

Tornillo de Arquímedes: una opción sustentable para la microgeneración hidroeléctrica en México

^{1,2}Mohedano-Castillo Martha Fernanda, ^{1,2}Díaz- Delgado Carlos, ^{1,2}López-Rebollar Boris Miguel, ^{1,2}Salinas-Tapia Humberto; ^{1,2}Posadas-Bejarano Abad

¹Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, Universidad Autónoma del Estado de México. (IITCA-UAEMex)

² Red Mexicana de Recursos Hídricos (REMERH-CapNet-méx)
mfm2409@gmail.com; cdiazd@uaemex.mx; bmlopezr@uaemex.mx;
hsalinast@uaemex.mx; aposadasb@uaemex.mx

Resumen

Las centrales micro-hidroeléctricas se caracterizan por ser una de las tecnologías renovables más limpias y confiables para la generación de energía eléctrica. En México, el 10.2% de la energía que se produjo en 2018 provenía de centrales hidroeléctricas y únicamente el 0.23% correspondía a micro centrales. Lo anterior resalta la necesidad de desarrollar e investigar acerca de dispositivos capaces de aprovechar el potencial hidroeléctrico disponible en microescala como el tornillo de Arquímedes. En efecto, este dispositivo ha sido instalado con éxito en diversos países del mundo y principalmente en Europa. Esta solución, comparada con otras tecnologías, presenta gran potencial para el aprovechamiento en sitios con pequeñas caídas de agua (menores a 5 metros) alcanzando incluso eficiencias mayores al 80%.

Introducción

La energía eléctrica es un requerimiento esencial y su disponibilidad proporciona distintos beneficios como: mayor seguridad, productividad, salud, seguridad alimentaria, acceso a la información, educación y entretenimiento. Sin embargo, existe una brecha entre el suministro de energía y la creciente demanda. Tan sólo en México, se estima que alrededor de 1.8 millones de personas carecen de electricidad, las cuales en su mayoría habitan en comunidades rurales que se encuentran alejadas de la red eléctrica nacional (Secretaría de Energía [SENER], 2018).

Las microcentrales hidroeléctricas (potencia menor a 1 MW) se han posicionado como una de las soluciones emergentes para la electrificación rural. Este tipo de infraestructura podría satisfacer la demanda energética de comunidades cercanas a valles y pequeños ríos aprovechando el potencial hidroeléctrico disponible. A diferencia de las grandes centrales hidroeléctricas, éstas no requieren de costosas construcciones como embalses para su funcionamiento.

Por otro lado, la generación hidroeléctrica es considerada como una de las energías renovables más eficientes y confiables por lo que, en esta categoría, es de las más utilizadas a nivel mundial (YoosefDoost & Lubitz, 2020).

¿Cómo es que se genera la hidroelectricidad?

La hidroelectricidad es aquella que se obtiene al aprovechar la energía potencial del agua en un cauce natural, o retenida mediante estructuras hidráulicas. Es decir, la energía que una masa de agua presenta por su posición debido a una diferencia de alturas. Esta energía se convierte en energía mecánica haciendo girar una turbina, que la transforma en energía eléctrica mediante el acoplamiento del eje de salida a un generador (Marcos, 2006) como se muestra en la Figura 1.

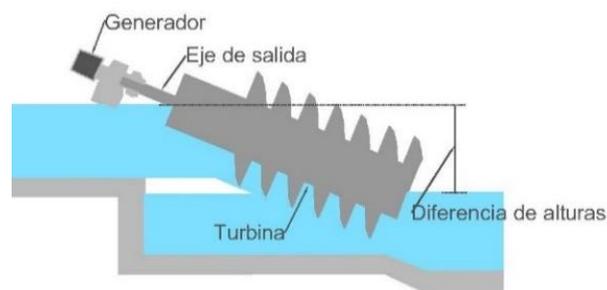


Figura 1. Componentes principales de una micro central hidroeléctrica

Hoy en día, existen distintas turbinas que son capaces de generar hidroelectricidad. Sin embargo, no todas ellas son aptas para aprovechar el micro potencial hidroeléctrico disponible. Es por ello, que en los últimos años se ha tenido especial interés en el dispositivo denominado tornillo de Arquímedes. Este artefacto es capaz de operar con alturas de caída de agua que van desde menos de 1m hasta 10 m y con un rango de caudal de menos de 100 l/s hasta 10 000 l/s (Shahverdi et al., 2020). Igualmente, se destaca su versatilidad para operar

eficientemente en una amplia gama de condiciones de flujo (Figura 2).



Figura 2. Pico-tornillo de Arquímedes (Kakuno, 2021)

¿Qué es un tornillo de Arquímedes?

El tornillo de Arquímedes es un dispositivo diseñado por Arquímedes de Siracusa que desde hace miles de años es utilizado para bombeo. Sin embargo, una aplicación más reciente es la de utilizarle como turbina para generar energía eléctrica (Lubitz et al., 2014).

Este dispositivo consta de un eje cilíndrico alrededor del cual se envuelven una o más superficies helicoidales denominadas álabes. El agua llega por la parte superior del tornillo formando cubos de agua que se trasladan por la longitud del tornillo, la presión hidrostática que ejerce el agua sobre el tornillo es lo que provoca que éste gire, por lo que al acoplarlo con un generador se produce energía eléctrica.

Se estima que alrededor del mundo se han instalado más de 400 dispositivos, principalmente en Europa, en países como Alemania, Austria, Italia, Irlanda, Gales (Figura 3), entre otros (Lashofer et al., 2012). En América, únicamente se han instalado 2 de estas turbinas, una de ellas al norte de Estados Unidos de América y otra en Canadá (YoosefDoost y Lubitz, 2020).



Figura 3. Estación hidroeléctrica “Monmouth New Hydro” al sureste de Gales (YoosefDoost y Lubitz., 2020)

El tornillo de Arquímedes presenta ventajas importantes en comparación con otro tipo de turbinas empleadas para microgeneración, como las que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Ventajas del Tornillo de Arquímedes

Tipo	Ventajas
Económicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Requiere de poco mantenimiento, lo que lo hace apto para regiones no desarrolladas. ✓ Se prevé que los costos generales de funcionamiento y mantenimiento sean inferiores a los de otras turbinas (Bennion, 2013). ✓ Genera hasta un 15% más de energía anual que una turbina Kaplan (Adlard, 2011) ✓ Permite la generación de electricidad en lugares donde no es posible construir grandes presas.
Sociales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fabricación local, lo que fomenta el empleo (Simmons & Lubitz, 2017) ✓ Su uso podría contribuir a reducir la dependencia al diésel y queroseno para linternas y estufas disminuyendo el riesgo de incendios y contaminación del aire al interior de las viviendas.
Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No obstruye la migración de peces ya que permite su paso a través de los álabes (Fishtek consulting, 2008) (Figura 4). ✓ Permite el paso de sedimentos y escombros flotantes (Rinaldi et. al. 2015). ✓ Se pueden utilizar para generar energía eléctrica a partir de aguas residuales no tratadas (IWPDC, 2010).



Figura 4. Paso de peces a través de un tornillo de Arquímedes (teqma, 2021)

Por otra parte, es importante mencionar que, al ser una tecnología relativamente nueva para la generación de electricidad, existen rubros poco conocidos en comparación con otras turbinas hidroeléctricas. De hecho, aún no existen guías para su diseño y, por lo tanto, tampoco existen normas o reglas generales para su óptimo funcionamiento hidráulico.

Reflexiones

Con base en la creciente demanda de energía eléctrica y al desabasto que sufren algunas comunidades rurales alejadas de la red eléctrica nacional, es que en el Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua de la Universidad Autónoma del Estado de México (ITTCA-UAEMex) se está trabajando en la búsqueda del diseño óptimo de un tornillo de Arquímedes. Lo anterior, haciendo uso de la Dinámica de Fluidos Computacional (CFD, por sus siglas en inglés) que permite la simulación del flujo de fluidos (Figura 5) aminorando costos, tiempo y recursos humanos que se requerirían en la experimentación física.

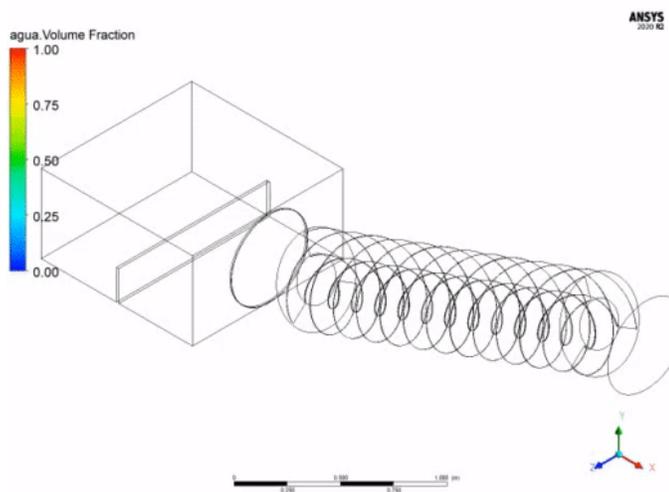


Figura 5. Tornillo de Arquímedes-CFD

En este caso, en el tornillo de Arquímedes se pretende alcanzar la optimización de los principales parámetros de diseño, como el rango de caudal de operación, número de álabes, ángulo de inclinación del tornillo, y que sea fácil de transportar a comunidades de difícil acceso que cuenten con cursos de agua con suficiente flujo para su operación.

Referencias

- Adlard, J. (2011). *Archimedes' screw: Copley hydropower generator*. Future Energy Yorkshire.
- Bennion, D. Maintaining Archimedes Screw Pumps. ECS Engineering Services, 2013. <http://www.ecsengineeringservices.com/maintaining-archimedes-screw-pumps/>
- Fishtek consulting. (2008). *Archimedes screw turbine fisheries assessment phase II: eels and kelts*. Fishtek consulting.
- IWPDC. A Quiet Revolution. International Water Power & Dam Construction. 29 noviembre 2010. <https://www.waterpowermagazine.com/features/featurea-quiet-revolution/>

- Kakuno Seisakusho Co. Ltd. Small Hydro. Suminoseisakusho. <http://suminoseisakusho.jp/saisei.html>
- Lashofer, A., Hawle, W., Kampel, I., Kaltenberger, F., & Pelikan, B. (2012). State of technology and design guidelines for the Archimedes screw turbine. *University of Natural Resources and Life Sciences Vienna*, 9.
- Lubitz, W. D., Lyons, M., & Simmons, S. (2014). Performance Model of Archimedes Screw Hydro Turbines with Variable Fill Level. *Journal of Hydraulic Engineering*, 140(10). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000922](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000922)
- Rinaldi, M., Gurnell, A.M., Belletti, B., Berga Cano, M.I., Bizzi, S., Bussetini, M., del Tánago, M., Grabowski, R., Habersack, H. y Klösch, M. Final Report on Methods, Models, Tools to Assess the Hydromorphology of Rivers. 2015. Obtenido de <https://reformrivers.eu/>
- SENER. (2020). *Porcentaje de la Población con servicio eléctrico*. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/porcentaje-de-la-poblacion-con-servicio-electrico>
- Shahverdi, K., Loni, R., Ghobadian, B., Gohari, S., Marofi, S., & Bellos, E. (2020). Numerical Optimization Study of Archimedes Screw Turbine (AST): A case study. *Renewable Energy*, 145, 2130-2143. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.124>
- Simmons, S., & Lubitz, W. (2017). Archimedes screw generators for sustainable energy development. *2017 IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference (IHTC)*, 144-148. <https://doi.org/10.1109/IHTC.2017.8058176>
- Sumino, M. Ultra-Small Water Power Generator. 14 mayo 2019. <https://youtu.be/XjEgFIngZ04>
- Tecnologías y equipos para el medio ambiente [teqma]. Tornillos de Arquímedes Landy. <https://www.teqma.com/tornillos-de-archimedes-landy/>
- YoosefDoost, A., & Lubitz, W. D. (2020). Archimedes screw turbines: A sustainable development solution for green and renewable energy generation- A review of potential and design procedures. *Sustainability*, 12(18), 2-34. <https://doi.org/10.3390/su12187352>