

# Corriente de los ríos:

alternativa para llevar energía a las Zonas No Interconectadas de Colombia

## Andrés Jahir Chalaca Salas

Ingeniero Mecánico, estudiante de la Maestría en Ingeniería  
andres.chalaca@udea.edu.co

## Paulo Euliser Chávez Taquez

Ingeniero Mecánico  
paulo.chaves@udea.edu.co

Ganadores Premio a la Investigación Estudiantil 2020, área ingeniería  
Investigadores del Grupo Energía Alternativa —GEA—  
Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia





Las ZNI representan el 51 % del territorio nacional y están conformadas por poblaciones aisladas geográficamente, localizadas en la Orinoquía, la Amazonía, el litoral Pacífico, San Andrés, Providencia y Santa Catalina y otras áreas de difícil conexión al Sistema Interconectado Nacional — SIN —.

Fuente: IPSE.

Foto: Franklin Peña Gutiérrez en Pexels.com

**S**i estás leyendo esto, seguramente tienes energía eléctrica que permite que tu dispositivo móvil pueda acceder a internet, o estás en tu casa donde tienes luz para leer la versión impresa de la revista sin necesidad de una vela, una linterna o una planta eléctrica. Estás en el 49 % del territorio colombiano que tiene el servicio de energía eléctrica de manera ininterrumpida.

Sin embargo, en Colombia existen poblaciones situadas en zonas aisladas, lejanas de los grandes centros urbanos, ubicadas especialmente en el Pacífico, la Amazonía, la Orinoquía y algunas zonas del Caribe colombiano, que no tienen acceso a energía eléctrica a través de redes o líneas convencionales de transmisión y que son denominadas Zonas No Interconectadas —ZNI—. Según el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas —IPSE—, estas regiones representan el 51 % del territorio nacional y son habitadas por 1,4 millones de personas, aproximadamente, concentradas en pequeños centros poblados.



El pacífico colombiano es la región del país con mayores poblaciones no interconectadas. Imagen Puerto Nuevo, Chocó, Colombia.  
Foto: Franklin Peña Gutiérrez en Pexels.com

## ¿De dónde viene la energía eléctrica que tenemos en casa?

Cuando enciendes la luz de tu cuarto, prendes el televisor o te conectas al wifi, estás accediendo a la red eléctrica de tu ciudad, que proviene de las centrales hidroeléctricas de gran potencia que emplean turbinas hidráulicas convencionales (que pueden ser de tipo Pelton, Kaplan o Francis); para su funcionamiento es necesaria la construcción de obras como represas, embalses o canales que requieren un largo periodo de tiempo, un costo económico significativo y llegan a generar impactos sociales y ambientales en su implementación. En Antioquia tenemos algunas de estas estructuras en los embalses de Guatapé, San Carlos, Ituango, La Fe y otros lugares.



turbinas hidrocínéticas. Este tipo de tecnología comparte los principios físicos de funcionamiento con las turbinas eólicas (aquellas movidas por el viento), que, de hecho, son similares en forma, pero de dimensiones menores y de las que existen diferentes tipos.

Las turbinas hidrocínéticas aprovechan la energía cinética de la corriente del río (asociada a su velocidad) y la transforman en energía eléctrica mediante un generador eléctrico sin necesidad de construcción de obras civiles, pues el agua fluye como una corriente libre —incluso las corrientes de movimiento lento son aptas para la generación—. Esta clase de máquinas ocupan poco espacio, son fáciles de operar, se instalan en el lecho del río o en estrechos de marea y tienen un bajo costo de fabricación, lo que representa una gran ventaja respecto a la implementación y el uso de las turbinas convencionales.

## La clave: investigar y adaptar

Con este contexto, nos dimos a la tarea de diseñar, simular y optimizar una turbina hidrocínética tipo Gorlov para la generación de energía eléctrica, convirtiendo esto en un proyecto desarrollado con el GEA.

Para llevar a cabo esta investigación, consultamos y revisamos otros estudios que se han realizado en el mundo con el fin de encontrar oportunidades o vacíos en el conocimiento, lo que permite un aporte desde nuestra investigación.

Sin embargo, conectar estos sistemas con las ZNI es un reto, por eso, buscando solución a través de la investigación, que además aporte a la generación de energía limpia, la mitigación del cambio climático, la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero —GEI— y a la integración de localidades que hoy no tienen acceso a la energía eléctrica, como las ZNI en Colombia, nos vinculamos al Grupo de Investigación de Energía Alternativa —GEA— de la Universidad de Antioquia, en 2019, cuando todavía éramos estudiantes de ingeniería mecánica.

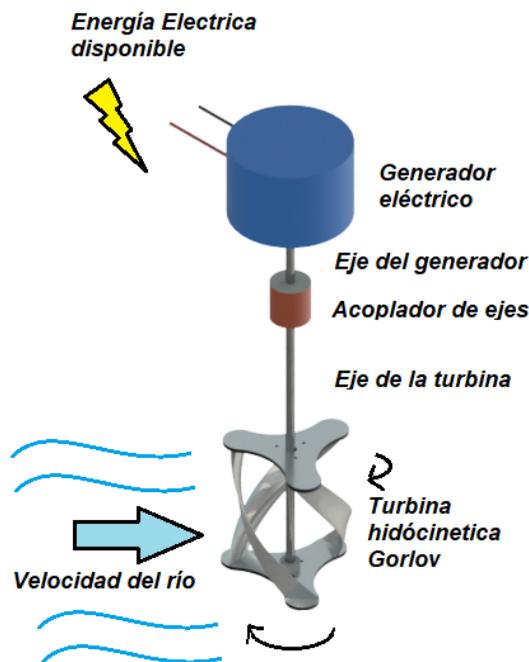
Con el grupo pudimos identificar que una alternativa de solución técnica y económicamente viable para usarse en zonas aisladas con disponibilidad de recursos hídricos estaba en la tecnología denominada

Así, identificamos una metodología para el diseño de turbinas hidrocínéticas tipo Gorlov acordes con las condiciones específicas de los recursos hídricos disponibles en las ZNI de Colombia. Empleamos herramientas computacionales, tales como un *software* de diseño asistido por computador (CAD) para plasmar el diseño conceptual de la turbina en un modelo 3D; además, usamos un *software* de simulación numérica enfocado en la dinámica de fluidos computacional (CFD), para resolver las ecuaciones que gobiernan el fluido cuando es sometido a atravesar la turbina, ya que de manera analítica es algo imposible de resolver. El mismo simulador numérico nos permitió realizar un análisis estructural con el fin de observar los esfuerzos que debía soportar la turbina y la ubicación de estos.

Además, empleamos una técnica de manufactura avanzada mediante impresión 3D, para fabricar un modelo a escala de laboratorio de de la turbina hidrocínética Gorlov.



**Figura 1.** Mapa de las zonas interconectada y no interconectadas de Colombia  
**Fuente:** IPSE.



**Figura 2.** Esquema del sistema de generación de energía mediante turbinas hidrocínéticas tipo Gorlov  
**Fuente:** elaborada por los autores.

## ¿Es posible usar las turbinas hidrocínéticas en las Zonas No Interconectadas?

La experiencia investigativa dejó muchos aprendizajes y se pudo concluir lo siguiente:

Para el diseño de las turbinas hidrocínéticas se emplean los principios derivados de las turbinas eólicas porque su operación es similar, aún así, los desarrollos de turbinas hidrocínéticas en su mayoría se encuentran en etapas tempranas de madurez, de acuerdo con lo identificado a nivel internacional y a nivel local.

La implementación de herramientas computacionales facilitó la optimización del diseño, especialmente la simulación CFD, ya que por medio de esta se pueden cambiar los parámetros del diseño de la turbina, por ejemplo, la altura, el diámetro y el número de palas, sin tener que construir prototipos diferentes, lo que es una ventaja en temas de economía y tiempo; sin embargo, es tarea del investigador interpretar y corroborar los resultados de la simulación, con base en los hallazgos experimentales y que reportaron otras investigaciones.

En Colombia hay muchas comunidades que se ven particularmente afectadas por la falta de electricidad y están situadas en zonas donde el recurso hídrico está disponible y podría albergar instalaciones hidrocínéticas. Idealmente, el montaje de la turbina hidrocínética tipo Gorlov se



**Figura 3.** Turbina hidrocínética y tipo Gorlov  
**Fuente:** elaborada por los autores.

puede ubicar en el medio de una sección recta del río cercana a la orilla. Otra opción puede ser situar el montaje aguas debajo de una central hidroeléctrica convencional, donde la energía sobrante de la corriente de agua que sale de las turbinas de la central se pueda reutilizar.

Se espera que los resultados de las investigaciones en torno a las turbinas hidrocínéticas generen una mayor inversión en proyectos que permitan establecer las mejores alternativas para el aprovechamiento del recurso hídrico, tanto de mares como de ríos, y posibiliten la identificación de las tecnologías más eficientes y con mejores resultados para la generación de energía. **X**

### Algunas características de las Zonas No Interconectadas

- Las ZNI representan el **51 %** del territorio nacional.
- Habitantes de ZNI: 1.4 millones aproximadamente.
- Servicios públicos básicos (agua potable, comunicaciones, energía eléctrica): carentes.
- Cobertura de energía eléctrica en ZNI: **34 %** aproximadamente.
- Servicio de energía: Intermitente (no disponible 24 horas continuas).  
**96 %** de las ZNI depende de plantas térmicas (combustibles fósiles) con alto costo operacional y mantenimiento, con efectos ambientales negativos como cambio climático.
- Uso de la energía: residencial, especialmente iluminación y refrigeración.
- Otras necesidades no satisfechas: salud y educación.
- Fortalezas: zonas de alta importancia ecológica. Abundante riqueza de recursos naturales y gran biodiversidad.

Agradecemos al Grupo de Investigación de Energía Alternativa —GEA—, especialmente al director del grupo de investigación Edwin Chica, y a Laura Velásquez, ambos docentes del Departamento de Ingeniería Mecánica, por brindar la asesoría académica para llevar a cabo este proyecto.