

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2022

INFORME DEL PROYECTO REF. SV-22-GIJON-1-02

1. Datos del proyecto

Título: Estudio numérico del flujo en una turbina hidráulica tipo Banki

Fechas inicial y final del proyecto: desde 4 de Julio de 2022 hasta 31 de diciembre de 2022

Investigador/a Principal: José González Pérez

Otros investigadores: Jesús M. Fernández Oro, Mónica Galdo Vega, Raúl Barrio Perotti, Katia M^a Argüelles Díaz

Personal contratado: Juan Pablo Mazzitelli Zeni

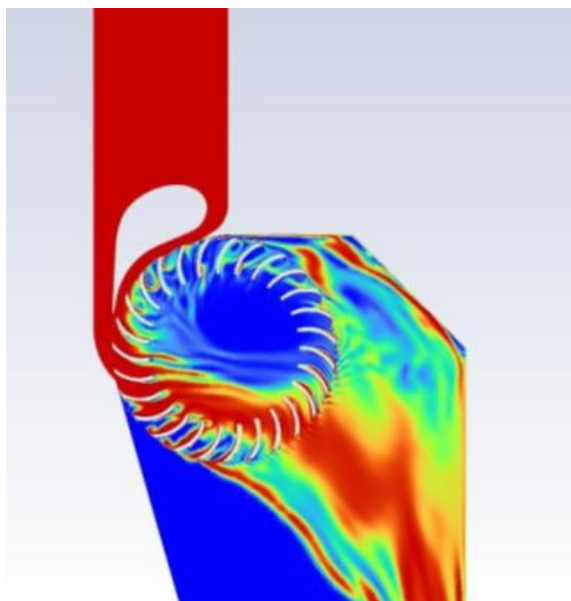
Fechas inicial y final de contratación: desde 4 de Julio de 2022 hasta 31 de Agosto de 2022

Empresas o instituciones colaboradoras: Sinfín Energy, Red Táctica

Redes sociales de investigadores y empresas (Linkedin, Twitter, Instagram):

[linkedin.com/in/josé-gonzález-pérez-a22849b](https://www.linkedin.com/in/josé-gonzález-pérez-a22849b) @aviadosj @juanpmz5

2. Resumen Gráfico



3. Memoria descriptiva del proyecto

3.1 Resumen ejecutivo

Las fuentes de energía renovable cobran cada vez más fuerza en el ámbito de generación de electricidad con el objetivo de reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Actualmente el 12% del

total de la energía eléctrica generada en la Unión Europea es de origen hidroeléctrico y contribuye a reducir en casi 70 millones de toneladas al año dichas emisiones de CO₂.

La turbina Banki tiene un rango de funcionamiento muy adecuado para aplicaciones en la minihidráulica, pudiéndose adaptar a diversas condiciones. Una de sus mayores ventajas es su fácil fabricación e instalación, además de su bajo coste. Su eficiencia se ve acentuada gracias a su característico doble paso por los álabes del rodete. El fluido, normalmente proveniente del cauce de un río, no se contamina en el proceso y se devuelve inmediatamente a la corriente de origen.

En este trabajo se pretende obtener las curvas características de funcionamiento de una geometría concreta de Banki a través de una simulación numérica no estacionaria del flujo bifásico que se genera en el interior del rodete de la máquina. Se determinarán sus prestaciones para diferentes condiciones de funcionamiento, además de conocer los rangos concretos de máximo rendimiento para el uso óptimo de la turbina. Para ello, se dispone de una geometría de partida, que fue el resultado de un proyecto del IUTA del año 2020 (SV-20-GIJÓN-1-17).

3.1.1. Resumen de valores particulares de la geometría.

Se muestra a continuación el resumen de las condiciones del modelo 2D desarrollado para la simulación del flujo en la turbina Banki:

Tabla 1 – Modelo numérico 2D desarrollado (resumen de valores).

Discretización espacial	2D
Discretización temporal	No estacionario ($t = 0.001$ s)
Modelo bifásico	VOF
Número de celdas	155k
Refino del mallado	Adaptativo
Condiciones de contorno	Velocidad a la entrada. A la salida poner Presión 0
ω	500 rpm = 52.36 rad/s
Q	0.08 m ³ /s
H	1.53 m
ns	1.94
Optimización	15-27 álabes, Tip Speed Ratio (TSR) 0.2-1.6

3.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

Se ha desarrollado el modelo 2D no estacionario para el funcionamiento de la turbina a escala reducida. El grado de consecución de este objetivo fue del 100 %.

Se resolvió el flujo variando el ángulo del álabe directriz, por ello las gráficas muestran resultados para dos disposiciones, 3° y 7° y para tres velocidades de giro del rodete. El grado de consecución de este objetivo también fue del 100 % (Figura 1).

Se optimizó la geometría, obteniéndose resultados tanto en función del ángulo de la directriz de entrada como en función del número óptimo de álaves del rodete. Este objetivo también se consiguió en un 100 %.

Globalmente, aunque solo se dispuso del investigador durante dos meses, porque encontró trabajo, se han cubierto en su totalidad las tareas inicialmente previstas. Esto se logró porque, aunque sin remuneración, el investigador siguió realizando tareas del proyecto.

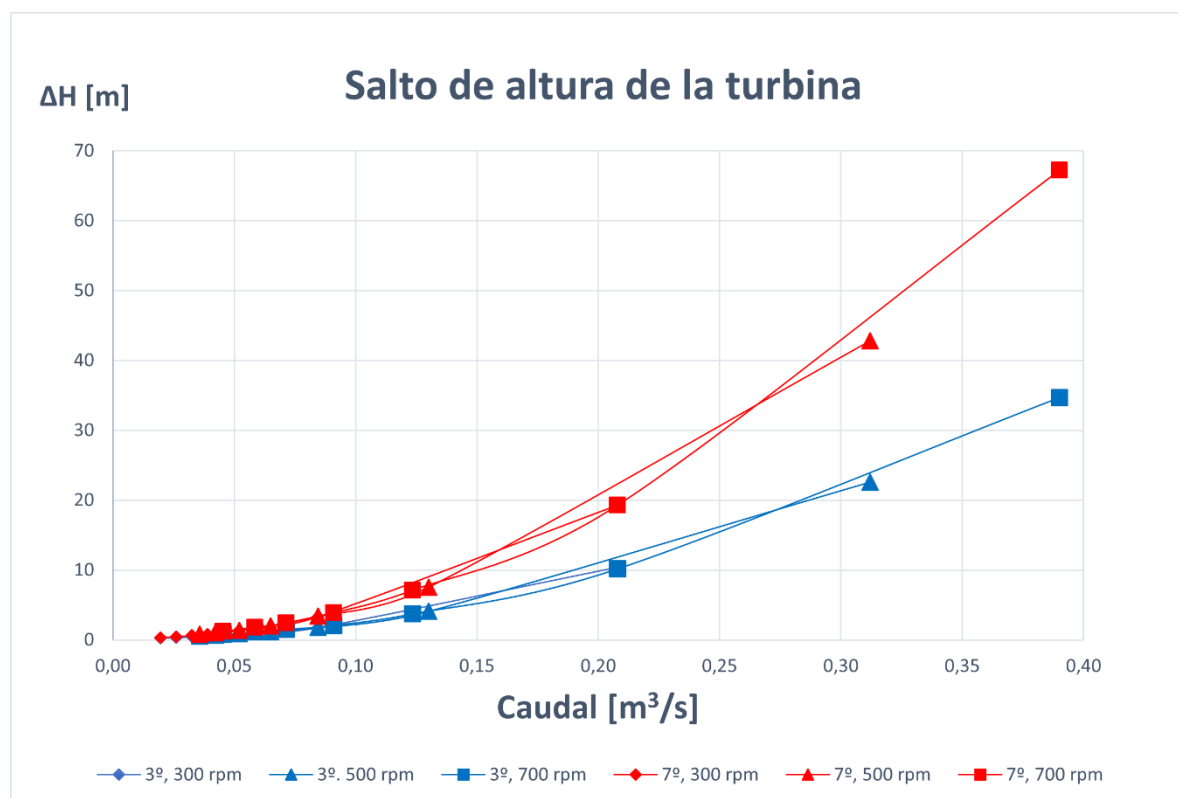


Figura 1 · Curva característica de la turbina analizada.

3.3 Tareas realizadas

A continuación, se detalla la lista de tareas que se llevaron a cabo durante el desarrollo del proyecto:

- Recopilación y estudio bibliográfico para centrar el estado del arte tecnológico.
- Estudio de las características del flujo en una turbina tipo Banki.
- Desarrollo de un modelo de cálculo utilizando una herramienta avanzada de CFD para la simulación del flujo.
- Optimización de la geometría en función de los resultados de prestaciones globales.

- Redacción de informe final.
-

3.4 Resultados obtenidos

A continuación, se enumeran los resultados concretos obtenidos:

1. Estudio inicial 1D del flujo utilizando los triángulos de velocidad (Figura 2).

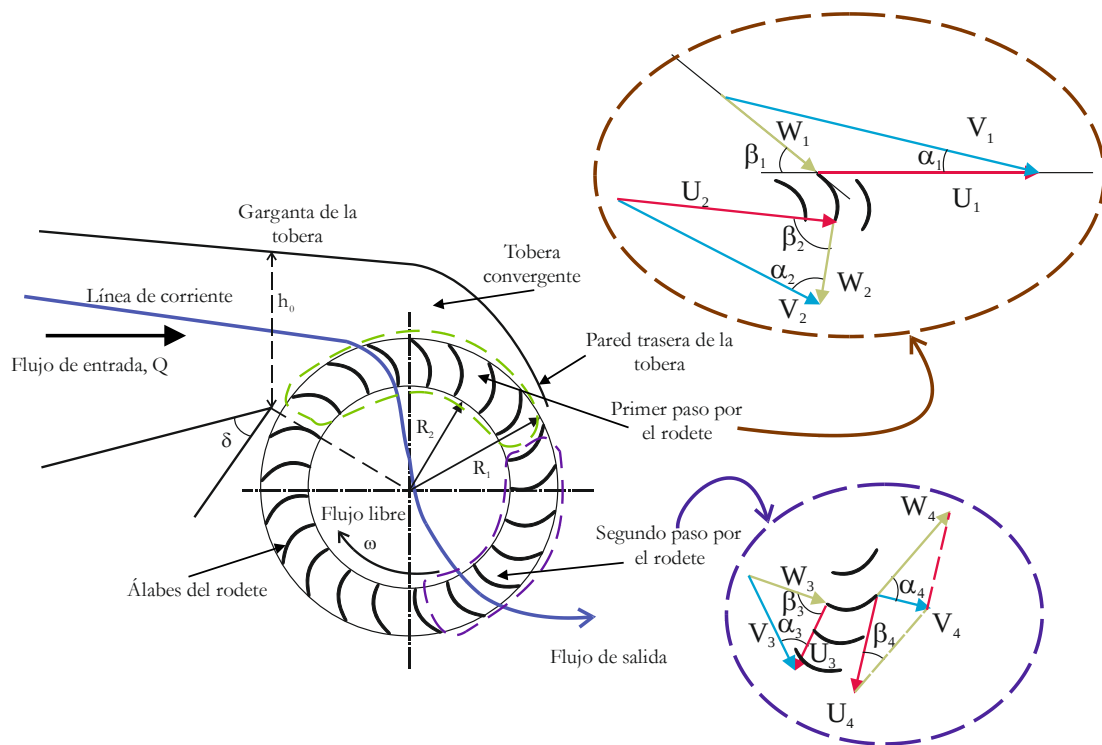


Figura 2 · Triángulos de velocidad teóricos según el modelo 1D del flujo.

2. Desarrollo del modelo 2D no estacionario. Seleccionándose los valores óptimos para el mallado y el modelo de turbulencia (Figura 3).

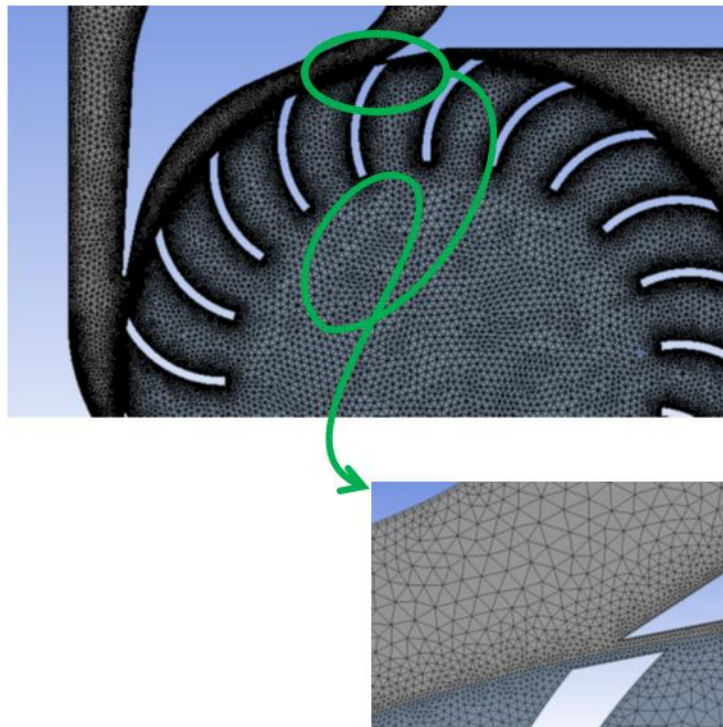


Figura 3 · Mallado del modelo 2D con detalle de la zona de entrada.

3. Optimización del número de álabes del rodete (Figura 4) en función de los resultados fluidodinámicos.

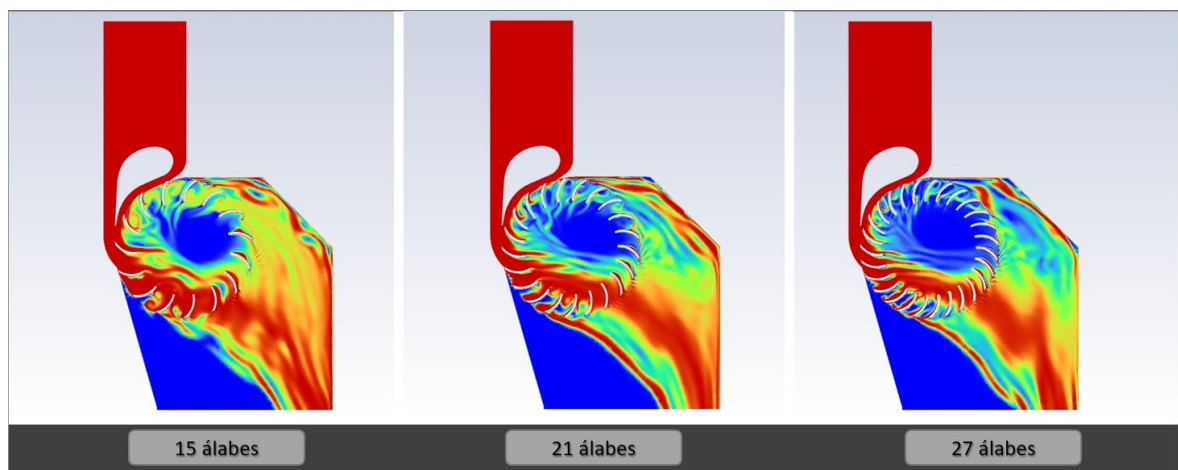


Figura 4 · Contornos de fracción volumétrica para los tres rodetes estudiados.

4. Obtención de la curva rendimiento vs caudal para tres posibles números de álabes del rodete (Figura 5).

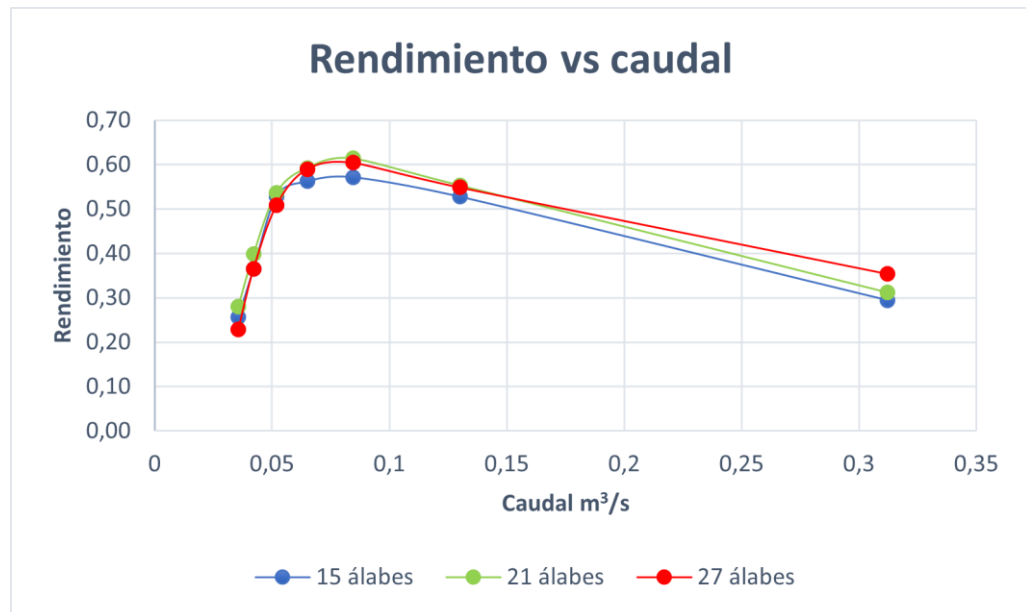


Figura 5 · Curva de rendimiento vs Caudal para los tres rodets estudiados.

- Obtención de la curva del cociente de velocidad de punta (Tip) entre velocidad de la garganta, es decir el TSR o Tip Speed Ratio en función del caudal (Figura 6).

$$TSR = \frac{\omega R_{\text{Tip}}}{V_{\text{Throat}}} = \frac{U_{\text{Tip}}}{V_{\text{Throat}}}$$

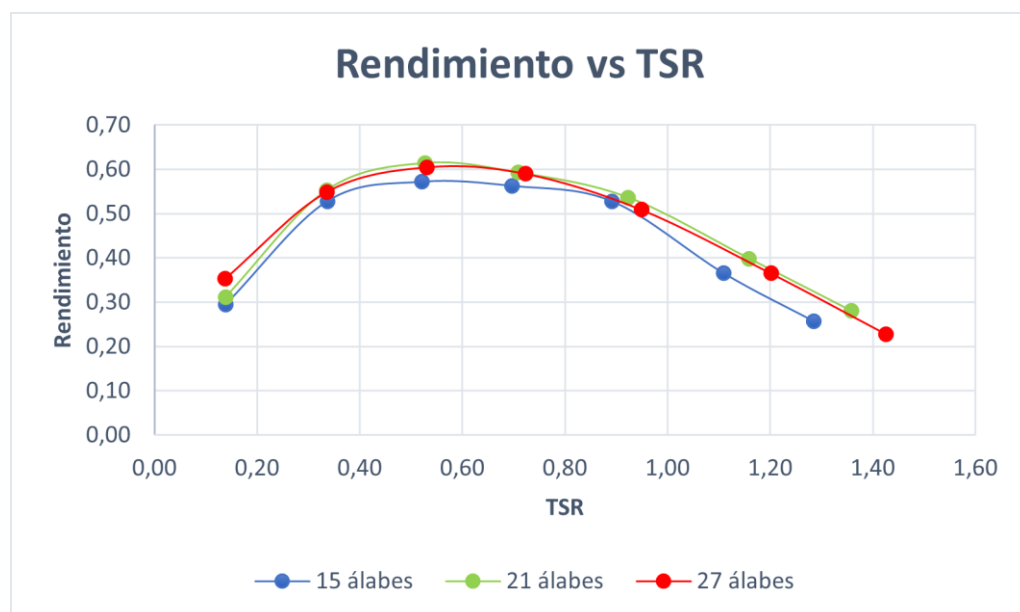


Figura 6 · Curva de rendimiento vs Caudal para los tres rodets estudiados.

En esta última se confirma que la mejor configuración es la que utiliza un rodete de 21 álabes, ya que su curva de rendimiento se mantiene por encima de las consideradas.

Como conclusiones se ha obtenido que las mejoras realizadas en la turbina no aumentan notablemente el rendimiento. Sin embargo, sí presentan una ventaja en la situación de rendimiento máximo (se encuentra para un menor número de vueltas). Por otro lado, el análisis de la solidez del rodete es satisfactorio: se concluye que 21 álabes es la configuración más productiva.

3.5 Trabajos o necesidades futuras

Como trabajos futuros podría considerarse el uso de un sistema de cómputo numérico (Matlab o similar) para agilizar la fase de tratamiento de datos y elaboración de gráficas, creando un script que procese los ficheros de resultados generados en las simulaciones y cree las curvas automáticamente.

Estudiar más formas de mejorar la geometría. Se puede valorar hacer un estudio ensayando diferentes álabes directrices, más adaptados a esta turbina y que no generen un salto de presión tan grande.

Por último, se podría considerar la realización de una simulación de la turbina en 3D, para caracterizar el flujo de forma más precisa, haciendo una comparación con lo obtenido en este análisis 2D.

3.6 Divulgación de los resultados

Se plantea como tarea para el año 2023 publicar los resultados obtenidos en un Congreso Internacional. En particular, en el <https://sfmc23.cimne.com/>

4. Memoria económica

4.1 Gastos:

Concepto	Gasto
Personal	785.46 €
Fungibles	500 €
TOTAL GASTOS	1285.46 €

4.2 Ingresos:

Entidad/Empresa financiadora Ref. Proyecto/Contrato	Concepto	Ingreso
Ayuda IUTA	Contrato investigación	785.46 €

Ayuda Sinfín Energy	Pequeño gasto fungible	200 €
Universidad de Oviedo	Pequeño gasto fungible	300 €
TOTAL INGRESOS		1285.46 €

5. Bibliografía

1. Adhikari, R., Wood, D., *The design of high efficiency crossflow hydro turbines: A review and extension*". MDPI-Energies, vol 11, article 267 págs. 1-18 (2028). DOI:10.3390/en11020267.
2. Albadawi, A., Donoghue, D.B., Robinson, A. J., Murray, D.B., Delauré, Y.M.C., *Influence of surface tension implementation in Volume of Fluid and coupled Volume of Fluid with Level Set methods for bubble growth and detachment*. International Journal of Multiphase Flow, vol. 53, pp. 11–28, (2013).
3. Choi, Y.D., Lim, J.I., Kim, Y.T., Lee, Y.H., *Performance and internal flow characteristics of a cross-flow hydro turbine by the shapes of nozzle and runner blade*. Journal of Fluid Sci. Technol. Vol. 3, pp. 398 – 409 (2008).
4. Fernández, J.M., *Técnicas numéricas en ingeniería de fluidos*. (2012).
5. Mockmore, C.A., Merryfield, F., *The Banki water Turbine*. In Bulletin Series, Engineering Experiment Station. Oregon State College: Corvallis, OR, USA, pp. 1 – 30 (1949).
6. Ossberger, OSSBERGER® Crossflow Turbine. <https://ossberger.de/> (última visita el 6 de Junio de 2022).
7. Sammartano, V., Aricò, C., Carravetta, A., Fecarotta, O., Tucciarelli, T., *Banki-Michell optimal design by computational fluid dynamics testing and hydrodynamic analysis*. Energies (Basel), vol. 6, no. 5, pp. 2362–2385 (2013).
8. Solicima, Minihidráulica. Página: <https://www.soliclima.es/minihidraulica> (última visita el 21 de Julio de 2022).