

# CONTROL AUTOMÁTICO EN CANALES DE RIEGO. EXPERIENCIAS EN EL CANAL DE LABORATORIO PAC-UPC

Línea Prioritaria B. Hidrodinámica de embalses. Gestión sostenible de embalses

**Klaudia Horváth<sup>1</sup>, Eduard Galvis R.<sup>2</sup>, Manuel Gómez Valentín<sup>1</sup>, José Rodellar Benedé<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>UPC-ETSECCPB. Instituto FLUMEN e-mail: [klaudia.horvath@upc.edu](mailto:klaudia.horvath@upc.edu)

<sup>2</sup>UPC-ETSECCPB. Departamento de Matemática Aplicada III e-mail: [edugare.plc@gmail.com](mailto:edugare.plc@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

El control automático de canales de riego facilita la satisfacción de las necesidades de los regantes y también disminuye la pérdida de agua y los costos a largo plazo del sistema de riego. En la práctica se suelen utilizar los algoritmos de control más comunes, como PIDs. sin embargo, actualmente existen otros algoritmos más sofisticados que se pueden aplicar. Algunos de ellos se han comprobado mediante simulación numérica, pero muy pocos de ellos han sido probados en la realidad o en modelos a escala. En este trabajo se muestra la utilidad de una instalación que combina el modelado numérico y la verificación de los algoritmos de control en el laboratorio.

## 2. EL CANAL DE LABORATORIO PAC - UPC

El denominado canal PAC-UPC (Canal de Prueba de Algoritmos de Control – Universitat Politècnica de Catalunya) se encuentra en el Campus Nord de la UPC. El canal tiene una longitud de 220 metros, con un caudal circulante de hasta 100 l/s. El retardo –tiempo en el que el agua llega desde aguas arriba hasta aguas abajo – es un parámetro significativo de los canales. El PAC-UPC tiene una longitud que permite un retraso notable, y por lo tanto, se comporta como los canales de riego reales.

Dispone de tres compuertas motorizadas y varios puntos de derivación (vertederos). Se puede utilizar diferentes configuraciones: de una a tres tramos de canal. Esto significa que permite simular modelos de una entrada/una salida (SISO) y configuraciones de múltiples entradas/múltiples salidas (MIMO).



Figura 1. UPC-PAC (Canal de Prueba de Algoritmos de Control – Universitat Politècnica de Catalunya)

Hay 9 sensores de nivel de agua y tres compuertas motorizadas cuya apertura está regulada a partir de un SCADA. El sistema recibe como entradas las señales de nivel y la posición de las compuertas. Las señales de salida permiten cambiar la posición de las compuertas. Los caudales se miden a partir de las relaciones hidráulicas de las compuertas y vertederos. Los datos se procesan por un SCADA propio desarrollado en el entorno MatLab.

En este sentido, cualquier nuevo algoritmo de control se puede instalar y probar fácilmente. Más información sobre el canal PAC y algunos algoritmos analizados en Sepulveda.<sup>1</sup>

### **3. MODELO NUMÉRICO DEL CANAL**

El modelo numérico del canal se desarrolla con la ayuda del código SIC<sup>2</sup> (Simulación de canales de riego), desarrollado por el Cemagref. Reproduce las principales características del canal y está equipado con la posibilidad de probar algoritmos de control.

Inicialmente, se pueden realizar estudios numéricos y posteriormente pruebas de laboratorio. Así se pueden evaluar las características de cualquier nuevo algoritmo de control. Dado que el SIC también puede trabajar enlazado con Matlab, el mismo archivo del algoritmo de control puede ser empleado tanto para las pruebas numéricas como las de laboratorio.

### **4. CONTROL AUTOMÁTICO DEL CANAL**

#### **a. Identificación del sistema**

Para la identificación del canal, pensando en el objetivo de diseñar controladores automáticos, se han obtenido modelos lineales sencillos, cuyos resultados se han comparado con las medidas sobre el canal. Se han utilizado tres modelos: Muskingum, Hayami e Integrador de Retardo Zero (IDZ por sus siglas en inglés). Cada uno de los tramos se ha modelado de forma independiente y así diferentes estrategias de control se pueden desarrollar basadas en estos modelos.

#### **b. Algoritmos del control automático**

Como ejemplo práctico, se ha usado el modelo Muskingum para implementar un controlador predictivo, considerando como variable de control, la abertura de la compuerta aguas arriba y como variable controlada, el caudal aguas abajo.

También se han incorporado controladores de acción Proporcional Integral (PI) para los tres tramos del canal, basados en los modelos mencionados. En estos controladores, la variable de control es el nivel aguas abajo y la variable controlada, la abertura de las compuertas aguas arriba.

### **5. RESULTADOS**

Diversos controladores automáticos se han usado en el canal PAC-UPC, incluso algunos de ellos en trabajos conjuntos con la Confederación Hidrográfica del Ebro, para sintetizar y realizar pruebas con diferentes estrategias de control que posteriormente se pueden poner en funcionamiento en canales reales. El canal PAC-UPC es una herramienta diseñada para el desarrollo y comprobación por cualquier usuario de sus algoritmos de control y que puede ser usado de manera versátil para muy diversas aplicaciones de control automático de sistemas en el contexto general de cualquier estudio hidráulico.

### **6. REFERENCIAS**

[1] SEPULVEDA, C., 2008. Instrumentation, model identification and control of an experimental irrigation canal., Tesis Doctoral UPC

[2] P.O. MALATERRE, J.P. BAUME. SIC 3.0, a simulation model for canal automation design, RIC'97 International workshop on regulation of irrigation canals: state of art research and applications, April 22-24 1997, Marrakech, Morocco, 1997a