



## **BANCO DE ELECTROVÁLVULAS DEL CENTER Y ESTUDIO COMPARATIVO DE DOS MODELOS DE ELECTROVÁLVULA SOMETIDAS A DIFERENTES PRESIONES, TENSIONES Y TEMPERATURAS**

*Cervantes Díaz-Toledo, A. (1) (P)*

<sup>1</sup> Ingeniero Técnico en Informática de Gestión, Asistencia Técnica del Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), Camino de la Vega s/n, 28830 San Fernando de Henares, [acervant@tragsa.es](mailto:acervant@tragsa.es)

### **Resumen**

El telecontrol supone un factor importante para lograr un equilibrio entre la demanda y el gasto de agua, porque centraliza y gestiona la información del consumo realizado en cada superficie de riego. Que un telecontrol funcione correctamente no sólo depende del equipo remoto, sino que también influyen los diferentes sensores y actuadores que hacen que todo funcione en conjunto. Uno de los actuadores más importantes es la electroválvula (solenoides) puesto que es el factor fundamental a la hora de realizar un riego. Por este motivo desde el Laboratorio Central para Ensayo de Materiales y Equipos de Riego del CENTER se ha desarrollado un nuevo banco destinado a probar los diferentes tipos de electroválvulas existentes en el mercado. El banco dispone de dos circuitos cerrados de agua, uno para agua limpia y otro para agua con partículas en suspensión donde poder ensayar solenoides de dos o tres hilos, biestables o monoestables, con diferentes tensiones de alimentación y ancho de pulso. Como aplicación directa para el banco se realizó en colaboración con la empresa Bürkert, un estudio comparativo de dos modelos de electroválvulas. El ensayo pretendía verificar su comportamiento sometiéndolas a diferentes temperaturas (tanto de agua como del equipo), presiones y tensiones.

### **Abstract**

Remote monitoring and control system is a major factor in order to reach an equilibrium between water demand and water consumption as it centralizes and manages the consumption data coming from each irrigation area. A remote monitoring and control system will work properly not only because of the remote equipment but also due to the different sensors and actuators that help that everything works as a single unit. One of the most important actuators is the solenoid valve as it is the key component when irrigating. For this reason, the CENTER laboratory has developed a new test bench designed to test the different types of electric valves in the market. The test bench has two closed water circuits, one for clean water and another one for water with suspended particles that allow testing of two or three wire solenoids, bistable or monostable, with different supply voltages and pulse band. As a direct application for the bench, the CENTER, in collaboration with Bürkert, has carried out a comparative study of two different models of Solenoid valves. The test is aimed at verifying their performance through variable temperatures (water and equipment temperatures), pressures and voltages.



## 1) Introducción

El agua es un bien escaso y como tal se tiene que gestionar de una manera eficiente. Uno de los objetivos más importantes para el telecontrol de regadíos es el control y ahorro sustancial en el consumo del agua. Para poder realizar esta labor, se necesita que todos los elementos que influyen en la realización de un riego como válvulas, sensores, actuadores, equipos remotos y demás elementos funcionen correctamente.

Aunque el telecontrol está suponiendo un avance y una mejora para las Comunidades de Regantes, es cierto también que están surgiendo ciertos problemas en las instalaciones relacionados de forma directa o indirecta con las electroválvulas, como son:

- Atasco y deterioro del solenoide, por el salitre y agua turbia.
- Mala elección del cableado que acciona el solenoide.
- Largas distancias de separación entre la remota y la propia electroválvula.
- Elección errónea de los sistemas de telecontrol o de las válvulas hidráulicas para un solenoide específico.
- Falta de mantenimiento.
- Problemas con los microtubos conectados a los solenoides.
- Corta duración del pulso de accionamiento.
- Problemas de obsolescencia por los diferentes cambios de temperatura que se producen a lo largo del año en el campo.

El estudio y verificación del funcionamiento de las diferentes electroválvulas, es esencial en la elección idónea de estos elementos para determinar cuáles son los más acertados a la hora de implantarlos en los distintos proyectos e instalaciones. Por esta razón el equipo técnico del CENTER decidió desarrollar un banco de electroválvulas, donde poder caracterizar y verificar el correcto funcionamiento de las mismas.

Como carácter añadido al nuevo banco y como aplicación práctica, se decidió realizar un estudio comparativo de dos modelos diferentes de electroválvulas (6014 y 6027) de la empresa Bürkert con las mismas características técnicas pero con algún cambio en el diseño. El ensayo surgió debido a los problemas que se presentaban en una de las obras donde se habían instalado las electroválvulas del modelo 6027. Al sustituir estos elementos por el modelo 6014 el problema se solventaba. Por esta razón, la empresa Bürkert decidió realizar el estudio comparativo de los dos modelos, para poder determinar en qué términos se producían los fallos de apertura y cierre de los equipos.

Los **objetivos** del trabajo son principalmente:

- Dar a conocer el nuevo banco de electroválvulas desarrollado, poniendo de manifiesto las características del mismo y los ensayos que se pueden realizar a los equipos.
- Verificar el correcto funcionamiento de los dos modelos de solenoides especificados, sometidos a las mismas pruebas de apertura y cierre con diferentes presiones, tensiones y temperaturas tanto ambientales como del agua.
- Elaboración de un protocolo de ensayo para caracterizar las electroválvulas y que servirá como apoyo a la normativa de telecontrol.

## 2) Materiales y métodos

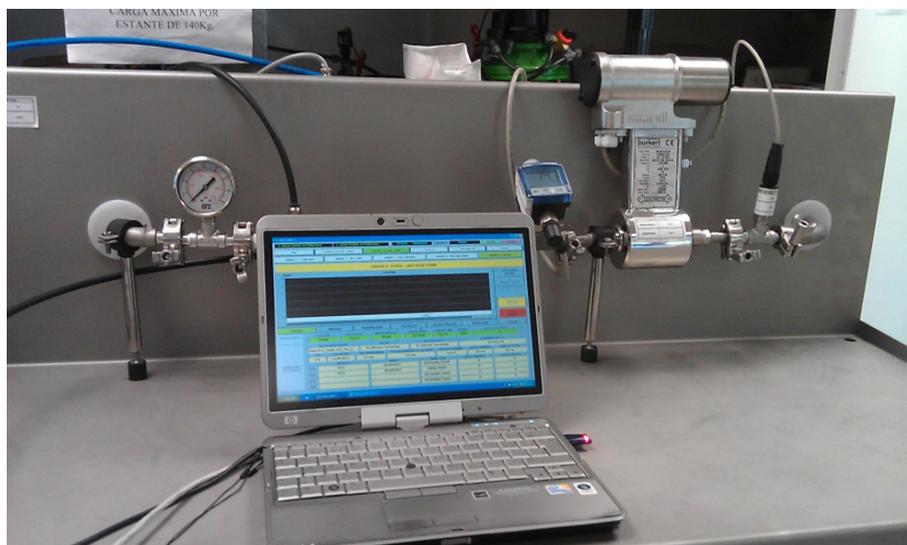
### 2.1) Banco de Electroválvulas

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio Central para Ensayo de Materiales y Equipos de Riego del CENTER, donde se determinan o comprueban las características técnicas de los elementos de riego. Para realizar este estudio se empleó el nuevo banco de electroválvulas. Dicho banco, mostrado en la figura 1, consta de dos circuitos cerrados de agua, donde poder ensayar hasta cuatro solenoides a la vez en cada circuito. De forma continua se registran tanto las actuaciones realizadas como diferentes datos de actuación, temperatura, caudal, tensión o presión.



**Figura 1** – Banco de electroválvulas

Cada circuito consta de un depósito de agua con una bomba vertical centrífuga, un transductor de presión, un caudalímetro electromagnético y un transductor de temperatura aguas arriba y un manómetro aguas abajo del objeto de ensayo. Estos elementos se muestran en la figura 2.



**Figura 2** – Sensores empleados en el banco de electroválvulas

Uno de los circuitos ha sido diseñado para que circule agua con partículas en suspensión a través de él. Por este motivo se ha instalado un agitador, mostrado en la figura 3, que evite que las partículas se queden en el fondo del depósito.



**Figura 3** – Agitador de partículas y bomba centrífuga

El banco permite realizar ensayos de funcionamiento y fatiga en el siguiente tipo de electroválvulas:

- Electroválvulas de 1/8”/1/4”; 3/2 vías Latch 2 hilos. NA (Normalmente abierta) y/o NC (Normalmente cerrada) en reposo.
- Electroválvulas de 1/8”/1/4”; 3/2 vías Latch 3 hilos común positivo. NA y/o NC en reposo.
- Electroválvulas de 1/8”/1/4”; 3/2 vías Latch 3 hilos común negativo. NA y/o NC en reposo.
- Electroválvulas de 1/8”/1/4”; 3/2-2/2 vías. NA y/o NC en reposo.

Lo que se ha intentado, al diseñar el banco de ensayo, es abarcar la mayoría de tipos de electroválvulas existentes y empleadas para el telecontrol.

Para poder determinar y caracterizar de manera correcta un solenoide, el banco tiene la capacidad de realizar las siguientes pruebas:

- Tiempo mínimo impulso apertura y cierre electroválvula.
- Tensión mínima impulso apertura y cierre electroválvula.
- Presión mínima/máxima impulso apertura y cierre electroválvula.
- Relación presión caudal.
- Ensayo de fatiga.

## 2.2) Características del material objeto de estudio

Para el estudio realizado se ensayaron cinco solenoides facilitados por la empresa Bürkert (tres del modelo 6027 y dos del 6014). Las características de ambos modelos de electroválvulas se muestran en la tabla 1:

**Tabla 1** – Tabla de características de electroválvulas

<i>Tipo de electroválvula</i>	Biestable/Latch
<i>Tensión de alimentación nominal</i>	12 Vcc
<i>Ancho de pulso nominal</i>	50 ms
<i>Rango de presión nominal</i>	0 – 10 bar
<i>Número de vías</i>	3 vías
<i>Número de hilos</i>	2 hilos
<i>Estado en reposo</i>	NA (Normalmente abierta)

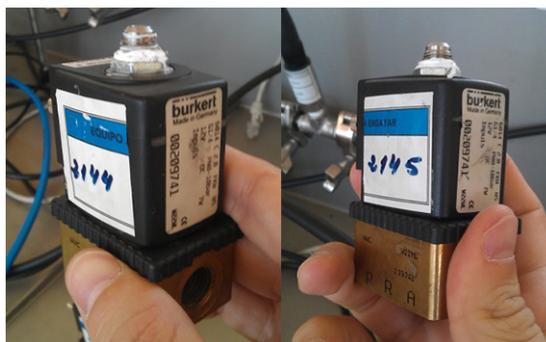
A continuación se muestran los equipos objeto de ensayo:

Modelo 6027 – Con identificación del laboratorio: 2082, 2084 y 2085, mostrados en la figura 4.



**Figura 4** – Electroválvulas 2085, 2084, 2082

Modelo 6014 – Con identificación del laboratorio: 2144 y 2145, mostrados en la figura 5.



**Figura 5** - Electroválvulas 2145, 2144

### 2.3) Ensayos realizados

Para las pruebas se ha empleado el nuevo banco de electroválvulas mencionado. El ensayo comparaba los modelos de solenoides especificados y pretendía verificar si la variación de temperatura, presión y tensión afectaba al funcionamiento de los equipos.

Los valores empleados para realizar los ensayos se muestran en la tabla 2:

**Tabla 2** – Valores empleados para realizar los ensayos

<b>Tensión de disparo (V)</b>	10, 12, 13,2 20, 25
<b>Duración del pulso (ms)</b>	50
<b>Temperatura de la electroválvula (°C)</b>	2, 20, 45
<b>Temperatura del agua (°C)</b>	2, 20, 45
<b>Presión del agua (bar)</b>	2,5, 6, 10

Secuencia de ensayos:

El ensayo consistió en realizar 10 operaciones de apertura y cierre para cada una de las diferentes tensiones, presiones y temperaturas especificadas anteriormente.

La idea al realizar los ensayos, era conseguir la misma temperatura, con una tolerancia de  $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ , tanto para el circuito hidráulico como para la electroválvula. Para alcanzar la temperatura objetivo, se empleó como elemento auxiliar a la prueba una cámara climática, mostrada en la figura 6, donde se introdujo la electroválvula.

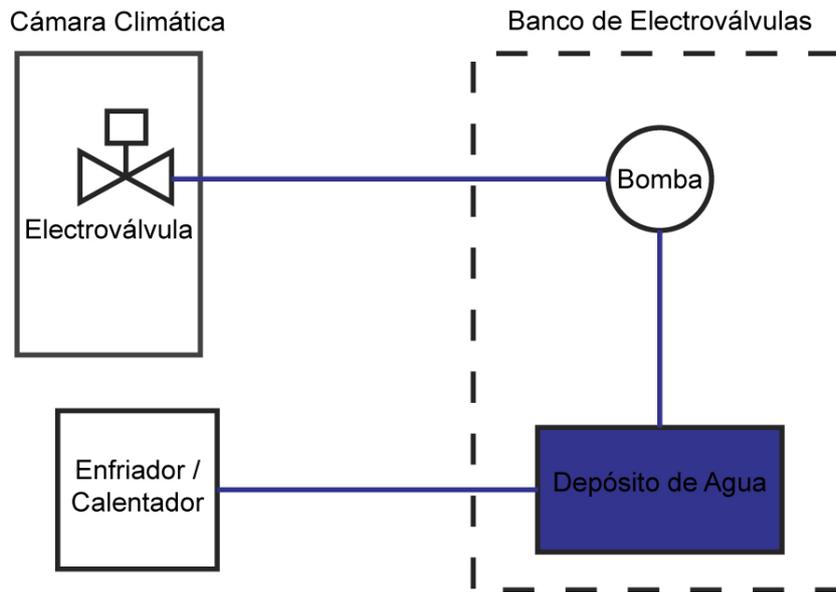
Una vez conectada al banco de solenoides e introducida, la electroválvula objeto de ensayo en el interior de la cámara climática, se configuró a la temperatura necesaria.



**Figura 6** – Cámara climática empleada para conseguir la temperatura objetivo

Para que el circuito hidráulico alcanzase la temperatura adecuada para el ensayo, se empleó un equipo refrigerador/calentador para conseguir temperaturas de 2 °C, 20 °C y 45 °C. La figura 7 muestra la instalación empleada para la realización de los ensayos.

Para garantizar el correcto funcionamiento de las electroválvulas se aseguraba que existiera una diferencia de presión entre aguas arriba y aguas abajo del solenoide en el momento de su apertura o cierre. Si no realizaba la maniobra de forma correcta, no se producía una diferencia de presión y por lo tanto, la prueba se consideraba negativa.



**Figura 7 – Esquema de instalación realizada**

Ninguna de las pruebas se iniciaba hasta que no se alcanzaba la temperatura objetivo, dentro de la tolerancia especificada, tanto en el interior de la cámara climática como en el circuito hidráulico. Desde el programa del autómatas se configuraban los parámetros de ancho de pulso, tensión, y presión para realizar los ensayos.

La prueba se consideró negativa si al enviar una orden de apertura o de cierre, el solenoide no era capaz de realizar la operación en el primer intento, siendo necesario realizar varios reintentos hasta que se consiguiese accionar.

### 3) Resultados y discusión

En cuanto a la aplicación práctica del estudio realizado de la comparativa de los modelos de electroválvulas 6014 y 6027 de la empresa Bürkert, se ha determinado que el resultado del ensayo ha sido satisfactorio para el modelo 6014 mientras que el modelo 6027 ha presentado anomalías en su funcionamiento.

En la tabla 3, se muestra a modo de resumen los resultados de todos los ensayos realizados a las electroválvulas:

**Tabla 3 –** Tabla de características de electroválvulas

Tensión (V)	Temperatura (°C)	Temperatura agua (°C)	Presión (bar)	Modelo 6027						Modelo 6014			
				2082		2084		2085		2144		2145	
				Apertura	Cierre	Apertura	Cierre	Apertura	Cierre	Apertura	Cierre	Apertura	Cierre
10,8	2	7,4-9,5	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI
	20	21,5 - 23,2	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
	45	35,8 - 38,7	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
12	2	7,4-9,5	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
	20	21,5 - 23,2	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
	45	35,8 - 38,7	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
13,2	2	7,4-9,5	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
	20	21,5 - 23,2	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
	45	35,8 - 38,7	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
20	2	7,4-9,5	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
	20	21,5 - 23,2	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
	45	35,8 - 38,7	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
25	2	7,4-9,5	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
	20	21,5 - 23,2	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	
	45	35,8 - 38,7	2	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
			5	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
			10	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	

Como se puede ver para el modelo 6027 los resultados a 10 bares de presión han sido negativos para los cierres. Para poder determinar exactamente a partir de qué presión las electroválvulas comienzan a fallar, se decidió aumentar desde los 5 bares hasta los 10 bares la presión en pasos de 0,5 bares. Tras realizar los mismos ensayos que en la tabla anterior, con las mismas tensiones y temperaturas, se determinó que el error se produce para presiones iguales o superiores a 6 bares.

#### 4) Conclusiones y recomendaciones

Los equipos 2144 y 2145, modelo 6014, cumplen con el comportamiento tipo de una electroválvula. Las electroválvulas han realizado todas las órdenes de apertura y cierre pedidos.

Se observa que su funcionamiento ha sido correcto y no se ha visto afectado por las diferentes temperaturas (2, 20 y 45°C), tensiones de disparo (10,8 – 25 V), ni presiones (2, 5 y 10 bar) con 50 ms de ancho de pulso.



En cambio, los equipos 2082, 2084 y 2085, modelo 6027, no cumplen con el comportamiento tipo de un solenoide. No realizan los cierres demandados correctamente a partir de 6 bares de presión. Para presiones inferiores a 6 bar, las electroválvulas funcionan correctamente.

Estas propuestas y estudios permitirán que los fabricantes suministren una información más detallada de sus productos, mejorando así su competitividad en el mercado. De esta misma manera se benefician los usuarios de los sistemas de telecontrol, que ven asegurada la calidad y compatibilidad de los elementos que se instalan en campo. Las pruebas indicadas en el banco servirán de inicio y de forma experimental, para establecer un protocolo de ensayo de electroválvulas que podría incluirse como parte de la norma de telecontrol que se está desarrollando o como parte de una norma específica de electroválvulas para riego.

El nuevo banco de electroválvulas, integra las pruebas necesarias a realizar a todos los modelos diferentes y tipos de electroválvulas existentes en el mercado. Gracias al nuevo banco, se podrá comparar el funcionamiento entre distintos modelos para poder ver hasta qué punto afectan a su correcto funcionamiento las condiciones ambientales, calidad y temperatura del agua y su durabilidad en el tiempo.

Es recomendable, como se ha podido comprobar tras los ensayos realizados que, previo a la instalación en obra de los equipos pasen una serie de pruebas en laboratorios para poder asegurar que cumple con unos requisitos mínimos y que tienen un funcionamiento correcto. Es recomendable, por ejemplo, realizar las pruebas de los equipos tanto de manera individualizada como en conjunto. Se recomienda realizar ensayos a electroválvulas y a válvulas hidráulicas por separado, pero se considera casi igual de importante realizar los ensayos en conjunto para no encontrar incompatibilidades entre ellos.