes del banco de ensayo

8.1 Bombas

La instalación de bombeo está compuesta por tres bombas idénticas, cada una de ellas presenta las siguientes características técnicas:

Bomba centrífuga vertical, no autocebante, multicelular, en línea para instalaciones en sistemas de tuberías o montaje en una cimentación.

Impulsores, cámaras intermedias y camisa exterior de Acero inoxidable, DIN W.-Nr. 1.4401.

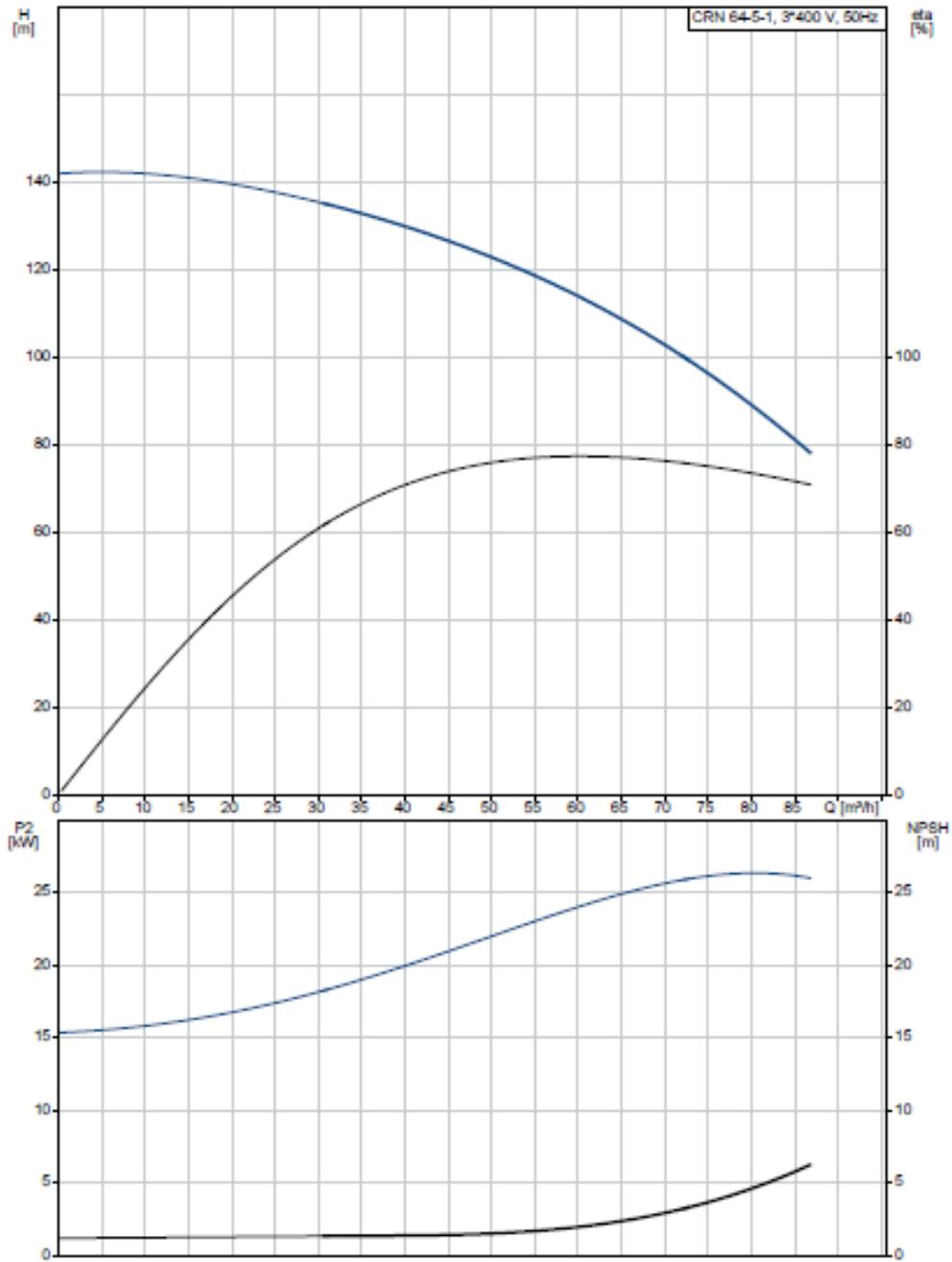
- Tapa del cabezal y base de la bomba de Stainless steel, EN 1.4408.
- Longitud de montaje del cierre según EN 12756.
- Transmisión de energía mediante acoplamiento ranurado de fundición.
- Conexión de tubería mediante bridas/acoplamientos DIN.

El motor es un motor CA 3-fásico.

Tabla 3: características de la bomba Grundfos CRN 64-5 2960 rpm

Velocidad predeterminada	2960 rpm
Caudal nominal	64 m ³ /h
Altura nominal	106.3 m
Temperatura ambiente máxima	40 °C
Presión máxima a la temperatura declarada	16 bar / 120 °C
Tipo de conexión	DIN
Tamaño de la conexión de entrada:	DN 100
Tamaño de la conexión de salida:	DN 100
Presión nominal para la conexión de la tubería	P N 16 / PN 25 / PN 40
Potencia nominal	30 kW
Frecuencia de red	50 Hz
Intensidad nominal	97,0-89,0 / 56,0-53,0 A
Intensidad de arranque	750%
Factor de potencia	0.88
Velocidad nominal	2950 rpm

Gráfica 8: Curva característica de la bomba.



8.2 Caudalímetros

El sistema de medida de caudal se compone de cuatro caudalímetros electromagnéticos de 200, 100, 50 y 25 mm, convenientemente calibrados. El principio de funcionamiento de estos caudalímetros se basa en la Ley de Faraday, que establece que el voltaje inducido en un conductor cuando este circula (en ángulos rectos) a través de un campo electromagnético es proporcional a la velocidad que lleva ese conductor. El conductor requiere tener una

conductividad mínima que, para los conductores instalados en línea, suele ser del orden de 5 microSiemens/cm.

En el siguiente cuadro se resumen las características principales:

Tabla 4: Características de los contadores según diámetro.

Contador DN	CEM200	CEM100	CEM50	CEM25
Fabricante	Siemens	Euromag	Euromag	Siemens
Modelo	MAG 5100	MUT-1100	MUT-2200	MAG 5100
Temperatura	-10...+70 °C	-40...+80 °C	-40...+80 °C	-10...+70 °C
Velocidad Mínima (m/s)	0,25	0,2	0,2	0,25
Caudal mínimo (m3/h)	24,9	5,90	1,41	0,44
Velocidad Máxima (m/s)	10	10	10	10
Caudal máximo (m3/h)	997	295,17	70,69	17,67
Caudal máximo ajustado (m3/h)	413,35	164,45	56,05	5,22
Error Máximo %	< ±0,2	< ±0,2	< ±0,2	< ±0,2
Tipo de señal	Analógica 4-20 mA	Analógica 4-20 mA	Analógica 4-20 mA	Analógica 4-20 mA
Fecha Calibración	17/3/2015	23/3/2015	20/2/2015	20/2/2015

Ilustración 14: Contador electromagnético



8.2.1 Error de medida del caudal

La norma UNE-EN 1267 “Válvulas industriales” en el Apartado 6.3 “Incertidumbres” se establece el error total para el caudal:

Cantidad	Símbolo	Incertidumbre
Caudal	e_q	$\pm 3,5 \%$

Error de medida del caudalímetro electromagnético utilizado vendrá dado por los datos suministrados por el fabricante.

Sensor CEM25

- Rango ajustado de medición ($Q_{\min} - Q_{\max \text{ ajustado}}$): 0,12 – 1,45 l/s (0,44 – 5,22 m³/h)
- Error lineal máximo (ε_{lm}): $\pm 0,2 \%$
- Error absoluto en l/s.

$$\varepsilon_{abs} = \varepsilon_{lm} \times Q_{\max \text{ ajustado}} = \pm 0,002 \times 1,45 = \pm 0,003 \text{ l/s} = \pm 0,011 \text{ m}^3/\text{h}$$

Las medidas de caudal registradas hasta 1,45 l/s sería:

$$Q_{\text{registrado}} \pm 0,011 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sensor CEM50

- Rango ajustado de medición ($Q_{\min} - Q_{\max \text{ ajustado}}$): 0,39 – 15,57 l/s (1,41 – 56,05 m³/h)
- Error lineal máximo (ε_{lm}): $\pm 0,2 \%$
- Error absoluto en l/s.

$$\varepsilon_{abs} = \varepsilon_{lm} \times Q_{\max \text{ ajustado}} = \pm 0,002 \times 15,57 = \pm 0,03 \text{ l/s} = \pm 0,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

Las medidas de caudal registradas hasta 15,57 l/s sería:

$$Q_{\text{registrado}} \pm 0,11 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sensor CEM100

- Rango ajustado de medición ($Q_{\min} - Q_{\max \text{ ajustado}}$): 1,64 – 45,68 l/s (5,90 – 164,45 m³/h)
- Error lineal máximo (ε_{lm}): $\pm 0,2 \%$
- Error absoluto en l/s.

$$\varepsilon_{abs} = \varepsilon_{lm} \times Q_{\max \text{ ajustado}} = \pm 0,002 \times 45,68 = \pm 0,09 \text{ l/s} = \pm 0,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

Las medidas de caudal registradas hasta 45,68 l/s sería:

$$Q_{\text{registrado}} \pm 0,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sensor CEM200

- Rango ajustado de medición ($Q_{\min} - Q_{\max \text{ ajustado}}$): 6,92 – 114,82 l/s (24,90 – 413,35 m³/h)
- Error lineal máximo (ϵ_{lm}): $\pm 0,2 \%$
- Error absoluto en l/s.

$$\epsilon_{abs} = \epsilon_{lm} \times P_{max} = \pm 0,002 \times 114,82 = \pm 0,23 \text{ l/s} = \pm 0,83 \text{ m}^3/\text{h}$$

Las medidas de caudal registradas hasta 114,82 l/s sería:

$$Q_{\text{registrado}} \pm 0,83 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tabla 5: Desviación del caudal registrado por los contadores según diámetro

Contador DN	CEM200	CEM100	CEM50	CEM25
Q registrado (m ³ /h)	$\pm 0,83$	$\pm 0,32$	$\pm 0,11$	$\pm 0,011$

8.3 Medición de presión

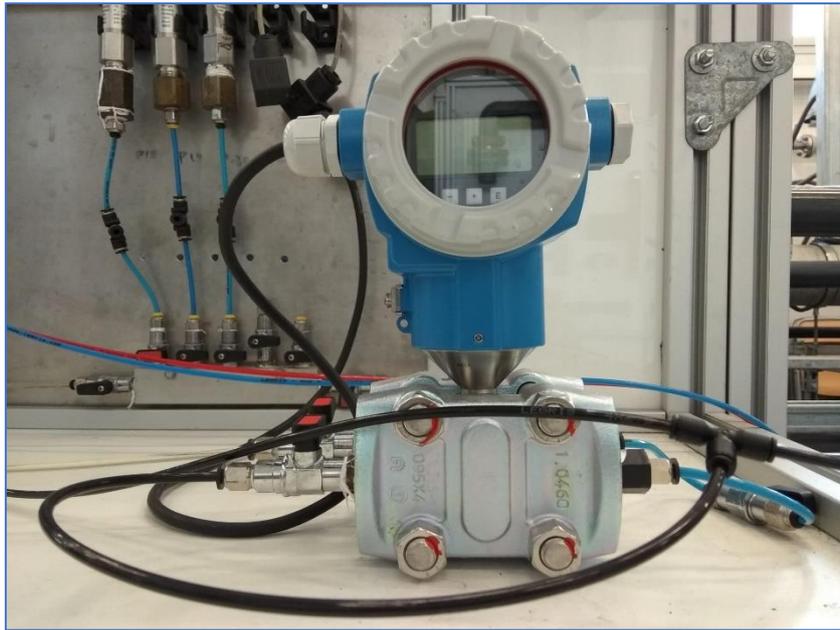
La medida de presión se realiza mediante transductores de presión, 0-1000 KPa, así como mediante transductores diferenciales de 50 y 300 KPa. Un transductor de presión convierte la presión en una señal eléctrica. Esta señal se consigue mediante la deformación de unos extensómetros unidos en el diafragma del transductor, de manera que la presión produce una deformación del diafragma, proporcional a la presión. Esta deformación produce un cambio en la resistencia eléctrica.

En el siguiente cuadro se resumen las características principales:

Tabla 6: Características de los transductores

Transductor	EH300 kPa	EH50 kPa	L1000 kPa
Tipo	Presión Diferencial	Presión Diferencial	Presión
Cantidad	1	1	4
Fabricante	Endress+Hauser	Endress+Hauser	Labom
Modelo	PMD75	PMD75	CB6012
Temperatura	-40...+85 °C	-40...+85 °C	-10...+80 °C
Presión mínima (kPa)	-50	-50	-100
Presión máxima (kPa)	+300	+50	1100
Error Máximo %	$< \pm 0,075$	$< \pm 0,075$	$< \pm 0,2$
Tipo de señal	Analógica 4-20 mA	Analógica 4-20 mA	Analógica 4-20 mA
Fecha Calibración	1/2/2016	1/2/2016	1/2/2016

Ilustración 15: Manómetro diferencial



8.3.1 Error medición de la presión.

La norma UNE-EN 1267 “Válvulas industriales” en el Apartado 6.3 “Incertidumbres” se establece el valor admisible en el error de la incertidumbre. La incertidumbre aleatoria, la incertidumbre global y cualquier otra incertidumbre en las mediciones de la presión diferencial aumentan a medida que aumenta la amplitud de las fluctuaciones. En consecuencia, el valor admisible en el error global depende del valor ζ , como se muestra en la siguiente tabla:

Valor de ζ	Símbolo	Incertidumbre %
$\zeta > 20$	$e\Delta p$	$\pm 3,5$
$4 < \zeta \leq 20$	$e\Delta p$	± 6
$1 < \zeta \leq 4$	$e\Delta p$	± 10
$0,1 < \zeta \leq 1$	$e\Delta p$	± 15

Error de medida de los transmisores de presión utilizados vendrá dado por los datos suministrados por el fabricante.

Sensor L1000 (1000 kPa)

- Rango ajustado de medición ($P_{\min} - P_{\max}$): 0 – 1000 kPa
- Error lineal máximo (ε_{lm}): $\pm 0,2$ %
- Error absoluto en kPa.

$$\varepsilon_{abs} = \varepsilon_{lm} \times P_{max} = \pm 0,002 \times 1000 = \pm 2,0 \text{ kPa} = \pm 0,02 \text{ bar}$$

Las medidas de presión registradas serían:

$$P_{registrada} \pm 0,02 \text{ bar}$$

Sensor EH300 (300 kPa)

- Rango ajustado de medición ($\Delta P_{\min} - \Delta P_{\max}$): 0 – 300 kPa
- Error lineal máximo (ϵ_{lm}): $\pm 0,075 \%$
- Error absoluto en kPa.

$$\epsilon_{abs} = \epsilon_{lm} \times \Delta P_{max} = \pm 0,00075 \times 300 = \pm 0,225 \text{ kPa} = \pm 0,00225 \text{ bar}$$

Las medidas de presión registradas serían:

$$\Delta P_{registrada} \pm 0,00225 \text{ bar}$$

Sensor EH50 (50 kPa)

- Rango ajustado de medición ($\Delta P_{\min} - \Delta P_{\max}$): 0 – 50 kPa
- Error lineal máximo (ϵ_{lm}): $\pm 0,075 \%$
- Error absoluto en kPa.

$$\epsilon_{abs} = \epsilon_{lm} \times \Delta P_{max} = \pm 0,00075 \times 50 = \pm 0,0375 \text{ kPa} = \pm 0,000375 \text{ bar}$$

Las medidas de presión registradas tendrán un valor de:

$$\Delta P_{registrada} \pm 0,000375 \text{ bar}$$

8.4 Sistema de adquisición de medidas.

Las señales de medida y actuación sobre los elementos del banco de ensayos se realizan a través de dos tarjetas NI modelo PCI, cuyas características se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 13: Características del sistema adquisición de datos del Banco de ensayos LHIR.

Modelo	NI PCI 6259	NI PCI 6023E
Fabricante	National Instruments	National Instruments
Sistema operativo	Real-Time/Linux/Mac OS/Windows	Real-Time/Linux/Mac OS/Windows
Nº Canales simples analógicos	32	16
Nº Canales diferenciales analógicos	16	8
Frecuencia de muestreo	1,25 MS/s	200 kS/s
Salidas Analógicas	4	0
Salidas/Entradas Digitales	48	8
Resolución (bits)	16	12
Voltaje (V)	10	10
Función	16 Entradas analógicas diferenciales: Sensores de presión.	6 Entradas analógicas diferenciales: Contadores Electromagnéticos,

Modelo	NI PCI 6259	NI PCI 6023E
	<p>1 Entrada digital: control emisor de pulsos de contadores.</p> <p>1 Salida analógica: Control del variador de frecuencia de los grupos de bombeo.</p>	<p>basculas para depósitos de pesada de 500 l y 5000 l.</p> <p>2 Salida digitales: Desviadores depósitos de pesada.</p>

Ilustración 16: Tarjetas NI modelo PCI



8.5 Regulación de caudales y presiones del banco.

La regulación del caudal y presión se soluciona mediante la acción combinada de: cierre parcial de la válvula de compuerta motorizada aguas arriba del tramo recto donde se sitúa la válvula a ensayar; válvula hidráulica aguas abajo del tramo donde se instala la válvula a ensayar; actuación sobre el variador de frecuencia que controla el funcionamiento de cada una de las tres bombas.

Ilustración 17: Válvula de compuerta Hawido

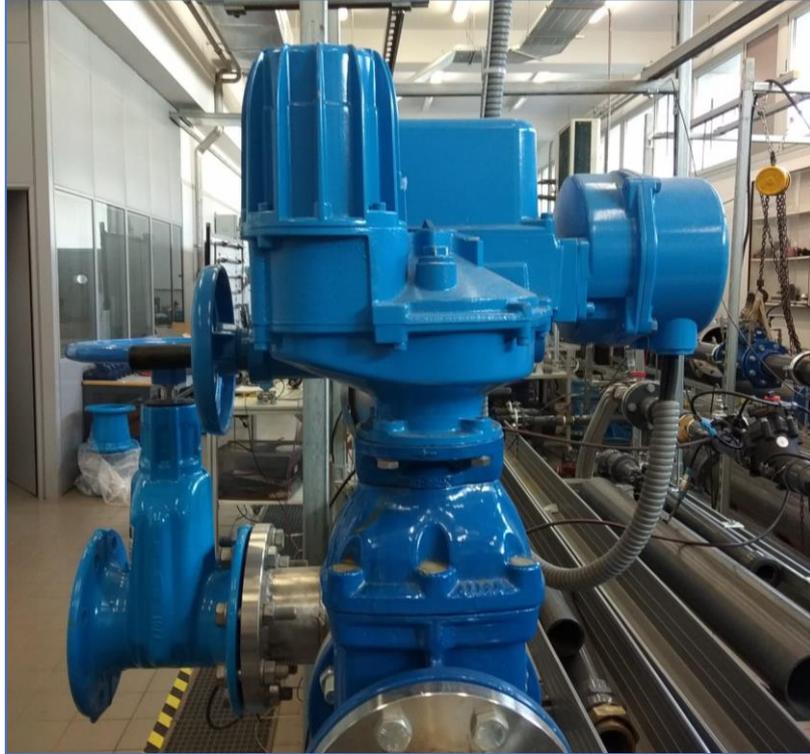


Tabla 8: Características válvulas de compuerta.

Fabricante	Hawle
Modelo	Hawido
Código	1795100000
DN	100
PN	16
L	350
Kg	32.000

9. Anexo 2: Ensayo 5.3.1 Coeficiente de caudal K_v y pérdidas de carga en tuberías y válvula.

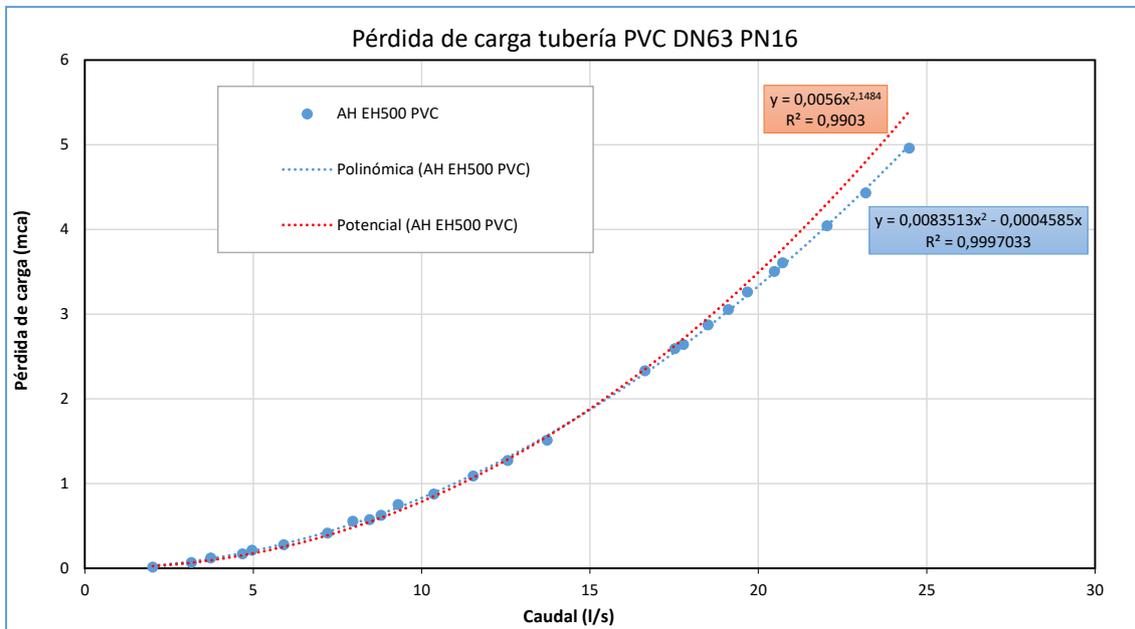
Apartado 1: Resistencia al flujo de los tramos de tubería rectos sin válvula instalada

La pérdida de carga de la tubería viene expresada en bares en la siguiente tabla:

Tabla 9: Resultados Apartado 1: Pérdida de carga en la tubería

Q (m3/h)	ΔP (bar)	Q (m3/h)	ΔP (bar)
88,14	0,486	21,26	0,027
83,49	0,435	25,93	0,041
73,71	0,344	30,44	0,056
68,79	0,300	31,68	0,061
63,99	0,259	37,31	0,086
59,89	0,229	41,51	0,107
33,49	0,074	45,22	0,125
28,63	0,054	49,42	0,148
17,87	0,021	63,09	0,254
13,45	0,012	66,64	0,282
7,26	0,001	70,84	0,320
11,39	0,007	74,61	0,354
16,85	0,017	79,34	0,397

Gráfica 9: Pérdida de carga de la tubería sin la válvula



El ajuste polinómico proporciona un coeficiente de correlación superior al ajuste potencial.

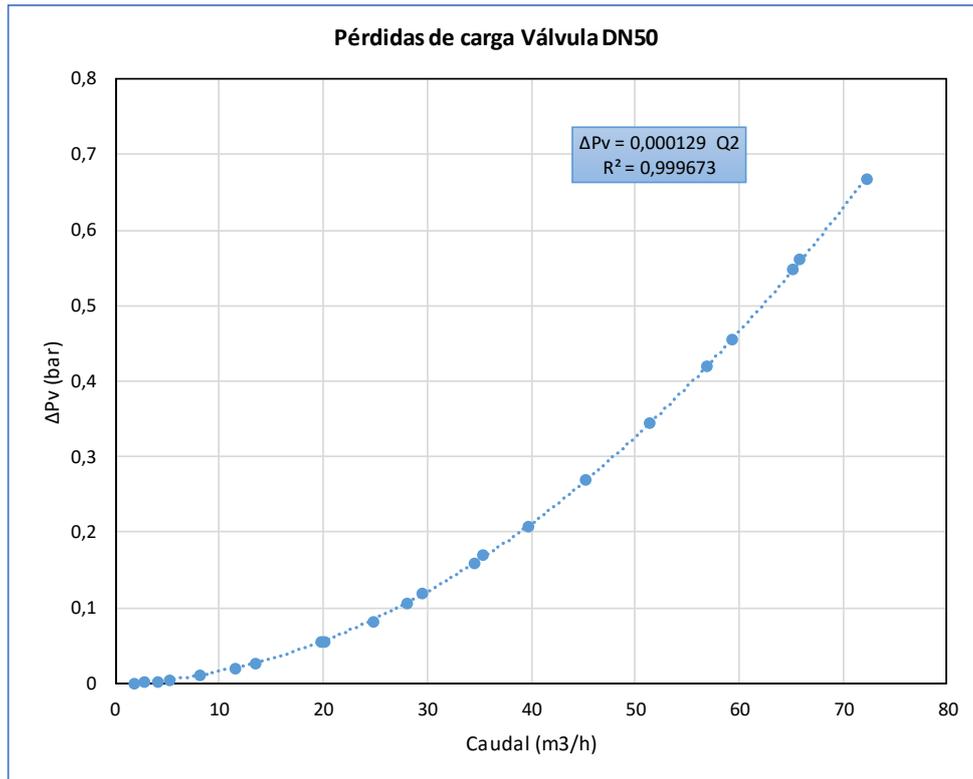
Apartado 2: Resistencia al flujo de la válvula ensayada. Pérdidas de carga.

La pérdida de carga de la válvula viene expresada en la siguiente tabla:

Tabla 10: Resultados Apartado 2: Pérdida de carga de la válvula. Coeficiente de la válvula k_v

Q (m ³ /h)	ΔP_{v+t} (bar) EH300	ΔP_t (bar)	ΔP_v (bar)
1,81	0,000	0,000	0,000
4,18	0,002	0,001	0,001
8,23	0,015	0,004	0,011
13,49	0,038	0,011	0,027
20,11	0,081	0,025	0,055
24,84	0,121	0,039	0,082
29,60	0,174	0,055	0,119
34,59	0,234	0,076	0,158
45,25	0,400	0,130	0,270
51,40	0,511	0,167	0,344
59,33	0,678	0,223	0,455
65,91	0,836	0,275	0,560
72,29	0,999	0,331	0,668
65,20	0,817	0,269	0,548
56,89	0,625	0,205	0,420
39,77	0,308	0,100	0,208
35,41	0,250	0,079	0,170
28,08	0,156	0,050	0,107
19,77	0,078	0,025	0,054
11,53	0,028	0,008	0,020
5,26	0,006	0,002	0,005
2,84	0,002	0,000	0,001

Gráfica 10: Pérdida de carga de la válvula.



Apartado 3: Coeficiente de resistencia al flujo o K_s

Tabla 10: Resultados Apartado 3.

Q (m³/h)	V (m/s) Dint	V (m/s) DN	ΔH VH-Tub PVC
1,81	0,223	0,256	0,003
4,18	0,515	0,592	0,014
8,23	1,014	1,165	0,107
13,49	1,660	1,908	0,271
20,11	2,475	2,844	0,564
24,84	3,058	3,514	0,837
29,60	3,644	4,187	1,214
34,59	4,258	4,893	1,616
45,25	5,570	6,401	2,758
51,40	6,328	7,272	3,509
59,33	7,304	8,393	4,638
65,91	8,114	9,325	5,717
72,29	8,899	10,227	6,810
65,20	8,026	9,223	5,591
56,89	7,003	8,048	4,285
39,77	4,895	5,626	2,119
35,41	4,359	5,009	1,738
28,08	3,456	3,972	1,087
19,77	2,434	2,797	0,547



Q (m³/h)	V (m/s) Dint	V (m/s) DN	ΔH VH-Tub PVC
11,53	1,419	1,631	0,202
5,26	0,648	0,745	0,047
2,84	0,350	0,402	0,014

10.Anexo 3: Ensayo 5.3.2 Características hidráulicas de regulación. Válvulas de control que realizan la función de regulación de presión.

Apartado 1: Ensayo a presión mínima admisible

Tabla 11: Resultados ensayo presión mínima admisible.

t (s)	P5	P6	P7	P16	Promedio	Desviación	PR (bar)	PR- (bar)	PR+ (bar)	Q (m3/h)
1616,48	45,712	10,286	45,722	10,294	11,16	-0,87	1,09	0,98	1,27	1,7604
1645,282	45,168	11,745	45,088	11,719	11,16	0,56	1,09	0,98	1,27	3,6612
1697,782	44,567	11,726	44,54	11,74	11,16	0,58	1,09	0,98	1,27	5,5116
1724,481	44,239	11,851	44,173	11,898	11,16	0,73	1,09	0,98	1,27	7,3872
1746,882	43,78	10,852	43,727	10,958	11,16	-0,21	1,09	0,98	1,27	9,6912
1844,583	41,127	11,795	40,894	11,759	11,16	0,60	1,09	0,98	1,27	17,9352
1870,885	40,53	10,883	40,279	10,941	11,16	-0,22	1,09	0,98	1,27	18,7596
1895,785	38,119	12	37,758	12,01	11,16	0,85	1,09	0,98	1,27	22,8744
2020,088	35,21	12,01	34,278	11,842	11,16	0,68	1,09	0,98	1,27	35,6832
2110,405	39,967	12,381	38,683	12,108	11,16	0,94	1,09	0,98	1,27	42,2316
2241,992	25,113	14,485	21,844	12,939	11,16	-0,16	1,09	0,98	1,27	69,0408
2307,093	26,391	13,348	21,895	12,403	11,16	-0,84	1,09	0,98	1,27	81,5112
2510,089	59,415	11,307	57,648	11,003	11,16	-0,95	1,09	0,98	1,27	50,9148
2542,091	53,406	10,663	51,777	10,322	11,16	-1,07	1,09	0,98	1,27	48,4092
2613,29	67,817	10,444	67,063	10,215	11,16	-0,03	1,09	0,98	1,27	33,2928
2670,389	59,721	10,187	58,927	10,092	11,16	-0,66	1,09	0,98	1,27	32,7636
2700,39	59,323	11,196	58,527	11,136	11,16	-0,34	1,09	0,98	1,27	33,3468
2788,092	66,879	10,474	66,612	10,504	11,16	-0,19	1,09	0,98	1,27	17,8128
2839,693	60,297	10,755	60,033	10,822	11,16	-0,64	1,09	0,98	1,27	18,1908
2894,192	60,183	10,877	59,844	10,975	11,16	-1,15	1,09	0,98	1,27	18,432
2922,094	57,512	10,468	57,253	10,525	11,16	-0,58	1,09	0,98	1,27	18,0432
2965,593	60,3	9,94	60,215	10,016	11,16	-0,70	1,09	0,98	1,27	8,694
2986,792	61,52	10,587	61,492	10,585	11,16	0,65	1,09	0,98	1,27	4,4244
3080,296	46,344	10,481	46,346	10,464	11,16	-0,87	1,09	0,98	1,27	4,3668
3139,095	47,421	11,811	47,379	11,812	11,16	0,56	1,09	0,98	1,27	2,0124

Siendo:

- Promedio: promedio de los valores de presión registrados en P16 en m.c.a.
- PR: presión de regulación en bar. Promedio de los valores de presión registrados en P16.
- PR-: valor mínimo de presión registrado aguas abajo en el sensor P16 durante todo el ensayo (en m.c.a).
- PR+: valor máximo de presión registrado aguas abajo en el sensor P16 durante todo el ensayo (en m.c.a).

Apartado 2: Ensayo a presión máxima admisible
Tabla 12: Resultados ensayo presión máxima admisible.

t (s)	P5	P6	P7	P16	Promedio	Desviación	PR (bar)	PR+ (bar)	PR- (bar)	Q (m3/h)
2796,617	79,079	63,507	79,059	63,429	62,64	-0,79	6,14	6,34	5,89	12,1212
2828,719	90,73	62,218	90,686	62,22	62,64	0,42	6,14	6,34	5,89	11,9412
2850,219	90,432	63,334	90,297	63,24	62,64	-0,60	6,14	6,34	5,89	13,266
2869,52	89,288	64,695	89,082	64,636	62,64	-1,99	6,14	6,34	5,89	17,8272
2889,425	97,774	62,936	97,556	62,84	62,64	-0,20	6,14	6,34	5,89	17,5176
2906,222	96,571	61,854	96,246	61,775	62,64	0,87	6,14	6,34	5,89	20,3184
2922,321	90,652	63,418	90,095	63,226	62,64	-0,58	6,14	6,34	5,89	28,0944
2947,023	84,737	63,976	83,908	63,765	62,64	-1,12	6,14	6,34	5,89	34,7256
2964,222	75,563	63,924	74,247	64,464	62,64	-1,82	6,14	6,34	5,89	43,9344
2981,423	92,673	63,116	91,403	62,8	62,64	-0,16	6,14	6,34	5,89	43,9272
2995,421	84,109	62,841	82,315	63,248	62,64	-0,60	6,14	6,34	5,89	51,6132
3007,82	74,411	62,35	71,902	62,871	62,64	-0,23	6,14	6,34	5,89	58,734
3045,021	94,359	62,25	91,986	62,352	62,64	0,29	6,14	6,34	5,89	59,1948
3075,418	76,596	64,679	73,017	63,168	62,64	-0,52	6,14	6,34	5,89	71,5752
3118,719	93,027	62,217	90,388	63,03	62,64	-0,39	6,14	6,34	5,89	61,7868
3135,522	81,851	61,33	79,19	62,639	62,64	0,00	6,14	6,34	5,89	61,2684
3152,219	95,089	62,681	93,287	62,137	62,64	0,51	6,14	6,34	5,89	51,0444
3164,118	83,585	62,253	81,858	62,682	62,64	-0,04	6,14	6,34	5,89	50,7528
3176,619	94,215	62,272	93,067	62,034	62,64	0,61	6,14	6,34	5,89	40,9608
3192,52	83,97	63,149	82,79	62,775	62,64	-0,13	6,14	6,34	5,89	41,0544
3221,419	95,152	61,401	94,575	61,25	62,64	1,39	6,14	6,34	5,89	29,3724
3239,618	76,587	63,682	75,988	63,35	62,64	-0,71	6,14	6,34	5,89	30,096
3252,518	83,803	61,784	83,519	61,619	62,64	1,02	6,14	6,34	5,89	21,0924
3269,217	87,227	61,641	87,167	61,609	62,64	1,03	6,14	6,34	5,89	10,2204
3318,819	89,46	62,225	89,453	62,131	62,64	0,51	6,14	6,34	5,89	3,978
3336,718	88,603	62,103	88,558	61,99	62,64	0,65	6,14	6,34	5,89	5,6844
3352,318	88,602	60,144	88,543	60,083	62,64	2,56	6,14	6,34	5,89	5,8716

Siendo:

- Promedio: promedio de los valores de presión registrados en P16 en m.c.a.
- PR: presión de regulación en bar. Promedio de los valores de presión registrados en P16.
- PR-: valor mínimo de presión registrado aguas abajo en el sensor P16 durante todo el ensayo (en m.c.a).
- PR+: valor máximo de presión registrado aguas abajo en el sensor P16 durante todo el ensayo (en m.c.a)

11. Anexo 4: Esquemas y planos

Ilustración 18: Esquema general de la instalación según Norma UNE-EN 1267.

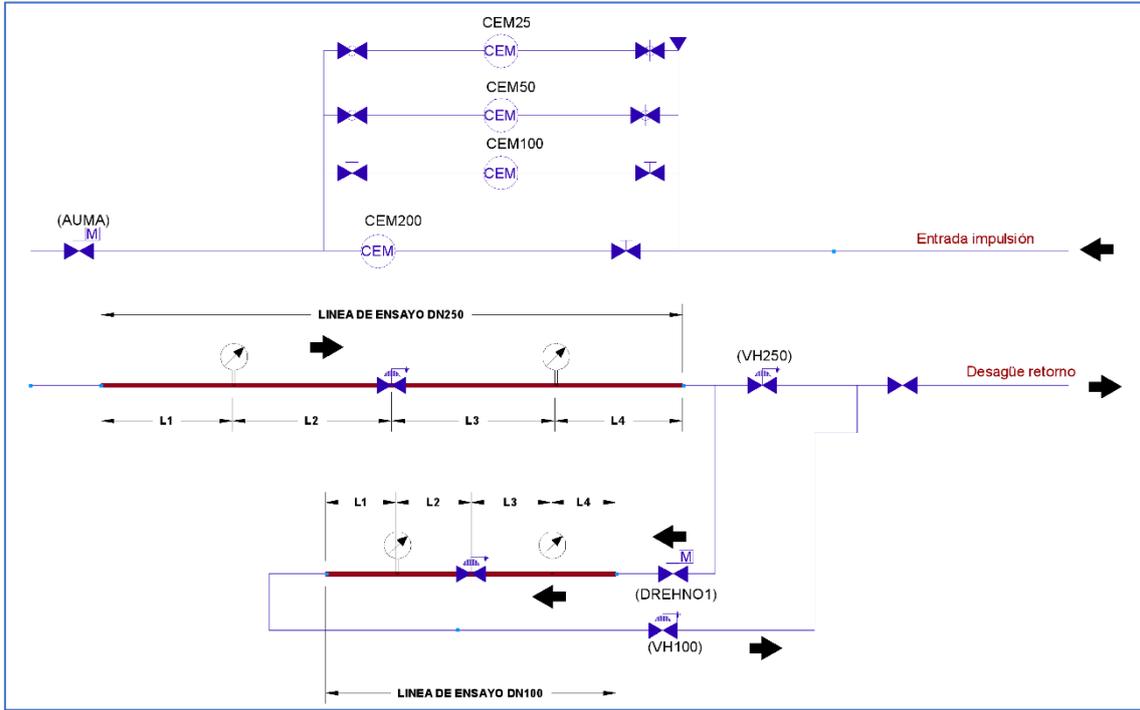


Ilustración 19: Componentes de la instalación

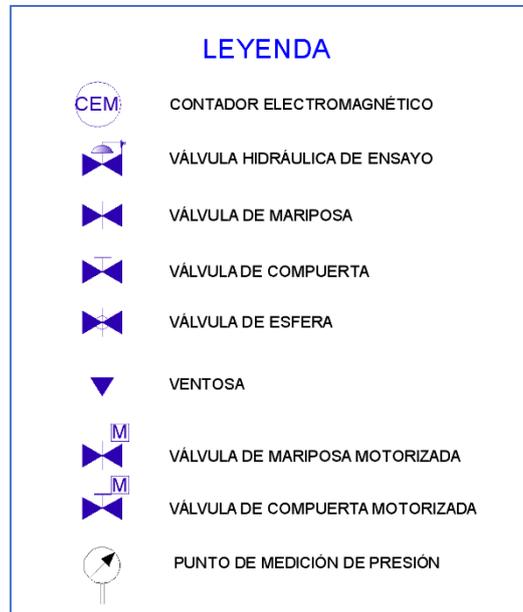
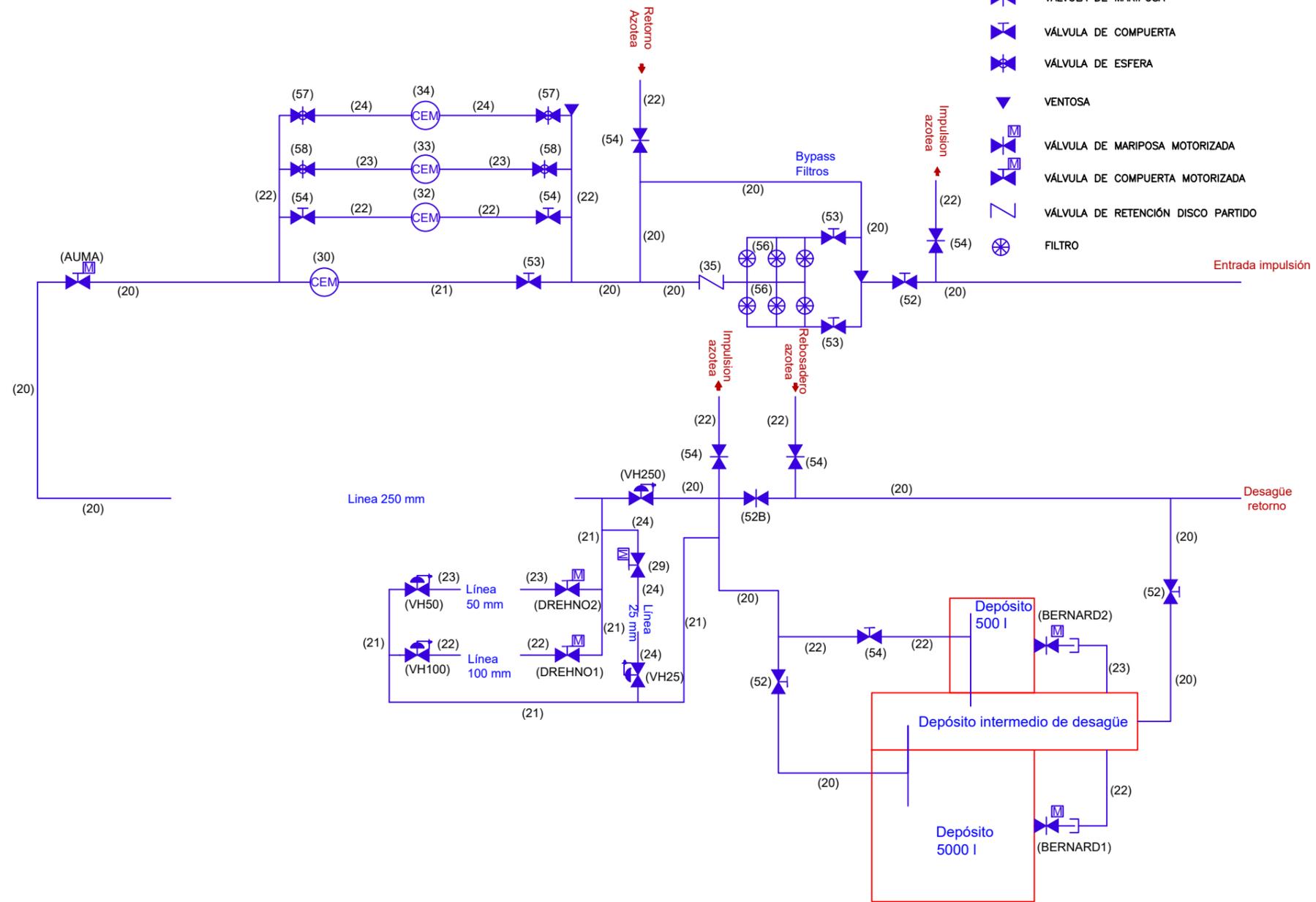


Tabla 14: Tramo recto según condiciones de ensayo

Válvula	Características Tubería	Línea de ensayo.	L1 (mm)	L2 (mm)	L3 (mm)	L4 (mm)
DN50	PVC DN63 PN16	DN100	680	655	655	680

LEYENDA

-  CONTADOR ELECTROMAGNÉTICO
-  VÁLVULA HIDRÁULICA DE REGULACIÓN
-  VÁLVULA DE MARIPOSA
-  VÁLVULA DE COMPUERTA
-  VÁLVULA DE ESFERA
-  VENTOSA
-  VÁLVULA DE MARIPOSA MOTORIZADA
-  VÁLVULA DE COMPUERTA MOTORIZADA
-  VÁLVULA DE RETENCIÓN DISCO PARTIDO
-  FILTRO



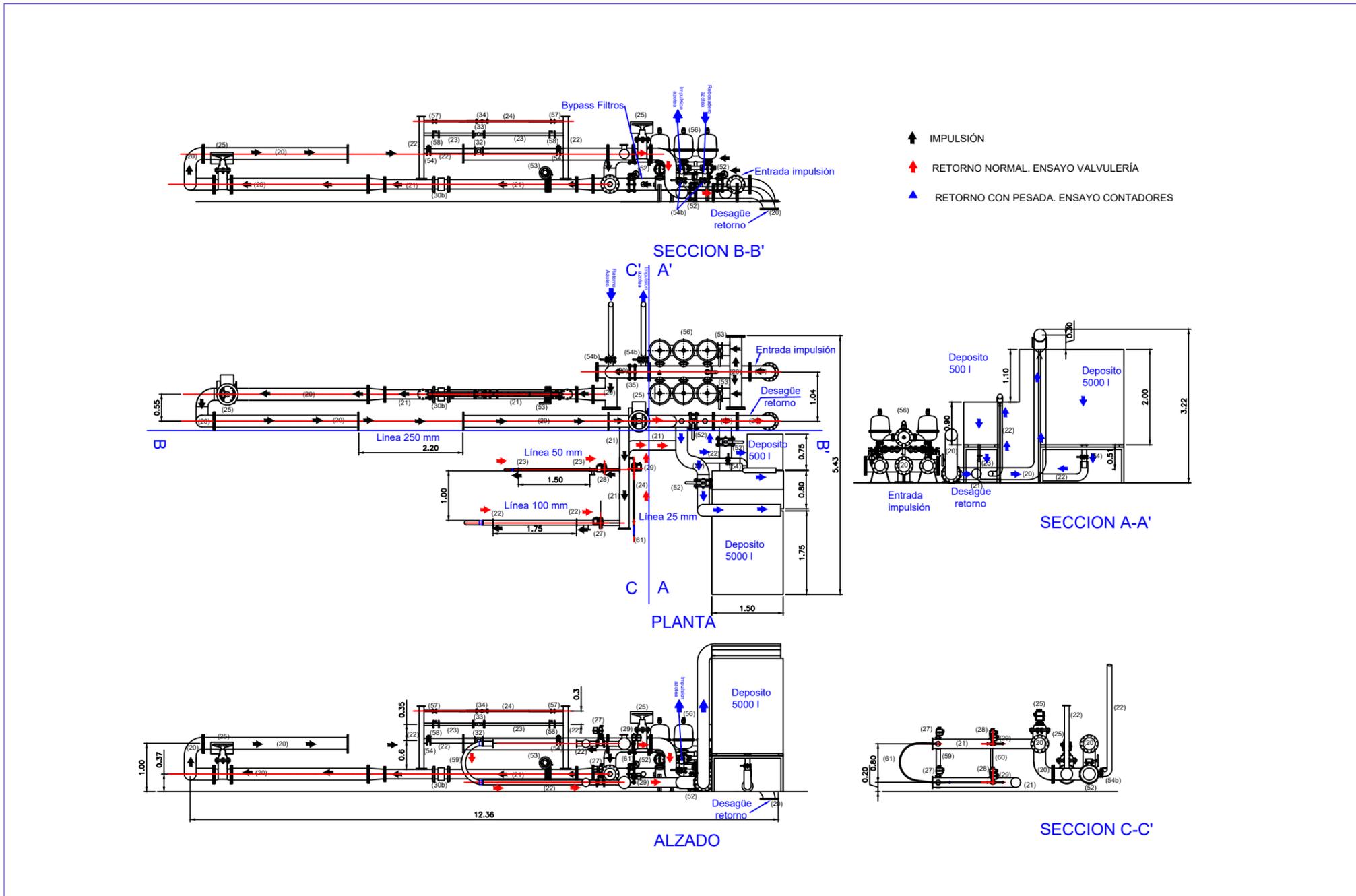
TITULO:
ESQUEMA UNIFILAR BANCO DE ENSAYO LABORATORIO HIDRÁULICA Y RIEGOS

PETICIONARIO:
PROYECTO CARACTERIZACIÓN VÁLVULA
HIDRÁULICA TAURUS DN50

FIRMADO

NOMBRE: MONTESINDOS, C
FECHA: 05/2020
Nº DEL PLANO: 1

ESCALA:
PLANO: PLANO 1



TITULO:

PLANO BANCO DE ENSAYO LABORATORIO HIDRÁULICA Y RIEGOS

PETICIONARIO:

PROYECTO CARACTERIZACIÓN VÁLVULA
HIDRÁULICA TAURUS DN50

FIRMADO

NOMBRE: MONTESINDO, C

ESCALA:

PLANO :

FECHA: 05/2020

1:100

PLANO 2

Nº DEL PLANO : 2

INSTALACIÓN EN LABORATORIO

INDENTIFICACIÓN (Plano)	Nuevo	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
20	20	Tubería de acero inoxidable ASTM A312 TP304/304L DN 250 mm (10")	DN 250
21	21	Tubería de acero inoxidable ASTM A312 TP304/304L DN 200 mm (8")	DN 200
22	22	Tubería de acero inoxidable ASTM A312 TP304/304L DN 100 mm (4")	DN 100
23	23	Tubería de acero inoxidable ASTM A312 TP304/304L DN 50 mm (2")	DN 50
24	24	Tubería de acero inoxidable ASTM A312 TP304/304L DN 25 mm (1")	DN 25
25	AUMA	Válvula de compuerta motorizada con indicador de posición DN 250 mm	DN 250
25b	VH250	Válvula hidráulica de control eléctrico NC HAWIDO DN 250 mm	
27	DREHNO1	Válvula de compuerta motorizada con indicador de posición DN 100 mm	DN 100
27b	VH100	Válvula hidráulica de control eléctrico NC HAWIDO DN 100 mm	
28	DREHNO2	Válvula de compuerta motorizada con indicador de posición DN50	DN 50
28b	VH50	Válvula hidráulica de control eléctrico NC HAWIDO DN 50 mm	
29	29	Válvula de bola motorizada con indicador de posición DN 25	DN 25
29b	VH25	Válvula hidráulica de control eléctrico NC HAWIDO DN 40 mm	
30	30	Contador electromagnético SIEMENS MAG 5100 DN 200 mm	DN 200
32	32	Contador electromagnético EUROMAG MUT 1100 DN 100 mm	DN 100
33	33	Contador electromagnético EUROMAG MUT 2200 DN 50 mm	DN 50
34	34	Contador electromagnético SIEMENS MAG 5100 DN 25 mm	DN 25
35	35	Válvula de retención disco partido DN 250 mm	DN 250
52	52	Válvula de compuerta HAWLE DN 250 mm	DN250
52B	52B	Válvula de mariposa con reductor DN 250 mm	
53	53	Válvula de compuerta HAWLE DN 200 mm	DN 200
54	54	Válvula de mariposa DN 100 mm	DN 100
55	BERNARD 2	Válvula de mariposa motorizada DN 50 mm (Vaciado depósito pesada 500 l)	DN 50
56	BERNARD 1	Válvula de mariposa motorizada DN 100 mm (Vaciado depósito pesada 5000 l)	
	56	Batería de filtros de anillas	
57	57	Válvula de bola DN 25 mm	DN 25
58	58	Válvula de bola DN 50 mm	DN 50
59	59	Latiguillo flexible DN 100	DN 100
60	60	Latiguillo flexible DN 50	DN 50
61	61	Latiguillo flexible DN 25	DN 25