

# Dispositivo Electromecánico para accionamiento e Implementación de una Válvula de Control en Lazo Abierto para una Planta Térmica

Miguel A. Reyes\*, Emil Hernández\*\*

\*Universidad Pontificia Bolivariana, [miguel.reyes@upb.edu.co](mailto:miguel.reyes@upb.edu.co), \*\*Universidad Pontificia Bolivariana, [emil.hernandez@upb.edu.co](mailto:emil.hernandez@upb.edu.co)

**Resumen** — Una válvula de control es un sistema utilizado para regular el flujo, dentro de un proceso específico. Con este fin, se diseñó, construyó e implementó un prototipo de una válvula de control en lazo abierto, accionada por un dispositivo electromecánico, que se adapta a las especificaciones de trabajo del sistema de enfriamiento de la planta térmica, ubicado en el laboratorio de plantas térmicas de la UPB con un enfoque didáctico pero con utilización aplicada a un equipo industrial real. El laboratorio de plantas térmicas de la UPB cuenta con un conjunto de equipos industriales tales como caldera-sobrecalentador-turbina de vapor-generador, con una capacidad de generación de 5 kW. El sistema de posicionamiento y control de la válvula es diferente a los que existe convencionalmente en el mercado, ya que es controlada por un LOGO!<sup>®</sup>, 12/24 RC (PLC); el cual compara la señal externa (Posición de apertura determinada por el Operador), con la interna. Se desarrolló un dispositivo electromecánico para manipulación de la válvula según corresponda, con las señales provenientes de dos potenciómetros lineales instalados en tal mecanismo. La exactitud en la posición del vástago de la válvula, y por tanto de la apertura de control, es dada por la relación de velocidad del sistema de transmisión de potencia que hace parte del dispositivo electromecánico.

Con las pruebas realizadas al prototipo, se obtuvo un Cv de la válvula igual a 43.37, que al compararse con el Cv de la válvula del fabricante de 49.42. Se observó una desviación aceptable de 12.2%.

**Palabras clave** — Dispositivo electromecánico, Válvula reguladora, Control de flujo.

**Abstract** — A control valve is a system used to regulate the flow within a specific process. With this aim, a prototype of a control valve in open loop was designed, built and implemented, driven by an electromechanical device that fits the job specifications of a cooling system of the thermal plant located in the thermal plants laboratory UPB (Universidad Pontificia Bolivariana), with a didactic approach but with application to real industrial equipment. The thermal plants laboratory of the UPB is equipped with a set of industrial equipment such as boiler-superheater steam-turbine-generator with a generating capacity of 5 KW.

The positioning system and valve control is different from the conventionally available, since it is controlled by a LOGO!<sup>®</sup>, 12/24 RC (PLC), which compares the external signal (opening position determined by the operator), with the internal signal. An electromechanical device for manipulation of the valve was developed, using the signals from two linear potentiometers installed in the mechanism.

The accuracy in the positioning of the valve stem and the control of the opening is given by the speed ratio of the power transmission system that is part of the electromechanical device.

With the tests performed on the prototype, a value Cv for the valve was obtained equal to 43.37, which when compared to

the Cv of the valve's manufacturer (49.42), a 12.2% acceptable deviation was observed.

**Keywords** — electromechanical device, control valve, flow control.

## I. INTRODUCCIÓN

El nivel que ha logrado la automatización de procesos es muy alto, y una de las razones de su fortaleza es el logro de procesos más eficientes y confiables, mejorando por tanto su calidad, debido principalmente a la disminución de las posibilidades de error, provenientes de la negligencia o descuido en la intervención de un operador directo.

La industria desde que fomenta la automatización, ha visto la posibilidad de mejorar rápidamente sus procesos. Tener el control de las variables que intervienen en un proceso, es el objetivo de la automatización efectiva. Una de las variables que manipulan diferentes industrias como la de alimentos, la petroquímica, los servicios públicos, entre otros, es el caudal. El uso de diferentes tipos de válvulas, así como los dispositivos electromecánicos y oleo neumáticos desarrollados para su manipulación, resultan cada vez más complejos.

La manipulación adecuada de una válvula debe garantizar la regulación exacta del caudal, según los requerimientos del proceso. Existen dos posibilidades para la regulación automatizada: En lazo abierto y en lazo cerrado; las cuales se basan en, fijar el caudal sin posibilidades de auto corrección, y fijar el caudal con la posibilidad de auto corrección; respectivamente.

El presente trabajo hace parte de una serie de actividades académicas y de investigación al interior de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), que consiste en intervenir o desarrollar proyectos que apliquen sobre los laboratorios de la facultad. Uno de estos proyectos consistió en instalarle una válvula de compuerta, controlada en lazo abierto, a través de un controlador de gama baja LOGO!<sup>®</sup>, 12/24 RC (PLC); con el fin de regular el caudal de agua, en el sistema de refrigeración de la planta térmica piloto de la UPB, utilizando para su manipulación un dispositivo electromecánico que permitiera variar con gran exactitud el caudal, en un número adecuado de posiciones.

El porcentaje de caudal alcanzado en cada una de las 11 posiciones evaluadas, fue verificado por medio de pruebas experimentales. De igual forma, se contrastó la variación en la eficiencia del sistema de refrigeración al utilizar este dispositivo. Este proceso se llevó a cabo de forma experimental, por falta de información del fabricante de los intercambiadores de calor de casco y tubos; y porque la válvula de compuerta no es utilizada para sistemas de



**Base y recubrimiento del sistema de la válvula:** la base fue diseñada para sostenerse y ajustarse por el cuerpo de la válvula. Igualmente para sostener y alinear el sistema de transmisión de potencia; también, para sostener la parte electrónica.

Los materiales provistos para su diseño fueron: Lamina estructural A-36, barra cuadrada de 5/16 y ángulos de  $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{8}$ .

**Construcción:** la construcción se llevó a cabo según lo correspondiente a cada pieza. El sistema de transmisión de potencia se llevo a cabo por maquinado (torno y fresa).

La estructura de la base y recubrimiento de la válvula se llevo a cabo por corte de cizalla, y ensamblada por soldadura 6013 y tornillos con tuerca. Algunos detalles se aprecian en la figura 5.

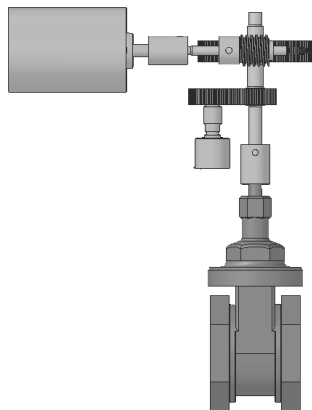


Fig. 5: Esquemático frontal de componentes electromecánicos

**Componentes eléctricos y electrónicos:** el circuito electrónico y el dispositivo en general, requirió de una fuente que trabajara con una entrada de 120V AC, y una salida entre 0- 24v DC. Para ser utilizada ya sea por el motor o por la señal analoga del LOGO!®.

La programación del LOGO!®, se desarrollo de tal forma, que solo cumpla la función de comparar dos señales (externa e interna), en la cual encienda y apague el motor, en un sentido de giro (determinado por la diferencia de señal). Se hace claridad que el proceso de regulación o control se plantea desde un inicio en lazo abierto, esto con el fin de ofrecer a estudiantes de ingeniería un prototipo de prácticas de función real en laboratorio. Este proyecto es susceptible de modificaciones, con el fin de implementar a posterior un control en lazo cerrado.

Esta programación de carácter básico, permite aumentar o disminuir el número de posibles posiciones del vástago. Igualmente ayuda a otorgar mayor exactitud en las posiciones de apertura. Se puede observar parte del programa básico de control para el LOGO!®, en la figura 6.

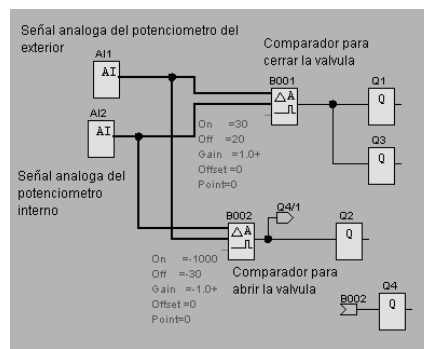


Fig. 6: Esquema básico de control en el LOGO!®

La Programación del LOGO!®, [2] inicialmente se realiza con dos entradas análogas, las cuales provienen de los potenciómetros, igualmente, se utilizarían dos salidas análogas, las cuales controlarían el posicionamiento del motor; por medio de convertidor de señal, el cual, convertiría la señal de salida del logo (0- 10 voltios), a un voltaje determinado para ejercer movimiento en el motor.

Los demás componentes del circuito se complementan con un selector de energizado, y botonería de pulso para inicio y parada del accionamiento del dispositivo electromecánico. Igualmente, se utiliza un cofre metálico como sistema de protección a intemperie de los componentes electrónicos.

### III. PRUEBAS

La válvula de compuerta en lazo abierto, se instalo en el sistema de refrigeración con la implementación de una unión universal de dos pulgadas, y dos soportes modulares para montaje y desmontaje con facilidad. Parte de este montaje se puede apreciar en la figura 7.

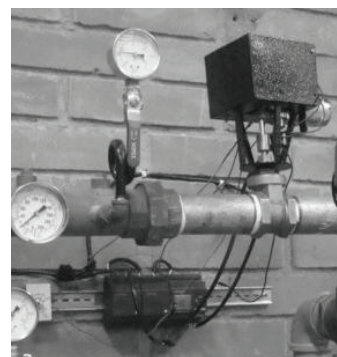


Fig. 7: distribución y montaje electromecánico

El funcionamiento del dispositivo electromecánico fue sometido a varias pruebas:

**Prueba tipo 1 - caudal:** se encendió el sistema de refrigeración el cual incluye algunos intercambiadores de calor. Durante un tiempo determinado, se midió la presión en algunos puntos del sistema de refrigeración; luego se apagó y se midió el volumen de refrigerante almacenado en un recipiente colocado en una toma muestras. Este procedimiento se repitió varias veces para cada una de las once posiciones que se consideraron en el funcionamiento de la válvula. Estas posiciones se tomaron en virtud de los puntos de posición donde se alcanzaban a apreciar variaciones significativas de caudal y su afectación en el sistema de enfriamiento.

**Prueba tipo 2 – enfriamiento forzado:** se encendió la caldera de la planta térmica piloto, una vez que se estabilizó, alrededor de dos horas, se encendió el sistema de refrigeración. Luego se determinó la mayor apertura posible de la válvula, se registraron las diferentes temperaturas y presiones que se lograban en esta posición de trabajo; la información se tomó en distintos puntos del sistema de refrigeración así como en diferentes puntos de la línea de vapor proveniente de la caldera. Este proceso se realizó con el ventilador encendido de la torre de enfriamiento, y se repetía durante las once diferentes posiciones determinadas en la primera prueba.

**Prueba tipo 3 – enfriamiento no forzado:** se establece un procedimiento similar al realizado en la prueba dos, pero con el ventilador apagado de la torre de enfriamiento, esto con el fin de establecer un comparativo para determinar la afectación del proceso por parte del sistema forzado de enfriamiento.

#### IV. ANALISIS DE RESULTADOS

Después de obtener y registrar los resultados y datos de las pruebas, estos se tabularon y graficaron, para intentar establecer tendencias y describir el comportamiento del dispositivo electromecánico objeto de este trabajo.

Cabe anotar que las pruebas realizadas para este dispositivo fueron elaboradas de manera básica, quedando a posterior un complemento de pruebas con mayor rigor, realizando las modificaciones al prototipo del dispositivo con el fin de mejorar los resultados de las pruebas.

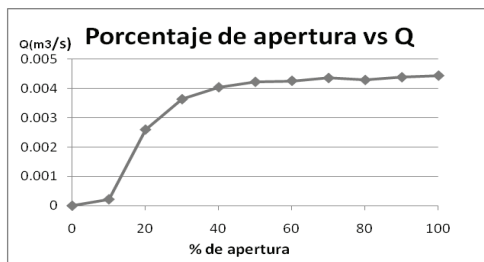


Fig. 8: Diagrama resultados prueba 1

Se puede observar en la figura 8, el comportamiento del caudal del sistema de refrigeración, el cual muestra un aumento en proporciones considerables hasta el 50% de apertura, después de este, la variación es mínima. Este comportamiento es completamente aceptable, ya que la característica de válvula es de apertura rápida. Se puede esperar resultados diferentes en caso de utilización de otro tipo de válvula.

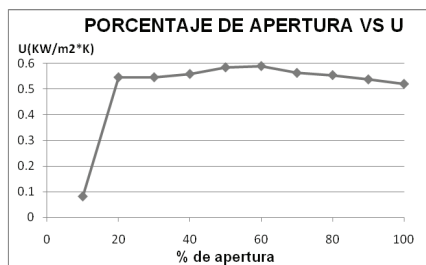


Fig. 9: Diagrama resultados prueba 2

El análisis de la transferencia de calor [3] que se realiza en el intercambiador de calor de casco y tubos, se hace por sumatoria de energías, por falta de datos del fabricante. Para determinar un caudal con el cual se aumente la eficiencia del sistema refrigeración, se supone que los

intercambiadores están completamente aislados en la superficie. Por tanto, los resultados son solo una aproximación del valor real

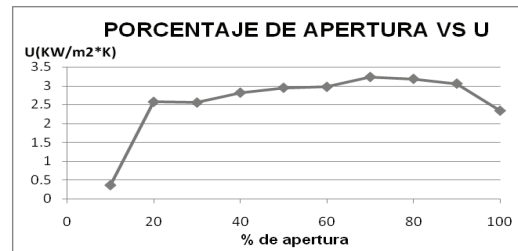


Fig. 10: Diagrama resultados prueba 3

En las figuras 9 y 10 se observan las dos tipos de pruebas realizadas; una con el ventilador de la torre de enfriamiento encendido y otro apagado; para determinar los parámetros con los que se aumentaría la eficiencia del sistema de refrigeración.

Se puede observar que la transferencia de calor [3] aumenta con respecto al caudal de paso, pero disminuye con el aumento de la temperatura del refrigerante.

Por tanto, se obtiene mayor eficiencia con el ventilador encendido.

Se toma el mayor coeficiente de transferencia de calor de las dos pruebas y se determina el caudal necesario, a partir de la transferencia de calor, en las condiciones con las que se espera que trabajara el sistema de refrigeración

Transferencia de calor deseada: 16.524 KW aprox.

La exactitud en la posición del vástago de la válvula, y por tanto de la apertura de control, es dada por la relación de velocidad del sistema de transmisión de potencia que hace parte del dispositivo electromecánico.

Con las pruebas realizadas al prototipo, se obtuvo un Cv [4] de la válvula igual a 43.37, que al compararse con el Cv de la válvula del fabricante de 49.42. Se observó una desviación aceptable de 12.2%.

#### V. CONCLUSIONES

La transferencia de calor del sistema de refrigeración es proporcional al caudal de paso e indirectamente proporcional a la temperatura del refrigerante.

Si el caudal del intercambiador de casco y tubo de menor longitud para alcanzar la transferencia de calor deseada, no llega ni al 10% de apertura de la válvula, mucho menos lo hará el de mayor longitud, debido a que aumenta el área de transferencia.

Se recomienda cambiar la bomba del sistema de refrigeración para disminuir la velocidad del refrigerante. De esta forma, se disminuirá el caudal de paso por el sistema.

La dependencia de la información suministrada por los fabricantes es alta. Para el caso de este proyecto no se contó con la información relacionada con los intercambiadores, lo cual no permite comparar apropiadamente y determinar así la verdadera eficiencia que debe alcanzar el sistema de refrigeración.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de ingeniería mecánica de la UPB, por permitir este tipo de actividades con carácter académico y facilitar los recursos y laboratorios.

#### REFERENCIAS

- [1] B. Hamrock, B. Jacobson, S. Schmid. *Diseño de elementos de máquinas*, México: Editorial McGraw-Hill, 2000.
- [2] Siemens. Manual de software LOGO!Soft Comfort.
- [3] F. Incropera, D. De Witt. México., Editorial Pearson, 1998
- [4] A. Creus. Instrumentación Industrial. Madrid. Editorial Marcombo 2002