

# SIMULACIÓN NUMÉRICA DE MÓDULOS DE MÁSCARAS PARA LA DERIVACIÓN DE CAUDALES EN CANALES DE RIEGO

Facundo Correas, Nicolás Tripp, Nicolás Caputo, Martín Hidalgo, Mauro Grioni y Dante Bragoni

Grupo de Investigación Hidráulica Computacional y Aplicada (GIHCA), Instituto de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, U. N. de Cuyo, Argentina.

E-mail: fcorreas@fcen.uncu.edu.ar, nicolas.tripp@ingenieria.uncuyo.edu.ar, ncaputopesce@gmail.com, hidalgosanz@gmail.com, maurogrioni15@gmail.com, dsilverapesce@yahoo.com.ar, dante.bragoni@gmail.com

## Introducción

En la provincia de Mendoza, Argentina, y en muchos lugares donde el riego artificial (especialmente por canales) se pretende realizar con mayor precisión y calidad, se vuelve necesaria la instalación de elementos de regulación de caudal confiables. En las obras civiles se producen desvíos respecto a las condiciones de operación nominales ensayadas en laboratorio y por ende, las curvas de desempeño de los módulos de máscara pueden desviarse de las presentadas por los fabricantes. Las curvas de calibración de los módulos de máscaras se obtienen mediante ensayos que presentan condiciones ideales. Por otro lado, el control del caudal en canales de riego requiere la instalación de múltiples módulos, de distinto ancho, dispuestos en paralelo, a los efectos de obtener distintos caudales.

Para poder contemplar la diversa cantidad de disposiciones posibles, la simulación numérica mediante mecánica de fluidos computacional (CFD) puede reducir considerablemente los costos de instalación de estos dispositivos.

En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos mediante modelos desarrollados en ANSYS CFX, de los módulos de máscaras del tipo Neyrpic, de una y dos máscaras, como se muestran en la siguiente figura (extraído de Ankum, 2002).

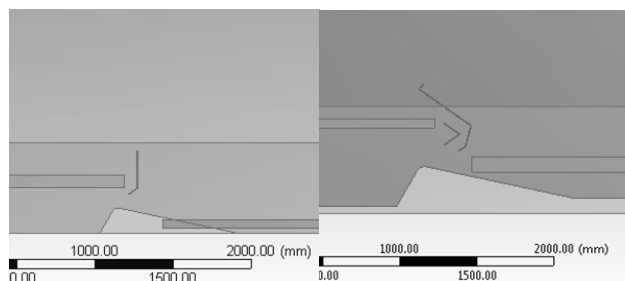


Figura 1.- Izq. Módulo de Máscara Simple. Der. Módulo de Máscara doble (Neyrpic XX2 en este caso).

En primer lugar, se contrastan los resultados obtenidos mediante el modelo numérico con las curvas tipo obtenidas en laboratorios de hidráulica. Luego se simulan instalaciones con derivaciones múltiples en un canal de riego de Mendoza.

## Objetivos

El objetivo principal es estudiar el comportamiento hidráulico de las compuertas del tipo Módulo de Máscaras en canales de riego.

Por otro lado, se busca obtener un modelo validado, que pueda ser una herramienta útil para proyectistas de estos dispositivos que requieran adaptar los dispositivos a condiciones fuera de diseño.

## Metodología

Se desarrollaron dos tipos de modelos, los bidimensionales (2D) y los tridimensionales (3D). En los modelos 2D se buscó replicar las curvas de calibración de los fabricantes. En los 3D se buscó predecir el comportamiento del sistema para diversas

configuraciones. A continuación se describen todos los modelos simulados, así como las distintas geometrías involucradas:

### Módulos Neyrpic representados

Compuerta simple de 200 mm de ancho. Se representó el caudal de diseño y variaciones del 5% y 10% del caudal de diseño.

Compuerta doble de 100 mm de ancho simplificada. Se representó el caudal de diseño y variaciones del 5% y 10% del caudal de diseño y varias condiciones de rugosidad.

Se analizaron distintas mallas (con convergencia) y condiciones 2D y 3D.

Compuerta doble de 100mm de ancho (Módulo XX2). Geometría completa, con chapas directoras.

### Combinación de diferentes módulos

Se combinaron distintos espesores de módulos en condiciones abiertos y cerrados en un canal rectangular ideal similar a un ensayo de laboratorio. Los módulos son de 100, 150 y 250 mm de ancho, o 20, 30 y 50 l/s respectivamente.

### Modelación de derivaciones existentes y pruebas de diseño

Se representó una derivación a margen izquierda en un caso y una derivación doble en el segundo caso, ambas partiendo de un canal principal de sección rectangular y un vertedero pico de pato (Departamento General de Irrigación, Mendoza). En total sólo para estas particiones se simularon un total de 32 escenarios divididos en 6 casos, para determinar variaciones útiles para el diseño.

## Resultados

Los resultados se organizaron por etapa del trabajo. A continuación se muestran algunos resultados obtenidos en este desarrollo progresivo.

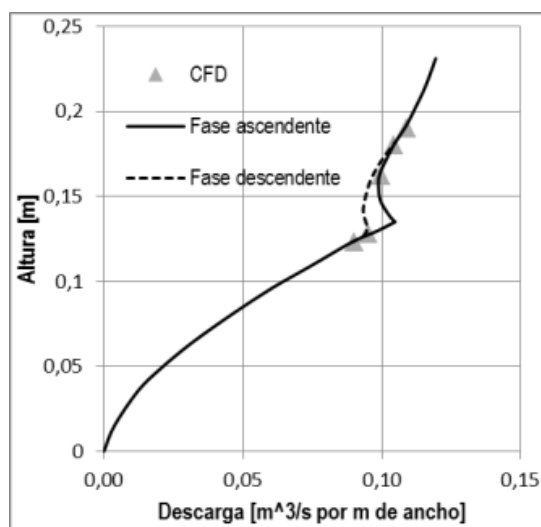


Figura 2.- Resultados para el caso de módulo de máscaras Simple.

En la figura 2 se muestra la comparación de las curvas experimentales para el módulo simple y los valores obtenidos

en la simulación CFD. Se observa una muy buena correlación. En la figura 3 se presenta la curva obtenida con CFD. Se observa que el dispositivo logra regular el caudal en el rango de altura de diseño.

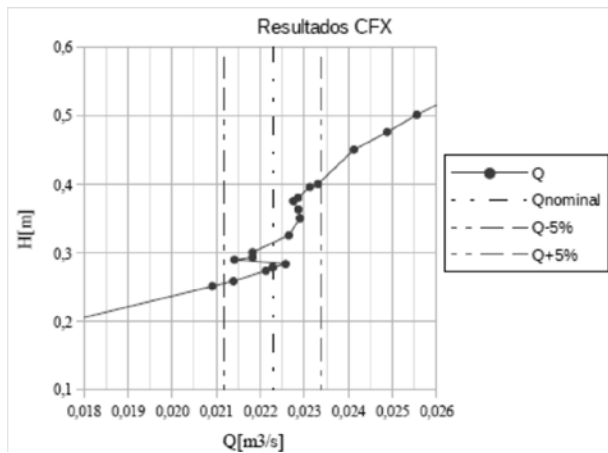


Figura 3.- Resultados para el caso de módulo de máscaras doble.

Estas pruebas permitieron definir las condiciones de borde y simulación adecuados para avanzar en la modelación 3D. Estas condiciones de modelación se replicaron en el caso geométricamente más realista (con la inclusión de chapas directoras) para mejorar el caudal específico.

Una vez verificados los resultados 2D se simularon distintos módulos en un canal rectangular tipo (similar a lo realizado en laboratorio), como se observa en la siguiente figura.

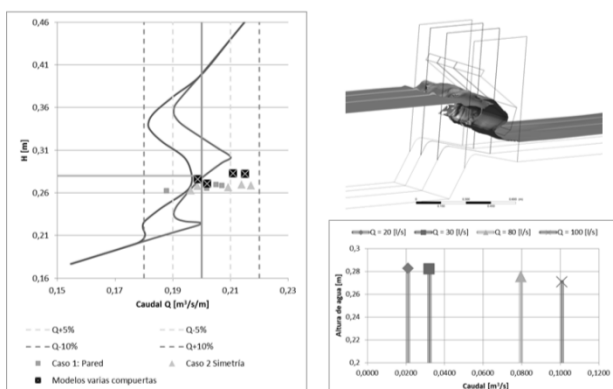


Figura 4.- IZQ., resultados de distintas pruebas para caudales unitarios (caso de un módulo con distintas condiciones, y diferentes aperturas para varios espesores) además se muestran las curvas de calibración experimental y como referencia los valores de altura y caudal de diseño. Der. Arriba, superficie libre asociada a la combinación de tres módulos abiertos. Abajo, valores de caudales totales para distintas combinaciones.

En la Figura 4 se destaca cómo los resultados más cercanos al punto de diseño son representados con mayor precisión a medida que se aumentan los módulos activos, en este caso para el caudal de 100 l/s.

Por último, se simularon particiones de un sistema de riego existente para determinar algunas premisas de diseño que puedan afectar el caudal erogado cuando las condiciones de la obra real no permitan replicar condiciones de laboratorio. Para ello se realizaron numerosos casos de ensayo donde se variaron la apertura de diseño de compuertas, la distancia desde el canal original hasta los módulos y distintas direcciones de derivación en un total de 32 pruebas. A continuación, se presenta un diagrama de los casos simulados.

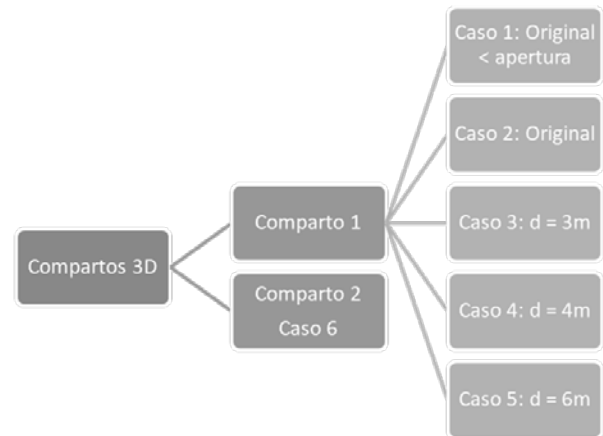


Figura 5.- Organización de los casos simulados.

## Conclusiones

A partir de los resultados observados se pudieron realizar algunas conclusiones generales:

1. Es de gran importancia en el diseño el nivel antes de los partidores de módulo. Aunque los mismos garantizan un funcionamiento con cierta constancia es importante mantenerse dentro del porcentaje garantizado de funcionamiento ( $\pm 5\%$ ) en torno al nivel de diseño, es por ello que es justificativo suficiente el emplazamiento de obras que motiven la conservación del nivel (vertederos pico de pato, compuertas de nivel constante)
2. Las simulaciones realizadas permiten representar los resultados experimentales, con mayor precisión cuando la geometría y las condiciones son más realistas (considerando las condiciones de emplazamiento en laboratorio).
3. Salvo en las condiciones en las que el caudal pasante sobre el vertedero era superior al caudal de diseño, los modelos no presentaron problemas de velocidades de ingreso, sin aguas muertas ni recirculación.
4. La distancia de los módulos con respecto al canal principal no presentó influencia en cuanto al caudal derivado.
5. Tiene una importante influencia en el funcionamiento el efecto de ahogo en la salida de la compuerta de derivación.
6. No se encontraron inconvenientes en la derivación doble hacia ambos márgenes, conservando el caudal requerido por las compuertas.

## Referencias

- Ankum, P., 2002. Design of open-channels and hydraulic structures. TU Delft, Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, Delft, Germany.
- Helmi, A.M., El-Gamal, M.H., 2011. Experimental and numerical investigations of flow through free double baffled gates. Water SA 37.
- Malaterre, P.-O., Baume, J.-P., 1998. Modeling and regulation of irrigation canals: existing applications and ongoing researches. IEEE, pp. 3850–3855. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.1998.726688>
- Mata, J.S., Gómez, M., Benedé, J.R., 2004. Una herramienta de control de transitorios en canales de regadío. Ing. Agua 11, 297–313.
- Seyedjavad, M.S., Mashaal, M., Montazar, A., 2014. Evaluation of Hydraulic Sensitivity Indicators for Baffle Modules (Case Study: Varamin Irrigation and Drainage Network). J. Hydraul. Struct. 1, 33–43.
- Soler, J., Gómez, M., Rodellar, J., 2010. Propuesta de Operación mediante control pasivo del canal Xerta-Sénia. Ing. Agua 17, 69–87.