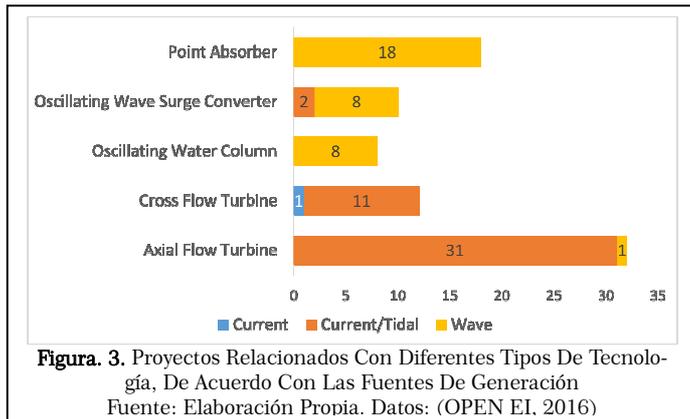


figura 3 se puede identificar el tipo de fuente para generación de energía vs el número de diferentes proyectos (OPEN EI, 2016).

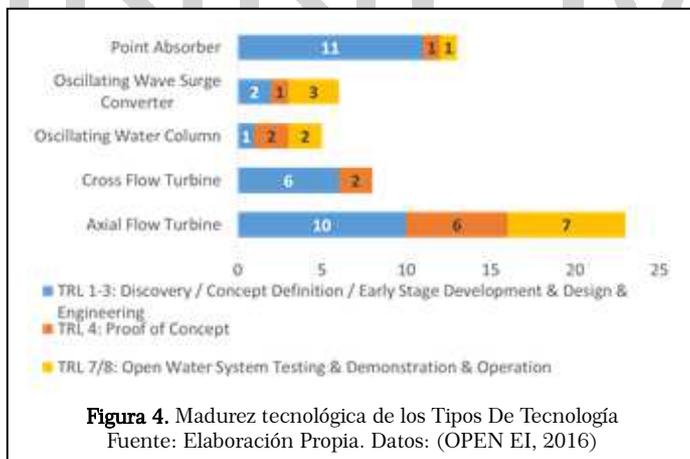
De los proyectos relacionados a partir de los datos de (OPEN EI, 2016), se logró identificar uno de ellos con resultado en patente concedida (US 9097233 B1), para un prototipo de turbina de flujo axial, que se encontraba para la época de consulta en etapa de prueba de concepto. El prototipo de turbina se identificó como SAHT (Suction-augmented hydropower turbine).



Otro de los proyectos es un prototipo de Aquamarine Power, el cual se encuentra en fase de prueba, demostración y test de sistema. En este caso, la publicación relevante corresponde a un documento técnico.

4.2. Madurez de la tecnología:

A partir de los mismos datos, se pudo establecer que las tecnologías desarrolladas en cada tipo de proyecto se encuentran en diferentes niveles de madurez, siendo el principal con número de desarrollos el TRL 1-3, que se encuentra definido entre las etapas de descubrimiento, definición de conceptos, y primeras etapas de diseño y desarrollo. En esta fase se encuentran 30 prototipos, cuya distribución por tecnología puede verse en azul en la Figura 4. En prueba de concepto se encuentran 12 prototipos y en proyectos demostrativos se identificaron 13 proyectos (ver Figura 4).



5. ESTADO DEL ARTE LOCAL

En Colombia se han identificado proyectos, que permiten incorporar tecnologías que se encuentran en fase de demostración. Tal es el caso de uno de los tres proyectos que se encuentran en fase comercial de la empresa alemana Smart Hydro Power GmbH, que se encuentra en ejecución en Salvajina (Valle del Cauca – Colombia), que identifica como colaborador a EPSA-CELSIA y está utilizando la tecnología SHP Duofloat.

En el caso de los grupos de investigación del sector académico, se encuentra un prototipo de turbina hidrodinámica de eje horizontal como resultado de un proyecto de investigación financiado y una tesis de maestría con el desarrollo de una turbina hidrocinética axial en el Grupo de Energía Alternativa, de la Universidad de Antioquia (COLCIENCIAS, 2016). Otros grupos reportan en la plataforma Scienti proyectos de pregrado para el desarrollo de turbina hidrocinética para zonas no interconectadas, como el ICT-Grupo de Investigación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología, de la Universidad de Córdoba y el Grupo de Estudios y Aplicaciones en Ingeniería Mecánica GEAMEC de la Universidad de Santo Tomás.

También se identificaron trabajos de pregrado en Caracterización mecánica de una turbina hidrocinética de eje horizontal, del Grupo de Investigación en Modelado, Análisis y Simulación de Procesos Ambientales e Industriales, PAI+ de la Universidad Autónoma de Occidente.

Otros grupos de investigación han reportado publicaciones de artículos para aplicaciones específicas, como en el caso del grupo de Materiales Avanzados y Energía del ITM.

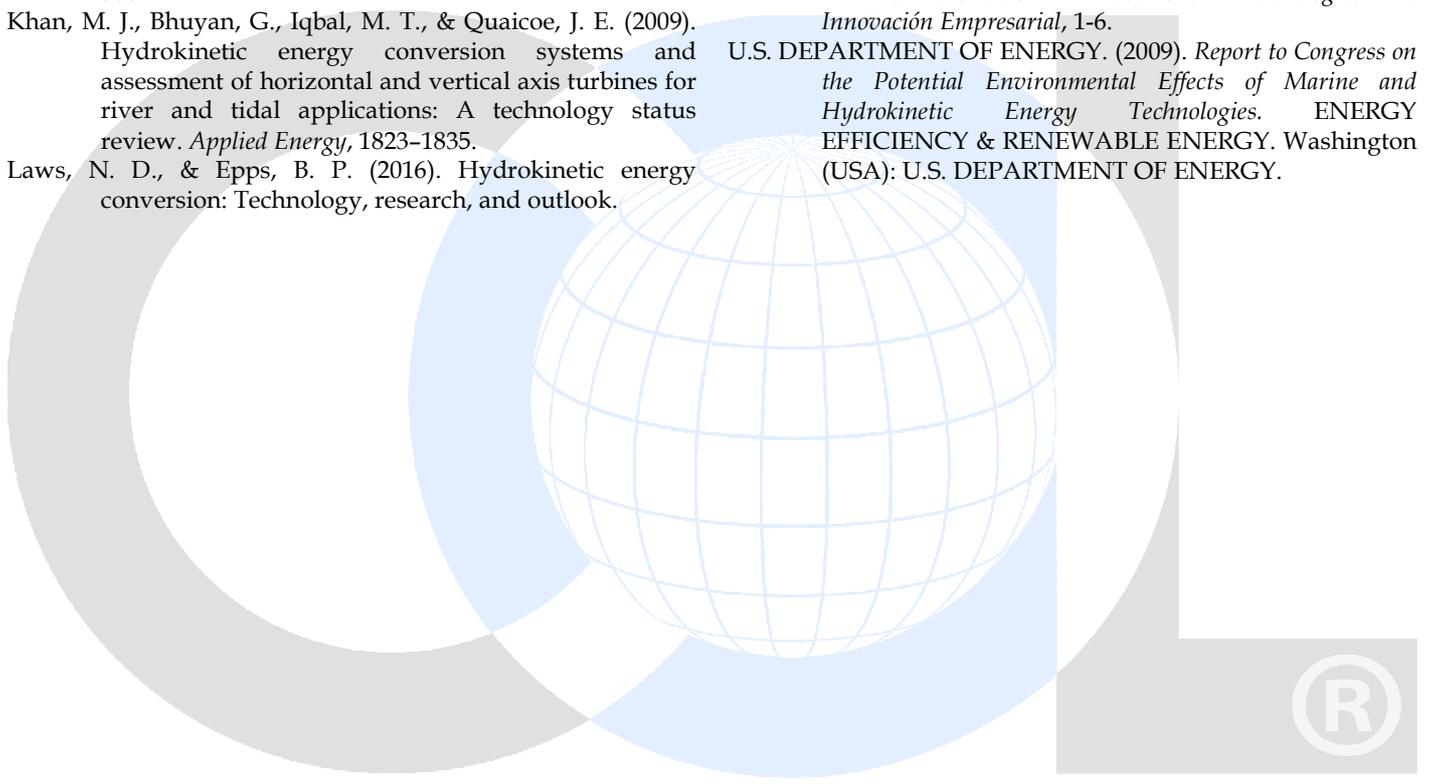
6. CONCLUSIONES

El aprovechamiento de fuentes no convencionales de energía se ha hecho una necesidad y por tanto, se están generando nuevas tecnologías que permitan explotar al máximo los recursos disponibles. En el caso de la generación hidroeléctrica, existe un predominio en la técnica actual de generación de energía a partir del aprovechamiento del potencial de energía en caídas de agua. Sin embargo, en recientes diseños se ha logrado proponer una alternativa para el aprovechamiento del recurso hídrico, principalmente, de la energía cinética de las corrientes.

Los desarrollos de turbinas hidrocinéticas en su mayoría se encuentran en etapas tempranas de madurez, de acuerdo con lo identificado a nivel internacional y a nivel local. Se espera, que la inversión en mayor número de proyectos que permita establecer las mejores alternativas para el aprovechamiento del recurso hídrico tanto de mares como de ríos, posibilite la identificación de las tecnologías más eficientes y con mejores resultados para la generación a través de turbinas hidrocinéticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Birjandi, A. H. (2012). *Effect of Flow and Fluid Structures on the Performance of Vertical River Hydrokinetic Turbines*. Winnipeg (Ca): University of Manitoba.
- COLCIENCIAS. (2016). *Sitio Web Gruplac - Red Scienti - Colciencias*. Recuperado el 2016, de <http://scienti.colciencias.gov.co:8083/ciencia-war/>
- Güney, M. S., & Kaygusuz, K. (2010). Hydrokinetic energy conversion systems: A technology status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 2996–3004.
- Khan, M. J., Bhuyan, G., Iqbal, M. T., & Quaicoe, J. E. (2009). Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review. *Applied Energy*, 1823–1835.
- Laws, N. D., & Epps, B. P. (2016). Hydrokinetic energy conversion: Technology, research, and outlook. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1245–1259.
- Okot, D. K. (2013). Review of small hydropower technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 515–520.
- OPEN EI. (Mayo de 2016). *Marine and Hydrokinetic Technology Database*. [En línea]. Obtenido de Open Energy Information: https://openei.org/wiki/Marine_and_Hydrokinetic_Technology_Database
- Sánchez, C. (2016). DESGASTE DE MÁQUINAS HIDRÁULICAS EN LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA. *Desarrollo Tecnológico e Innovación Empresarial*, 1-6.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. (2009). *Report to Congress on the Potential Environmental Effects of Marine and Hydrokinetic Energy Technologies*. ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY. Washington (USA): U.S. DEPARTMENT OF ENERGY.



INNOVACION

GENERACION DE ENERGÍA DISTRIBUIDA Y SU EFICIENCIA EN LA CADENA DE VALOR DE LA ENERGÍA

[Juan C. Salavarieta](#), Consultor en Innovación Tecnológica (COLINNOVACION)

Resumen — El termino generación distribuida (GD) o generación de energía eléctrica de manera descentralizada hace parte fundamental de los nuevos conceptos de generación, transmisión y distribución de energía que actualmente busca suplir las necesidades de ciudades inteligentes mediante una variedad de pequeñas fuentes de generación, instaladas cerca del consumidor. La generación distribuida mantiene una relación directa entre la micro generación y la generación de las centrales convencionales. La red al adaptarse a este tipo de distribución hace que la generación mantenga niveles de equilibrio y que la red inteligente no dependa tanto de grandes centrales o de centrales que generen mediante combustibles fósiles. Como valor adicional la micro generación involucra el aprovechamiento de fuentes no convencionales de energía, lo que reducirá las emisiones de CO₂.

Palabras Clave — Energía Distribuida, Smart Grid, micro generación.

1 INTRODUCCIÓN

El siguiente artículo busca describir de manera sencilla el concepto de energía distribuida y su relación con sistemas de micro generación, gestión de la demanda, Smart Grid y conceptos similares que permiten el desarrollo de cada vez más eficiencias en los sistemas de generación transmisión y distribución de energía.

La descripción de los sistemas anteriormente mencionados dan una pequeña visión de los componentes principales de la cadena de valor de la energía; su desarrollo e integración hacen parte de estudios avanzados fácilmente referenciados en la academia y que en la actualidad son un tema de gran exploración y estudio. De igual manera, se hará una pequeña introducción a la normatividad vigente del país en materia de desarrollo de sistemas de energía distribuida terminando con una serie de recomendaciones.

Teniendo en cuenta la realidad del país, se debe resaltar la importancia de su estudio ya que si bien existe una red de energía robusta a nivel nacional, es necesario hacer la transición a nuevas tecnologías que permitan llegar a zonas no interconectadas, aprovechar las fuentes no convencionales y renovables de energía, hacer más eficiente los sistemas de interconexión del país y mejorar las condiciones de los usuarios de energía eléctrica tanto a nivel residencial como empresarial.

2. DEFINICIÓN DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

La generación distribuida ha sido definida de diferentes maneras y aunque no hay concepto definitivo, cabe anotar que hay componentes tecnológicos comunes a los cuales se aplica la definición como son: motores, micro-turbinas, pilas de combustible y energía solar fotovoltaica. A continuación se describirán algunas definiciones más usadas:

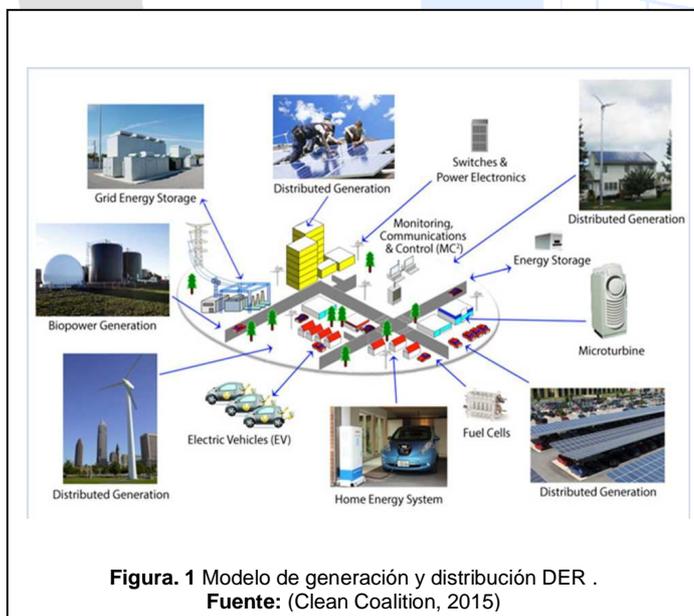
- La Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2002), define a la generación distribuida como la producción de energía en las instalaciones de los consumidores o de las empresas distribuidoras, suministrando energía directamente a la red, en baja tensión.
- El Consejo Internacional sobre Grandes Sistemas Eléctricos (CIGRE) define la Generación Distribuida como todos los componentes técnicos que permitan generar energía eléctrica con una capacidad máxima entre 50 MW a 100 MW, conectados a la red de distribución local, que no están diseñados ni operados de forma centralizada. Lo que implica que la Generación Distribuida hace parte del control del operador de la red eléctrica de transporte central.
- Una de las definiciones más aceptadas por la academia es la de (Ackermann, Andersson, & Soder, 2001). Estos autores definen a la Generación Distribuida de acuerdo con su propósito, ubicación, potencia, tecnología, impacto medioambiental, modo de operación, propiedad y penetración de la misma.

Sin embargo, se prioriza el propósito de la Generación Distribuida y su ubicación, proponiendo la siguiente definición: “Generación Distribuida es una fuente de potencia eléctrica conectada directamente a la red de distribución o en las instalaciones de los consumidores” de (Ackermann, Andersson, & Soder, 2001).

En términos generales, se deben tener en cuenta los siguientes conceptos adicionales al momento de definir la Generación Distribuida (GD):

- La GD maneja un nivel de baja potencia y su ubicación se encuentra en puntos cercanos al consumo.
- Debe estar conectada a la red de distribución.
- Una finalidad de la GD es que parte de la generación sea consumida por la misma instalación que la genera y el resto se exporte a una red de distribución.
- La potencia del sistema suele ser menor de 50 MW.

Al igual que el concepto de Generación Distribuida y enmarcado en este, se usa el concepto Recurso de Energía Distribuida DER (Distributed Energy Resource) el cual agrupa tanto la Generación Distribuida como el almacenamiento de Energía, la figura No. 1 refleja el cómo se distribuiría un proyecto DER.



2.1 Características de la generación distribuida

Hasta ahora se han tenido en cuenta las definiciones de la GD. A continuación se enunciarán las principales características que reflejan su importancia en la estructuración de proyectos de energía en la actualidad (GTM Research , 2014) (Clean Coalition, 2015).

- Principalmente, los sistemas de GD reducen las pérdidas en la red eléctrica. Estar más cerca del consumidor permite que las redes de transporte sean más cortas. Por esta causa, la generación distribuida propone menos pérdidas de energía en el transporte de la electricidad desde la generación hasta el consumidor, lo cual incluye el ahorro a la hora de elevar la tensión eléctrica para su transporte.
- Mejoran la eficiencia y la calidad del sistema eléctrico, debido a que hay pequeñas fuentes de generación (microgeneración), repartidas por el territorio, lo que ocasiona que el fallo de una de las fuentes no genere problemas de confiabilidad para el sistema eléctrico.
- Potencia reducida. Los sistemas de microgeneración que componen la GD suelen tener potencias inferiores a 3 kW Sin embargo se han aumentado sus niveles de potencia hasta 10 kW de potencia instalada.
- Adaptación a fuentes de energía renovables. Con la GD es posible aprovechar de mejor manera la generación por medio de fuentes de energía renovables.

3. MICRO GENERACIÓN

La micro generación está compuesta por micro redes cuya estructura consiste en un sistema localizado de generación eléctrica que tiene la capacidad de trabajar independiente de una red central, haciéndola autónoma.

El sistema lo conforman diferentes tecnologías de generación energética (DER), combinando diferentes fuentes de generación de energía, tanto renovable como por combustibles fósiles. Las redes de transmisión y distribución funcionan conectando al sector residencial comercial y productivo a fuentes de energía centralizada, lo que permite usar aparatos, sistemas de calefacción / refrigeración y electrónicos bajo un flujo de carga constante.

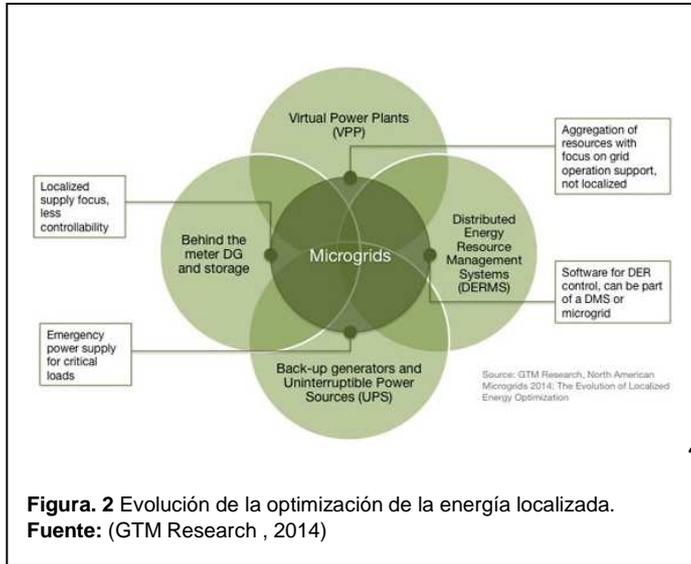
Generalmente, una microred puede funcionar estando conectada a una red de generación – transmisión central, pero, en caso de alguna eventualidad, esta conexión puede interrumpirse y funcionar por sí misma, utilizando la generación de energía localizada. En esto radica la importancia de una microred.

Una microred puede ser alimentada por generadores distribuidos, baterías y/o recursos renovables como paneles solares o aerogeneradores. Dependiendo de cómo se alimenta y cómo se gestionan sus requisitos.

El desarrollo de este tipo de tecnologías lograría importantes beneficios medioambientales, al igual que eficiencias de carácter técnico mencionadas anteriormente, haciendo más sencilla y eficiente la coordinación entre los diferentes actores de la cadena de valor energética. La figura No. 2. Hace referencia a la evolución de ese tipo de relaciones.

El objetivo de este tipo de sistemas, consiste en flexibilizar la relación de oferta y demanda energética a lo largo de la red, reducir la afectación de los cortes eléctricos generales, optimizar los costos de la cadena de valor de la energía y abastecer

de energía eléctrica en zonas de difícil acceso con líneas convencionales entre otros. Este tipo de “ecosistemas energéticos” permiten diseñar y desarrollar de forma más eficiente el consumo eléctrico de múltiples subsistemas, como núcleos de población, centros industriales o, incluso, zonas rurales (GTM Research, 2014).



4. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA DEMANDA

Los sistemas de gestión de la demanda consisten en el conjunto de acciones, ya sean promovidas por las empresas de generación y/ o transmisión eléctrica, o instituciones de gobierno, cuyo objetivo radica en influir en el comportamiento que los consumidores hacen de la electricidad, de forma que se produzcan cambios en el consumo, tanto para producir un ahorro de energía como para incrementar la eficiencia, ya sea en el ámbito individual como en la curva de demanda agregada (Pérez, Sánchez, & Pardo, 2005).

Los sistemas asociados con la gestión de la demanda son una de las aplicaciones que mejor se adapta a la interacción que ocurre entre el distribuidor y el consumidor de acuerdo con lo definido en las premisas de las redes inteligentes (Yingxin, 2013). Esto permite controlar los picos de demanda de energía a través de incentivos económicos o en algunos casos, se pueden tomar medidas coercitivas como el aumento del precio de la energía en horarios pico de demanda para trasladar esos consumos pico a horas valle y así optimizar el uso de la infraestructura eléctrica (Shen, 2015).

Los sistemas de gestión de la demanda deben permitir una ejecución en tiempo real como la propuesta realizada por (Yingxin, 2013) para tomar decisiones de justo a tiempo por parte de los operadores, con el fin de lograr un sistema de gestión de electricidad más sofisticado al lado de la demanda. Esto se logra a través de plataformas informáticas sincronizadas con los medios de medición inteligente y el uso de sistemas informáticos para el procesamiento de eventos complejos (PEC).

Para consolidar el sistema de gestión de la demanda, es necesario alinear varios modelos de análisis con las fuentes de información de consumos de energía eléctrica. Entre los modelos que se deben tener en cuenta se tiene al modelo en tiempo real de monitoreo estadístico de consumo eléctrico y el modelo de pronóstico de carga de demanda en tiempo real, estos modelos proveen información suplementaria para la toma de decisiones de los sistemas de gestión de la demanda. En caso de que la red de distribución eléctrica cuente con sistemas de almacenamiento de energía o recursos renovables, se debe integrar modelos estadísticos de generación o almacenamiento, así como modelos de predicción (Yingxin, 2013)

El sistema de gestión de la demanda, requiere del procesamiento de un alto volumen de información en eventos, proveniente de varias fuentes como son los medidores inteligentes, equipos eléctricos inteligentes, sensores de temperatura, entre otros. A continuación se describe un tipo de sistema de gestión de demanda que incluye los componentes básicos y los diferentes participantes del proceso.

4.1 Descripción del sistema de gestión de demanda

La capa central es el centro del procesamiento del sistema de gestión de demanda donde se encuentra el proceso lógico del modelo de negocio y el motor de procesamiento de información. Esta capa es la encargada de analizar y diseñar la lógica de procesamiento de eventos a través de varias etapas como la combinación lógica de operaciones numéricas y atributos de configuración. El motor de procesamiento instantáneo contiene dispositivos que procesan la información de entrada y salida para gestionar las operaciones de gestión de la demanda (Yingxin, 2013).

