

# MODELACIÓN FÍSICA DE UNA TURBINA HIDROCINÉTICA TIPO ARQUÍMEDES

Juan Francisco Varvasino, Joel Sutin Freiman, Arturo Rivetti, Mauricio Angulo, Cecilia Lucino y Sergio Liscia.

## INTRODUCCIÓN

La demanda de electricidad a nivel mundial aumenta del orden del 2% anualmente, y alcanza valores del orden del 5% en los países de mayor crecimiento. Un mundo con población en aumento debe contar con una provisión confiable de energía ya que la misma es un bien indispensable para el desarrollo y crecimiento de la sociedad [1].

Ante la problemática emergente del cambio climático, las alternativas de generación de energías limpias cobran mayor relevancia pese a las complicaciones de llevar este tipo de soluciones a grandes escalas. Por otro lado, debe entenderse que el problema no sólo radica en la generación de energía sino también en su transporte y distribución, cuestión que afecta fundamentalmente a los pequeños poblados alejados de los grandes centros de generación eléctrica imposibilitando el desarrollo de estos.

Dado esto y a sabiendas que todavía hay poblados sin disponibilidad eléctrica, se decidió estudiar, a nivel de modelo físico, una turbina hidrocinética tipo Arquímedes. Las turbinas hidrocinéticas permiten generar energía eléctrica a partir de una fuente renovable, utilizando la energía de los cursos de agua, principalmente de ríos, mares y canales artificiales, entre otros.

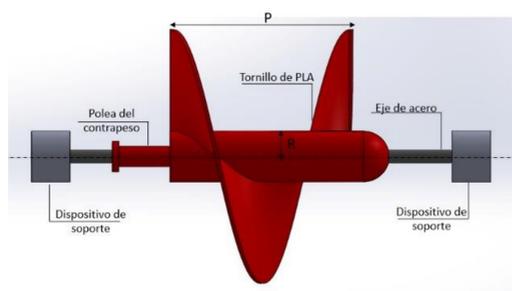


Fig.1- Esquema del modelo físico de la turbina hidrocinética.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de analizar el comportamiento de una turbina hidrocinética que aprovecha la componente cinética de un río sin regulación, se diseñó y construyó un modelo físico para determinar la potencia mecánica que la turbina puede aprovechar del flujo a diferentes velocidades de rotación y determinar la curva de rendimiento para diferentes condiciones de ensayo. Los parámetros que se determinaron fueron:

$$(1) P_h = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V_{in}^3$$

Donde la  $P_h$  es la potencia del flujo y depende de la densidad del agua ( $\rho$ ), el área perpendicular al escurrimiento ( $A$ ) y la velocidad del escurrimiento ( $V_{in}$ ).

$$(2) P_m = P - P_{diss}$$

Donde  $P_m$  es la potencia mecánica de la turbina y  $P_{diss}$  es la potencia disipada, siendo  $P_m$  la potencia que puede aprovechar la turbina hidrocinética. Éste depende del Torque ( $T$ ) la velocidad de giro de la turbina ( $\omega$ ), además de las pérdidas friccionales que se disipan. El cociente de los parámetros mencionados da como resultado la eficiencia de la turbina.

$$(3) \eta_h = P_m / P_h$$

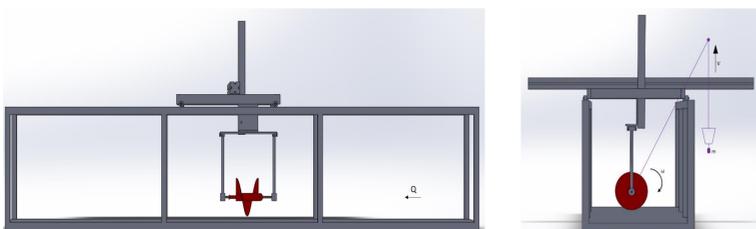


Fig.2- Modelo físico de la turbina hidrocinética implantado en el canal de ensayos. Izquierda, vista lateral. Derecha, la vista frontal donde se esquematiza el sistema de medición de torque.

Para el dimensionado del modelo físico de la turbina hidrocinética tipo Arquímedes, se partió de un diseño optimizado en CFD por la UIDET de Hidromecánica de la FI de la UNLP. Partiendo de ésta geometría y considerando los límites de canal de ensayo se diseñó el modelo físico mediante las "Leyes fundamentales de la similitud" dando como resultado una turbina de 20cm de diámetro de rodete. Este diámetro se lo adoptó con el objetivo de reducir la influencia del torque friccional en las mediciones y, a su vez, dejar una distancia al fondo de  $D/2$  y de las paredes laterales de  $D$  para que el efecto pared no tenga influencia.

El ensayo se llevo a cabo en el canal de ensayo del laboratorio y el mismo comienza cuando el contrapeso que se encuentra apoyado en el piso comienza a ascender por el giro de la turbina, y termina cuando el mismo llega hasta la polea ubicada en el puente colgante. El contrapeso debe recorrer una distancia vertical y, durante su recorrido se grabará el giro de la turbina para determinar la velocidad de giro de la misma.

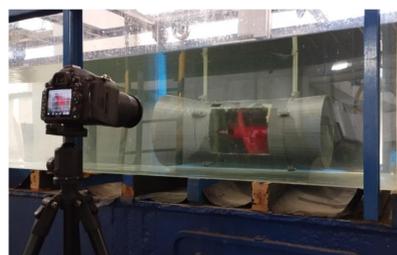


Fig.3- La cámara está grabando el giro de la turbina mientras se realiza el ensayo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo se repitió para 3 profundidades diferentes. En la Tabla 1, se muestran los rendimientos máximos de la turbina hidrocinética con sus revoluciones por minutos asociadas para los diferentes escenarios ensayados.

Tabla 1. Rendimientos máximos de la turbina hidrocinética para los diferentes escenarios.

| Escenario                    | Libre   |        | Con tobera |        |
|------------------------------|---------|--------|------------|--------|
|                              | n (RPM) | nh (%) | n (RPM)    | nh (%) |
| A 5cm de la superficie libre | 38      | 40,2%  | 60         | 67,6%  |
| Sección central              | 36      | 40,4%  | 60         | 66,6%  |
| A 5cm del fondo              | 36      | 35,9%  | 58         | 68,6%  |

En la Fig. 4 se muestran los escenarios que resultaron más favorables tanto para la alternativa sin nada como la alternativa con tobera. La figura muestra la relación del rendimiento de la turbina hidrocinética con sus revoluciones por minutos asociadas (rpm).

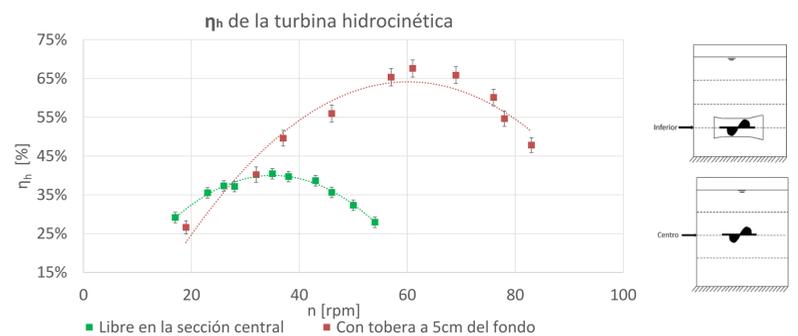


Fig.4- Comparación de las curvas de Rendimiento vs n [rpm] de la modelación física con su banda de incertidumbre para una condición sin tobera en la sección central y con tobera a 5cm del fondo.

Adicionalmente, se realizará una comparativa con bibliografía que se utilizó para desarrollar el presente informe. En la publicación [2] se presenta un gráfico que compara el funcionamiento de diferentes rotores de turbinas hidrocinéticas. A continuación, se presenta donde se ubica nuestra turbina hidrocinética tipo Arquímedes sin tobera, respecto del resto tipo de tipología de turbinas y disposición de las palas.

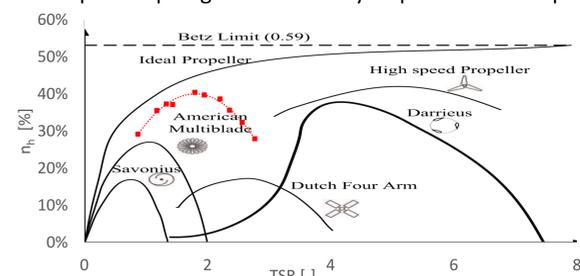


Fig.5- Comparativa del funcionamiento de los rotores de la literatura con obtenido en el presente estudio.

## CONCLUSIONES

Para los casos sin tobera, la mayor eficiencia de la turbina se dio para la condición en la cual se encuentra en la sección central, mientras que en la alternativa de tobera el rendimiento máximo se da cuando la turbina se encuentra a 0,75D del fondo. Al estar cerca del fondo, el agua se encuentra más contenida por los bordes sólidos, factor que favorece a encauzar el flujo y generar una mayor eficiencia de la turbina.

El uso de la tobera genera un incremento de la eficiencia de valores próximos al 25%, siendo ésta una mejora considerable del rendimiento de la turbina.

Tal sistema puede servir como protección a la turbina frente a obstáculos que el cauce del río arrastre. Cabe mencionar que el punto óptimo de funcionamiento de la turbina con tobera se encuentra prácticamente para el doble de velocidad de rotación. La turbina libre alcanza su punto óptimo en 36 rpm y la alternativa con tobera en 57 rpm.

Los valores de  $\eta_h$  tienen una diferencia del orden del 10% respecto con la modelación numérica. Tal diferencia puede deberse a la interposición del sistema de soportes y, de la manera que se escaló la turbina hidrocinética, el valor de Reynolds no está bien representado y esto conlleva un comportamiento diferente del flujo.

## BIBLIOGRAFIA

1. "Aprovechamiento energético de un curso de agua"- Proyecto de instalaciones hidromecánicas, UNLP- 2004.
2. "Power Tracking Control Challenges in Hydrokinetic Energy Conversion Systems"