

XI CONGRESO CIMENICS: AVANCES EN SIMULACION COMPUTACIONAL Y MODELADO NUMERICO. SOCIEDAD VENEZOLANA DE MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA, La Asunción, Nueva Esparta, 2012.

# MODELACIÓN NUMÉRICA 2D EN FLUJO ESTABLE PARA UNA TURBINA GORLOV.

Marturet Pérez, Gustavo José y Torres Monzón, Carlos Francisco.

Cita:

Marturet Pérez, Gustavo José y Torres Monzón, Carlos Francisco (2012). *MODELACIÓN NUMÉRICA 2D EN FLUJO ESTABLE PARA UNA TURBINA GORLOV. XI CONGRESO CIMENICS: AVANCES EN SIMULACION COMPUTACIONAL Y MODELADO NUMERICO. SOCIEDAD VENEZOLANA DE MÉTODOS NUMÉRICOS EN INGENIERÍA, La Asunción, Nueva Esparta.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/gustavo.j.marturet.p/2>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/pq4R/ovp>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.  
Para ver una copia de esta licencia, visite  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.

*Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.*

## MODELACIÓN NUMÉRICA 2D EN FLUJO ESTABLE PARA UNA TURBINA GORLOV

**Gustavo José Marturet Pérez**

e-mail: marturetg@hotmail.com

Instituto Universitario de Tecnología del Estado Bolívar, IUTEB.

Departamento de Mecánica.

Fuente Luminosa. Bolívar - Venezuela

**Carlos Francisco Torres Monzón**

e-mail: cftm.ve@googlemail.com

Universidad de Los Andes, ULA.

Facultad de Ingeniería Mecánica.

La Hechicera. Mérida - Venezuela.

***Abstract.** La necesidad de suministrar energías limpias aprovechando las potencialidades hidráulicas ha motivado desarrollo de turbinas hidrocínéticas. El estudio de un modelo particular de turbina hidrocínética, la Gorlov, ha planteado la necesidad de determinar su comportamiento fluido dinámico. Con herramientas de modelado numérico se pretende valorar potencialidades energéticas de esta turbina atendiendo a sus dimensiones específicas y obtenidas para un canal de ensayos. En el estudio se evalúan tres modelos de turbulencia, y se aprecia el torque obtenido en diversos regímenes de velocidad de flujo y de giro*

**Keywords:** Turbina Gorlov, energía limpia, dinámica de fluidos computacional.

### 1. INTRODUCCIÓN

El hombre en su necesidad de proveerse de fuentes de energía ha motivado el desarrollo tecnológico de algunas alternativas de generación de energía eléctrica fundamentadas en los

potenciales hidroeléctricos. En lo particular, nuestro país, referencia en el manejo y producción de energía hidroeléctrica, no ha logrado satisfacer en su totalidad territorial tales necesidades.

A estas dificultades no escapan las comunidades aisladas de la cuenca del río Caroní en la región Guayana que aún con desarrollos hidroeléctricos en la zona no están siendo atendidas en cuanto al suministro eléctrico.

La tecnología de turbinas hidrocinéticas permite el desarrollo de proyectos para energía eléctrica de generación distribuida y aislada con el aprovechamiento de los potenciales hidráulicos de los ríos. Estudios como el de Golov [1] ponen en evidencia estas potencialidades.

Mata [2] desarrolló un modelo conceptual de turbina hidrocinética para el Centro de Investigaciones Aplicadas (CIAP) de CVG EDELCA. Su estudio determina como la más conveniente una turbina hidrocinética y helicoidal de tres álabes tipo: Gorlov. Dicha turbina estaría sumergida en un río aprovechando su potencial hidráulico y con el accionar de un generador suministraría la energía eléctrica. A efectos ilustrativos, véase la Figura 1.

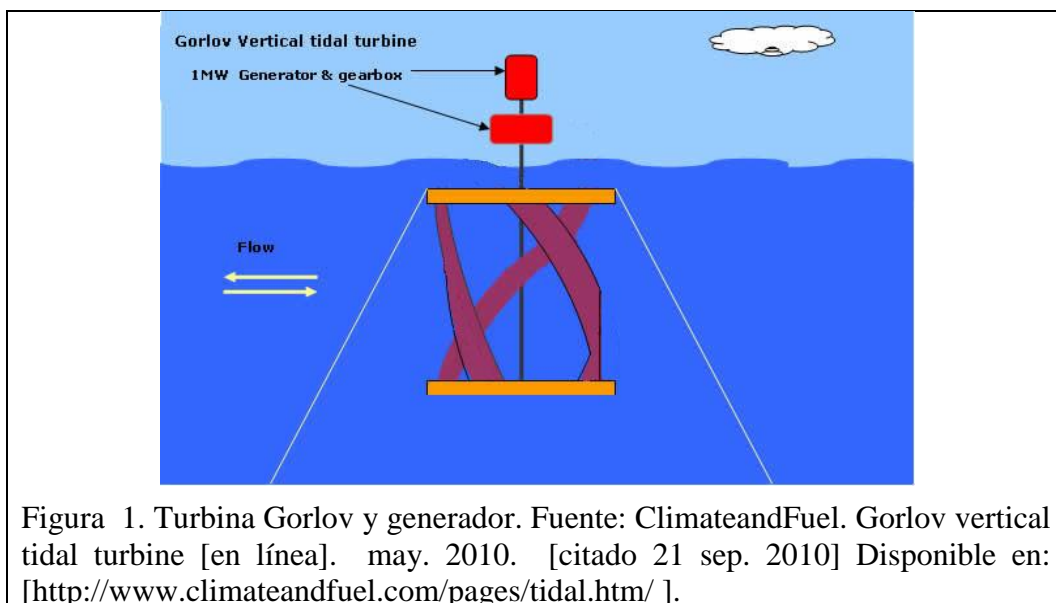


Figura 1. Turbina Gorlov y generador. Fuente: ClimateandFuel. Gorlov vertical tidal turbine [en línea]. may. 2010. [citado 21 sep. 2010] Disponible en: [<http://www.climateandfuel.com/pages/tidal.htm/>].

En su diseño Mata [2], consolida una propuesta de diseño conceptual para dimensionar la turbina así como: la geometría y perfil del álabes, potencia del rotor, material de los álabes y rodamientos entre otros. Consolida entonces un modelo experimental de turbina Gorlov cuyo volumen ocupado comprende unos 450 mm de diámetro y 600 mm de alto. Sin embargo, el estudio carece de información referente al comportamiento mecánico de la turbina: esfuerzos y deformaciones ante cargas hidráulicas, de la interacción-fluido-estructura: fatiga, vibraciones y pandeo, y de la respuesta frente a las condiciones fluctuantes de la carga hidráulica: potencia útil, pérdidas hidráulicas y presiones entre otros.

Se pretende con el apoyo de herramientas de dinámica de fluidos computacional (CFD) determinar el comportamiento fluido-dinámico del modelo de turbina Gorlov propuesto por Mata [2].

## 2. MODELACIÓN NUMÉRICA

Construido el modelo de turbina Gorlov y tomando como referencia las dimensiones del diseño experimental de Mata [2], el dominio computacional es discretizado con el empleo de pre-procesadores para la elaboración de la malla, tal y como se muestra en la Figura 2.

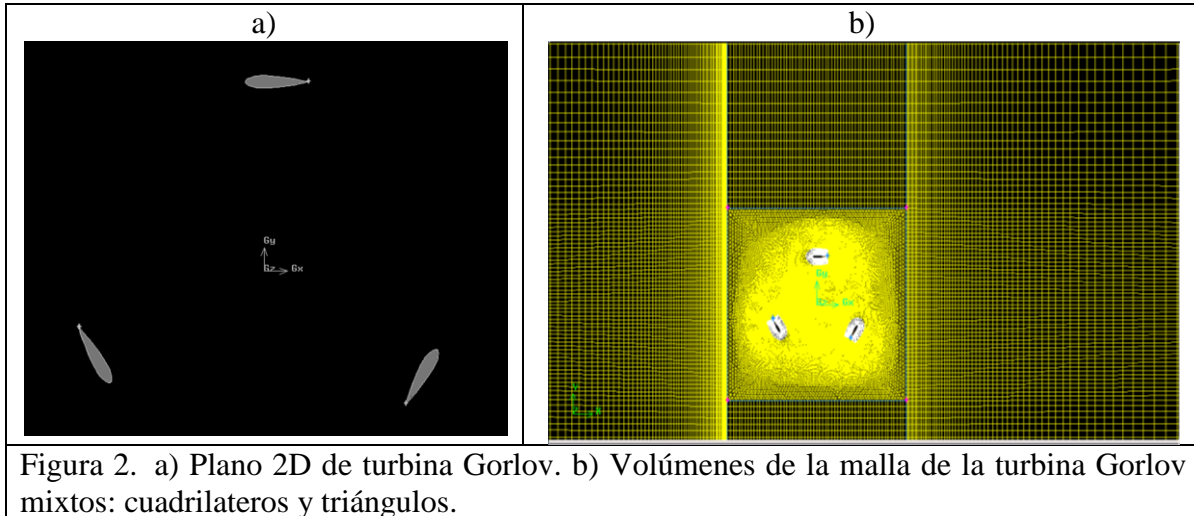


Figura 2. a) Plano 2D de turbina Gorlov. b) Volúmenes de la malla de la turbina Gorlov mixtos: cuadriláteros y triángulos.

La turbina estará inscrita en una malla de volúmenes tipo cuadrilátero para las zonas propiamente de flujo y triangulares para la interacción turbina-flujo en la zona circundante sus tres álabes. Los tres álabes separados a  $120^\circ$ , corresponden a un perfil simétrico de 75 mm de cuerda siguiendo las especificaciones para un modelo tipo NACA 0020.

En toda la simulación las ecuaciones de continuidad y momentum son resueltas usando el método SIMPLE. Los términos convectivos se discretizaron usando 2do orden aguas arriba. Para la zona de entrada de flujo al dominio se fijó la velocidad de entrada de manera uniforme, mientras que la salida se fijó la presión. Los álabes rotan sobre su eje central a las revoluciones del estudio.

La modelación numérica se hizo suponiendo un régimen de trabajo estable en la turbina cuando el fluido se modela en 2D. A juicio de Laín y otros [3], soluciones del tipo estable para las turbomáquinas resultan computacionalmente económicas. En economía de las herramientas computacionales así como en la minimización de los errores de la simulación numérica un estudio de convergencia del dominio computacional indicó una malla de 166684 nodos con un error de 0,5% cuando se aplica el modelo de turbulencia  $k-\epsilon$  estándar como la mejor opción de simulación. Achard y otros [4], y Bernad y otros [5], señalan como alternativas de modelos de turbulencia para turbinas hidrocineéticas los modelos tipo: Spalart-Allmaras y RNG respectivamente, por lo que se incluyeron junto con el tradicional modelo  $k-\epsilon$  estándar en el estudio. La valoración de torque obtenido en cada modelo de turbulencia así como su error de simulación es mostrada teniendo como referencia el número de nodos del dominio.

Para el cálculo de los errores se empleó la siguiente ecuación:

$$Error = \left| \frac{T_2 - T_1}{T_2} \right| * 100\% \quad (1)$$

donde,  $T_2$  y  $T_1$  son los torques calculados en un instante para una medición y su inmediata anterior, respectivamente, obtenidos en cada iteración o prueba o simulación.

Los resultados del estudio de convergencia se indican en la Figura 3.

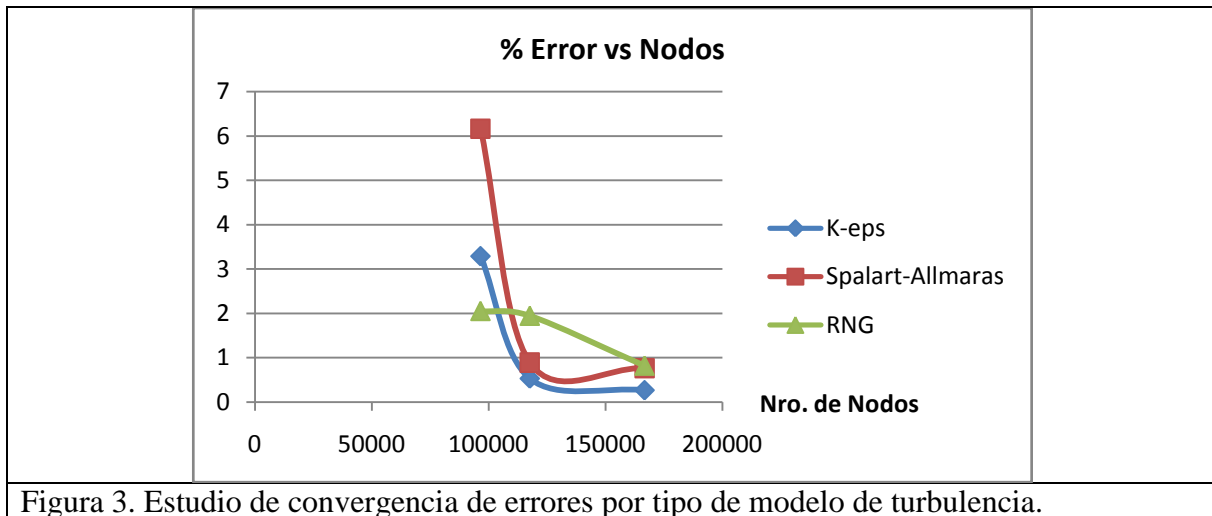


Figura 3. Estudio de convergencia de errores por tipo de modelo de turbulencia.

Con el apoyo de herramientas CFD se hizo giros de  $15^\circ$  hasta los  $120^\circ$  a la turbina Gorlov circunscrita en la malla computacional determinándose el torque total de la misma. Véase Figura 4.

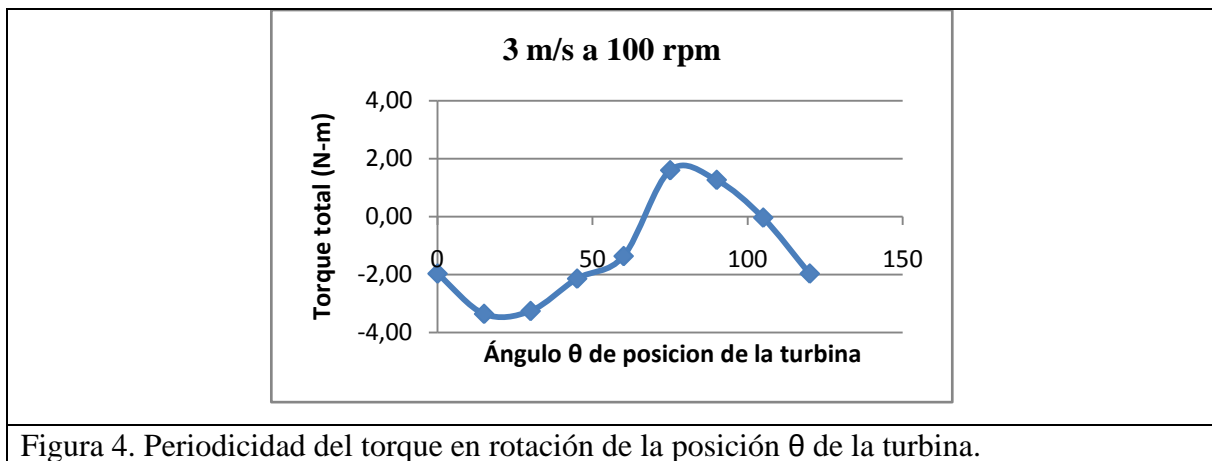


Figura 4. Periodicidad del torque en rotación de la posición  $\theta$  de la turbina.

## RESULTADOS

Dado el desconocimiento sobre el régimen operacional de la turbina se escogieron velocidades de flujo en un rango de: 0,25 a 5m/s para giros entre 10 y 100 RPM. Definida la variable  $T_p$ , la cual expresa el promedio del torque de la turbina cuando éste se determina para cada posición  $\theta$  entre 0 y  $120^\circ$ . El valor de  $T_p$  se obtiene por integración numérica del área bajo la curva Torque total vs. ángulo de posición  $\theta$  entre  $0^\circ$  y  $120^\circ$ .

Si hacemos:

$$K = \frac{T_p}{T_{total}} \quad (2)$$

donde  $T_{total}$  se obtiene de la simulación CFD para cada régimen de trabajo, y  $T_p$  se determina en las condiciones antes señaladas. En estas condiciones, la Figura 5 expresa el comportamiento fluido-dinámico del modelo de turbina Gorlov estudiada.

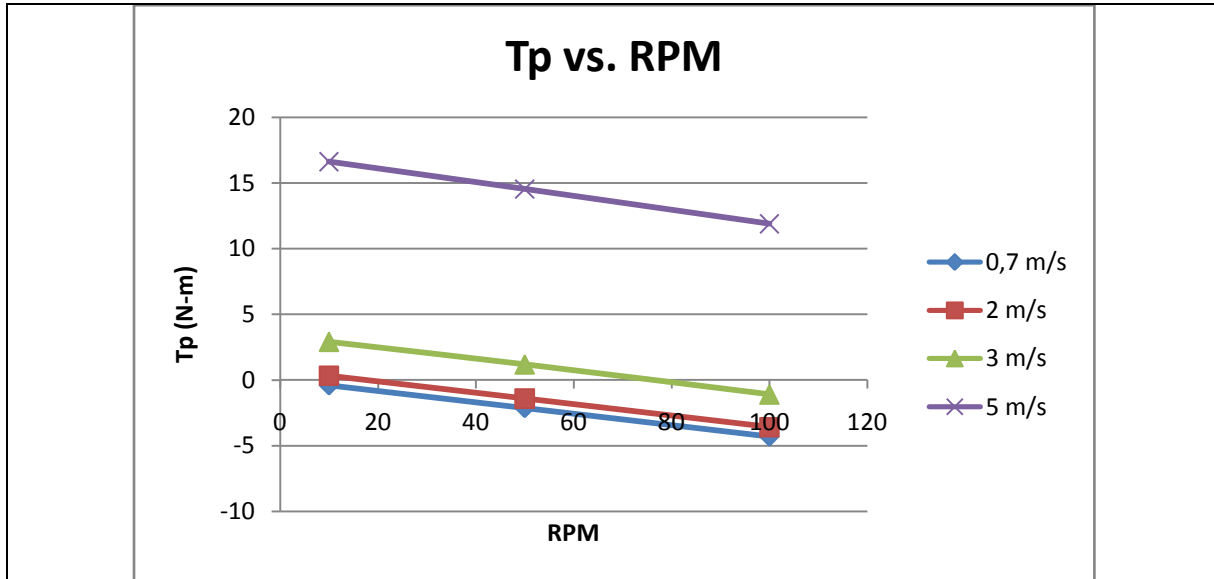


Figura 5. Valoración Torque vs Velocidad de flujo en la Gorlov.

Tendencias de los datos para  $K$ , velocidad de flujo y de giro indican funciones del tipo parabólico cuando alguna de las dos últimas permanece constante; sus datos se consolidan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de  $K$  según la velocidad de flujo (m/s) y de giro (RPM)

K	V. Flujo (m/s)										
	0,7	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	
RPM	10	0,8493	0,7725	0,6603	0,5677	0,4940	0,4399	0,4053	0,3900	0,3942	0,4187
	20	0,8868	0,7773	0,7615	0,6588	0,7037	0,6617	0,6109	0,5514	0,4831	0,4138
	30	0,9188	0,7773	0,7615	0,7368	0,7037	0,6617	0,6109	0,5514	0,4831	0,4088
	40	0,9448	0,7773	0,7615	0,8008	0,7037	0,6617	0,6109	0,5514	0,4831	0,4042
	50	0,9684	0,9494	0,9107	0,8634	0,8065	0,7410	0,6665	0,5831	0,4907	0,3907
	60	0,9788	0,7773	0,7615	0,8868	0,7037	0,6617	0,6109	0,5514	0,4831	0,3962
	70	0,9868	0,7773	0,7615	0,9088	0,7037	0,6617	0,6109	0,5514	0,4831	0,3928
	80	0,9888	0,7773	0,7615	0,9168	0,7037	0,6617	0,6109	0,5514	0,4831	0,3898
	90	0,9848	0,7773	0,7615	0,9108	0,7037	0,6617	0,6109	0,5514	0,4831	0,3872
	100	0,9855	0,9852	0,9700	0,9362	0,8845	0,8142	0,7256	0,6186	0,4933	0,3488

Conocido  $K$ , y en la necesidad de estimar de  $T_p$  solo sería necesario determinar  $T_{total}$  mediante técnicas CFD sin recurrir a la simulación completa de la serie angular  $\theta$ . Así pues, para el régimen de trabajo estudiado, la potencia de la turbina expresada como:

$$Potencia = T_p * \omega(\text{rad/s}) \quad (3)$$

Donde  $\omega$  indica la velocidad angular del estudio. La potencia respecto a la velocidad angular se muestra en la Figura 6.

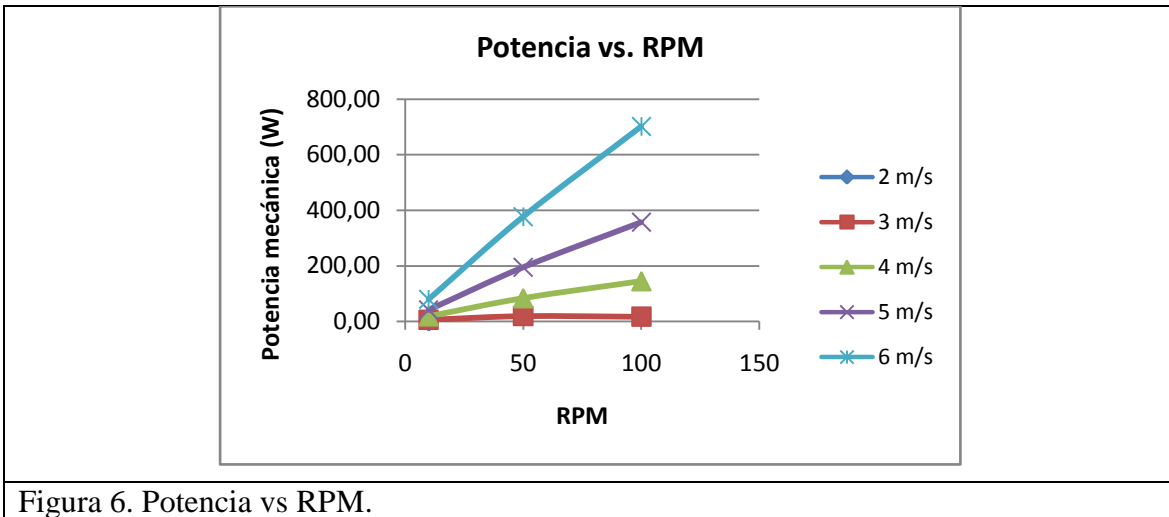


Figura 6. Potencia vs RPM.

Los resultados de Shiono y otros [6] y los aquí encontrados indican similitudes, específicamente para la potencia, en la cual su valor crece a medida que aumenta la velocidad de flujo a RPM constante.

## REFERENCIAS

- [1]. Gorban A.; Gorlov A. y Silantyev, V. *Limits of the turbine efficiency for free fluid flow*, 2001.
- [2]. Mata, Andrea. *Diseño de una turbina hidrocínética para la realización de pruebas en un canal de ensayos hidráulicos, por el Centro de Investigaciones aplicadas (CIAP) de EDELCA*. Trabajo de Grado. UNEXPO- Puerto Ordáz, 2009.
- [3]. Laín Beatove, Santiago y otros. *Simulación numérica del flujo de turbomáquinas hidráulicas. Estado del arte y fuentes de error. Aplicaciones a turbinas francis*. Universidad Eafit, Vol. 44. Num. 152. pp. 90-114, 2008.
- [4]. Achard, J. et. al. *Marine turbine development: numerical and experimental investigations*, 2005.
- [5]. Bernad, S. et. al. *2D Unsteady flow simulation in the Achard turbine*. 2007.
- [6]. Shiono, M.; Suzuki, K. Kiho, S. *Output characteristics of Darrieus water turbine with helical blades for tidal currents generations*, 2002.