

# MODELACIONES MATEMÁTICAS DE TURBINAS HIDROCINÉTICAS EN CANALES DE RIEGO

Nicolás G Tripp

Grupo de Investigación Hidráulica Computacional Aplicada,  
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina,  
nicolas.tripp@ingenieria.uncuyo.edu.ar

## Resumen

En Mendoza existe una extensa red de canales de riego con una energía cinética que podría ser transformada en energía eléctrica. Dado que los canales de riego poseen mucho caudal y poco salto, la aplicación de turbinas hidrocínéticas (THC) resulta idóneo. El Grupo de Investigación Hidráulica Computacional Aplicada (GIHCA) lleva varios años participando del Programa de Minigeneración Eléctrica en Canales de Riego. En particular el grupo ha realizado varios estudios matemáticos referidos a la aplicación de THC en canales de riego. En este trabajo se presentan dos modelos realizados y un resumen de sus resultados.

**Palabras-clave:** Energía Renovable, Turbina Hidrocínética, CFD

## 1 INTRODUCCIÓN

En Mendoza, Argentina, existe una extensa red de canales de riego con una energía cinética que podría ser transformada en energía eléctrica (Indiveri et al 2010). Dado que los canales de riego poseen mucho caudal y poco salto, la aplicación de turbinas hidrocínéticas (THC) resulta idóneo. El Grupo de Investigación Hidráulica Computacional Aplicada (GIHCA) lleva varios años participando del Programa de Minigeneración Eléctrica en Canales de Riego. En particular el grupo ha realizado varios estudios computacionales referidos a la aplicación de THC en canales de riego. A continuación se presentan dos modelos realizados junto a un resumen de sus resultados. Los estudios completos se pueden ver en (Tripp et al 2010) y (Correas et al 2014).

## 2 ESTUDIO DE SUPERFICIE LIBRE

En este trabajo se modeló matemáticamente el escurrimiento alrededor de un rodete hidrocínético en un canal de riego. El rodete se representó mediante un “disco actuador”, confinado por un canal de sección trapezoidal y una superficie libre deformable. El objeto del estudio fue analizar el comportamiento de la superficie libre para distintos caudales y tirantes.

### 2.1 El disco actuador

El rodete se idealiza como un disco poroso que extrae una cantidad de movimiento axial del fluido equivalente al arrastre que produce el rodete (Sciolla Piñeyro 2012). Esta discontinuidad produce una expansión de las líneas de corriente indicando una reducción de la velocidad axial. Idealizando el campo de velocidades como un tubo de corriente unidimensional, sin fricción, estacionario e incompresible y utilizando los principios de conservación de la masa y conservación de la cantidad de movimiento se puede determinar la siguiente relación.

$$T = \frac{1}{2} \rho V_0^2 A C_T \quad (1)$$

Donde  $\rho$  es densidad del fluido,  $V_0$  es la velocidad de la corriente libre,  $A$  es el área barrida por el rodete,  $T$  es la fuerza de arrastre y  $C_T$  es el coeficiente de arrastre.

## 2.2 Modelo de Mecánica de Fluidos Computacional

El problema matemático planteado involucra las ecuaciones de continuidad, transporte de la cantidad de movimiento, flujo bifásico, boyamiento y turbulencia. Se consideró flujo incompresible, estacionario y homogeneizado por fracciones de volumen.

Para resolver las ecuaciones mencionadas se discretizó el dominio mediante la técnica de volúmenes finitos. con el software comercial ANSYS CFX. Para modelar la turbulencia se utilizó el modelo k- $\epsilon$  estándar. La sección transversal del canal se modeló como un trapecio con un ancho mínimo de 4m, un ancho máximo de 8m y una altura de 4m. El largo del canal es 50m. El disco actuador se colocó a una distancia de 10m de la entrada y centrado con respecto a la sección transversal. El diámetro del mismo es 1m. El dominio fue discretizado con 849515 elementos. La malla final se muestra en las siguientes figuras.



Figura 1. Corte longitudinal de la malla

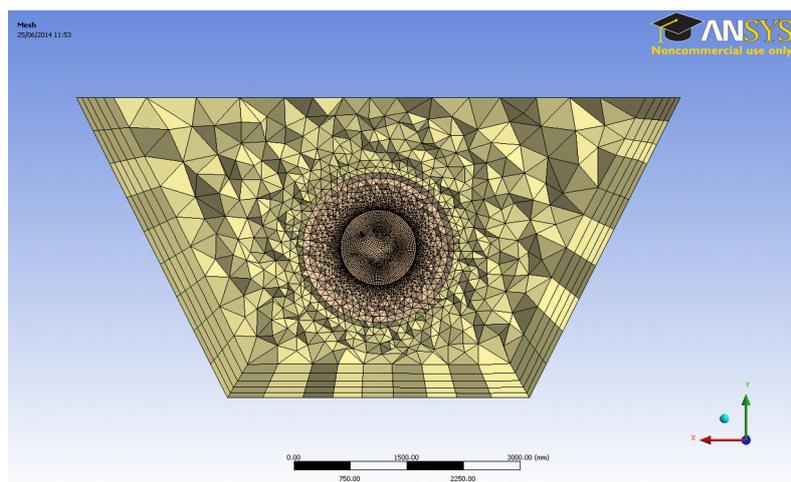
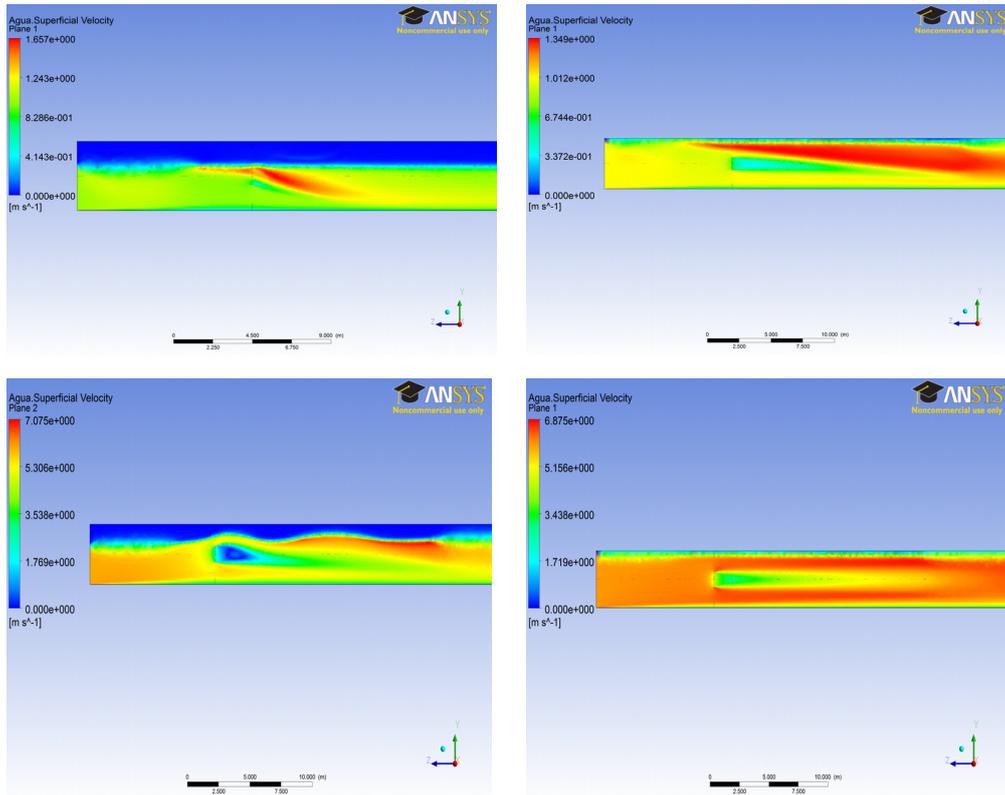


Figura 2. Corte transversal de la malla

Como condiciones de contorno se prescribió la velocidad a la entrada del canal y se impuso una distribución de presión hidrostática a la salida. En las paredes del canal se impuso la condición de no deslizamiento y en la cara superior se impuso una pared de deslizamiento libre. Se inicializaron las fracciones de volumen de agua y aire con el tirante de entrada. Se implementó el disco actuador como un sumidero de cantidad de movimiento axial equivalente al arrastre bajo potencia óptima, i.e. el coeficiente de arrastre es 8/9.

## 2.3 Resultados

A continuación se presenta el campo de velocidades axial para cuatro combinaciones de tirante y velocidad. Se observa que en los casos supercríticos se producen ondas en la superficie libre. Para mayor información consultar el artículo completo (Tripp et al 2010)



**Figura 3. Corte longitudinal del campo de velocidades. (arriba izq) subcrítico y tirante mínimo. (arriba der) subcrítico y tirante máximo. (abajo izq) supercrítico y tirante mínimo. (abajo der) supercrítico y tirante máximo**

## 3 ESTUDIO DE PROTOTIPO DE 4,5KW EN CANAL SAN MARTÍN

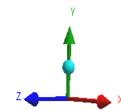
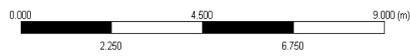
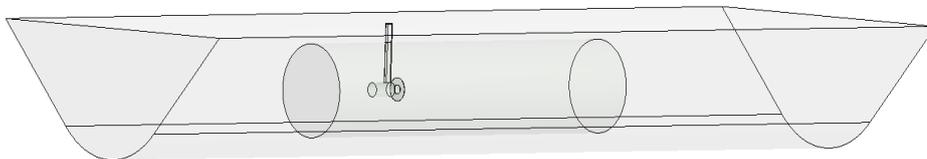
En este estudio se realizó un modelo basado en la geometría real de el Canal Matriz San Martín y en la geometría de un prototipo de THC de 4,5 kW desarrollado como resultado del Convenio de Cooperación entre la Universidad Nacional de Cuyo y el INVAP Ingeniería S.A. (I.I.S.A.).

### 3.1 Modelo de Mecánica de Fluidos Computacional

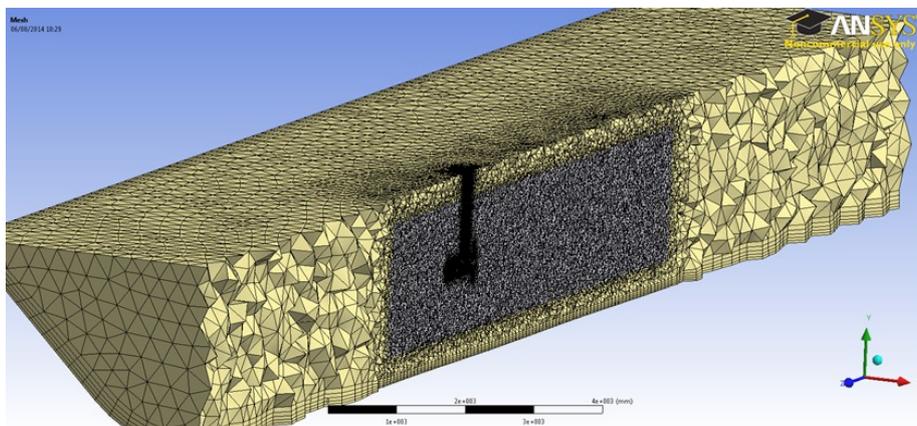
Este modelo incorpora además del canal y el disco actuador, los demás componentes de la THC. La metodología es similar al modelo de la sección anterior. En este modelo la malla computacional fue de 5.245.515 elementos. En las siguientes figuras se muestra el experimento físico y la geometría del modelo numérico.



**Figura 4. Prototipo 4,5kW en canal San Martín**



**Figura 5. Geometría del modelo numérico.**



**Figura 6. Malla**

### 3.2 Resultados

A continuación se presentan algunos de los resultados obtenidos, para mayor información consultar el trabajo completo (Correas et al 2014). Se observa un levantamiento de la superficie libre detrás del mástil de la THC. Este efecto también se observó en el experimento físico.

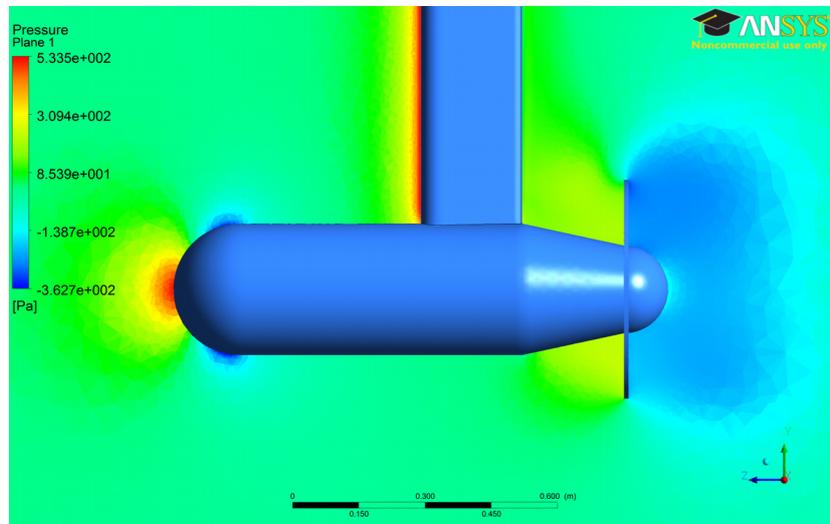


Figura 7. Campo de presión alrededor de la THC

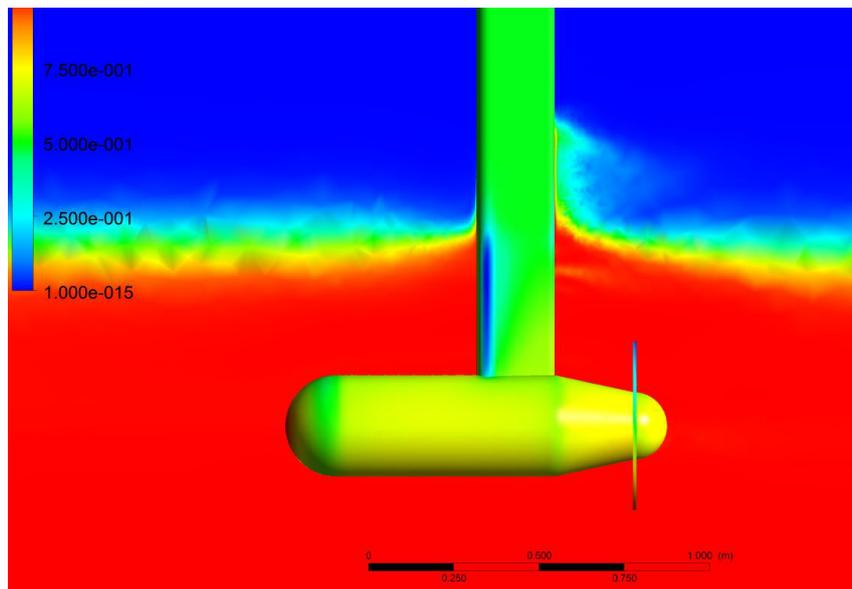


Figura 8. Deformación de la superficie libre

### AGRADECIMIENTOS

El autor quisiera agradecer a las siguientes personas por el apoyo permanente y dedicación de su tiempo al desarrollo y operación del grupo GIHCA. Ing Dante Bragoni, Ing Nicolás Caputo Pesce, Ing Facundo Correas, Ing Martín Hidalgo. También se agradece la colaboración del Grupo de Fluidodinámica Computacional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata y en particular a la Dr. ing Ana E Scarabino. Finalmente se agradece a la Universidad Nacional de Cuyo por la disposición de recursos y apoyo al grupo GIHCA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Correas et al. *Modelación de Turbina Hidrocinética en el Canal San Martín de Mendoza mediante disco actuador, comparación con pruebas piloto*. Trabajo presentado en el primer congreso de energías sustentables de Bahía Blanca, ciudad de Bahía Blanca, 2014.

Indiveri N. (Editor). *Informe Final-Estudio exploratorio para el aprovechamiento de pequeñas y medianas centrales hidroeléctricas en áreas de estudio pertenecientes al oasis norte de la provincia de Mendoza*. Instituto de Energía, Universidad Nacional de Cuyo. 2010. <http://imd.uncuyo.edu.ar/upload/informe-minicentralescopia22.pdf>

Sciolla Piñeyro, D.A. *Numerical modeling of hydrokinetic turbines using actuator disks: flow interaction and upscaling to regional models*. School of Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2012.

Tripp N. et al. *Simulación de Turbina Hidrocinética en Canal de Riego Mediante Disco Actuador*. Trabajo presentado en el XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica en Santiago de Chile, 2014.