

## **6 – CONCLUSIONES**

### **6.1 – CONCLUSIONES DEL ESTUDIO**

Una vez se han desarrollado y puesto a punto los dos algoritmos de control (Muskingum basado en un modelo hidrológico y Hayami basado en un modelo hidráulico) y el modelo hidráulico para simular el comportamiento del canal, se ha implementado todo en el entorno Matlab-Simulink. De la realización de una serie de experimentos se obtienen las siguientes conclusiones referentes al comportamiento de los dos algoritmos de control desarrollados:

- Ambos algoritmos presentan una ley de control matemáticamente simple, lo que permite un cálculo rápido y fácil.
- Ambos sistemas de control permiten asegurar la estabilidad y convergencia hacia los valores deseados de consigna.
- Los dos sistemas son capaces de responder a perturbaciones actuantes sobre el sistema, manteniendo los niveles de consigna preestablecidos.

Los experimentos simulado también permiten extraer una serie de conclusiones relativas a los distintos comportamientos mostrados por los dos controladores:

- El controlador basado en el modelo de Hayami presenta una mayor rapidez de respuesta, lo que conlleva un menor tiempo de convergencia. Dicha respuesta permite alcanzar los nuevos valores de abertura de compuerta requeridos con mayor rapidez.
- La respuesta ofrecida por el controlador de Hayami se genera de un modo más eficiente, tanto temporalmente (menor tiempo de convergencia), como energéticamente (menores oscilaciones en los movimientos de compuerta).
- Los valores finales del error en consigna muestran que en este apartado el controlador de Muskingum es más preciso. Sin embargo, el error final en la consigna cometido mediante el controlador de Hayami es casi despreciable, y su origen es una mayor sensibilidad del controlador frente a errores en el modelo hidráulico. Para corregir este error sería necesario mejorar la precisión de cálculo en el modelo hidráulico. Como la finalidad de un controlador es actuar sobre un canal real, esta problemática se traslada a la sensibilidad de los aparatos de medida, los errores cometidos en la simulación del canal se convierten en errores de medida.

En los últimos experimentos realizados, se ha buscado mejorar el rendimiento de ambos controladores. Las conclusiones que se pueden extraer de esta fase de estudio son las siguientes:

- Reducir el tiempo de muestreo en el controlador de Muskingum no conlleva ningún beneficio cuando se impone un cambio de consigna. En cambio, cuando se produce una perturbación en el canal, reducir el tiempo de muestreo permite reducir el tiempo de convergencia considerablemente.

- Si se reduce el tiempo de muestreo de la simulación en el controlador de Muskingum, la energía consumida por las compuertas aumenta, debido a un aumento de las oscilaciones de éstas.
- El uso de un limitador del incremento de caudal bajo compuerta, en el controlador de Hayami, permite reducir el tiempo de convergencia en los tramos de canal situados aguas arriba de una perturbación. En los tramos de canal en los que se produce la perturbación, el efecto es el contrario, de modo que el tiempo de convergencia aumenta.
- El limitador de incrementos de caudal en el controlador de Hayami permite reducir la cantidad de energía consumida en el movimiento de compuertas, ya que reduce las oscilaciones de éstas. Esta reducción en la energía consumida tiene como contrapartida, en los tramos donde se produce la perturbación, un aumento del tiempo de convergencia.
- La aplicación o no de estos cambios debe de ser estudiada con mayor profundidad. Su uso dependerá de si el objetivo final es obtener una convergencia más rápida, o reducir las oscilaciones de compuertas y ahorrar energía.

De todos los experimentos realizados se puede extraer como conclusión final del estudio que de los dos controladores desarrollados, el controlador basado en el modelo de Hayami es mucho mejor que el de Muskingum. Presenta una respuesta más eficiente, con una mayor velocidad de convergencia en la obtención de los niveles de consigna, pero que a la vez requiere unos movimientos de compuerta menos oscilantes, consumiendo menos energía.

## **6.2 – FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

Los resultados obtenidos en la presente tesina permiten dirigir las futuras investigaciones en la obtención de nuevos controladores basados en el modelo de Hayami. Este modelo, a diferencia del de Muskingum, apenas ha sido utilizado en el campo de la teoría de control. Por ello y por los magníficos resultados obtenidos, se consideran como posibles líneas de desarrollo:

- Desarrollo de un sistema de control centralizado basado en el modelo de Hayami.
- Aplicación del controlador desarrollado a un canal real. Dicho canal podría tratarse de un pequeño canal de laboratorio. Esto permitiría comprobar que los errores finales en consigna se eliminan, una vez eliminada su fuente (modelo hidráulico).