

► Distributed generation as a transition factor between fossil fuels and renewable energy

# GENERACIÓN DISTRIBUIDA

como factor de transición entre

# ENERGÍAS FÓSILES Y ENERGÍAS RENOVABLES

Por:  Aislinn Díaz Martínez · Pedro Bañuelos Sánchez



Díaz Martínez, A. y Bañuelos Sánchez, P. (2024). Generación distribuida como factor de transición entre energías fósiles y energías renovables. *Entorno UDLAP*, 23

 **Recibido:** 7 de mayo de 2024  **Aceptado:** 30 de julio de 2024

## RESUMEN

La preocupación que genera el impacto de la actividad humana en el ambiente ha crecido con el paso del tiempo; de la misma forma, la búsqueda de alternativas para ser más amigables con el entorno se ha acrecentado en todas las áreas. La generación de energía eléctrica por medios convencionales contribuye de manera importante a las emisiones que afectan el medioambiente. El continuo esfuerzo por reducir las ha llevado al desarrollo de nuevas formas de generar electricidad de manera sustentable. Este artículo ofrece una visión general de lo que es

la generación distribuida y cómo beneficia al entorno, así como las ventajas y retos que su implementación representa.

## PALABRAS CLAVE

**Generación distribuida · Recursos renovables · Energías limpias**

## ABSTRACT

The concern generated by the impact of human activity on the environment has grown over time, in the same way, the search for alternatives to be more environmentally friendly



► Distributed generation as a transition factor between fossil fuels and renewable energy

# GENERACIÓN DISTRIBUIDA

como factor de transición entre

# ENERGÍAS FÓSILES Y ENERGÍAS RENOVABLES

Por:  Aislinn Díaz Martínez · Pedro Bañuelos Sánchez



Díaz Martínez, A. y Bañuelos Sánchez, P. (2024). Generación distribuida como factor de transición entre energías fósiles y energías renovables. *Entorno UDLAP*, 23

 **Recibido:** 7 de mayo de 2024  **Aceptado:** 30 de julio de 2024

## RESUMEN

La preocupación que genera el impacto de la actividad humana en el ambiente ha crecido con el paso del tiempo; de la misma forma, la búsqueda de alternativas para ser más amigables con el entorno se ha acrecentado en todas las áreas. La generación de energía eléctrica por medios convencionales contribuye de manera importante a las emisiones que afectan el medioambiente. El continuo esfuerzo por reducir las ha llevado al desarrollo de nuevas formas de generar electricidad de manera sustentable. Este artículo ofrece una visión general de lo que es

la generación distribuida y cómo beneficia al entorno, así como las ventajas y retos que su implementación representa.

## PALABRAS CLAVE

Generación distribuida · Recursos renovables · Energías limpias

## ABSTRACT

The concern generated by the impact of human activity on the environment has grown over time, in the same way, the search for alternatives to be more environmentally friendly



has increased in all areas. Conventional power generation plays an important role in contributing to emissions that affect the environment. The continuous effort in reducing them has led to the development of new ways to generate electricity sustainably. This article provides an overview of what distributed generation is and how it benefits the environment, as well as the advantages and challenges of implementing it.

◆◆ **KEYWORDS**

**Distributed generation · Renewable resources · Clean energy**

◆◆ **INTRODUCCIÓN**

En 2015, la Organización de las Naciones Unidas (s. f.) en conjunto con 186 países alrededor del mundo acordaron un plan de acción colectiva con el propósito de erradicar la pobreza, proteger al planeta y asegurar condiciones igualitarias para todos. Dicho plan, conocido como los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, describe desafíos a nivel global a los que nos enfrentamos a diario. En este aspecto, el Objetivo 7, referente a la «Energía asequible y no contaminante», así como el Objetivo 13, referente a la «Acción por el clima», se encuentran fuertemente relacionados con cómo obtenemos la energía eléctrica que usamos día a día.

La generación de energía eléctrica basada en el uso de combustibles fósiles acelera el cambio climático, por lo que la transición energética —es decir, cambiar la forma de producir electricidad— es indispensable. De acuerdo con el Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036 (Secretaría de Energía, 2022a), México es responsable del 1.2 % de las emisiones acumuladas a nivel mundial en el periodo de 1850 a 2021, lo cual representa aproximadamente 25 billones de toneladas de CO<sub>2</sub>. A nivel global, el consumo de petróleo

empleado para producir electricidad por parte del país es de 1.7 %, mientras que el consumo de gas natural y carbón representan un 2.3 % y 0.3 %, respectivamente.

En 2022, del total de energía generada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2022), correspondiente a 139,831 GWh, el 64.54 % fue obtenida a partir de combustibles fósiles, 27.7 % fue producida por recursos renovables —entre los que se encuentra la generación hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar— y un 7.76 % se obtuvo mediante generación nuclear.

La forma de obtener electricidad se ha diversificado gracias al esfuerzo por disminuir las emisiones de carbono e incrementar la energía proveniente de recursos renovables para com-





**LA ENERGÍA  
PUEDE OBTENERSE  
MEDIANTE EL  
USO DE PANELES  
SOLARES, BIOGÁS Y  
AEROGENERADORES,  
LO QUE IMPULSA LA  
PRODUCCIÓN DE  
ENERGÍA CON  
FUENTES LIMPIAS Y  
RENOVABLES.**

batir el cambio climático. De manera tradicional, la energía se produce en centros de generación alejados de los consumidores, lo que implica la necesidad de transportar la energía hasta el usuario final. Una alternativa atractiva es acercar la generación de la energía al centro de consumo; a esto se le conoce como «generación distribuida».

La generación distribuida contempla la producción de electricidad a pequeña escala en instalaciones cercanas al lugar donde se utilizará. De esta forma, se puede proporcionar energía a casas, empresas, industrias e inclusive entregar su generación al Sistema Eléctrico Nacional. La energía puede obtenerse mediante el uso de paneles solares, aerogeneradores y biogás, lo que impulsa la producción de energía con fuentes limpias y renovables.

## **DISCUSIÓN**

### **Generación fotovoltaica**

La energía fotovoltaica se obtiene al convertir la luz del sol en electricidad. Es un tipo de energía renovable y no contaminante. Puede ser producida en pequeñas cantidades para uso doméstico o en grandes cantidades para uso industrial. Para producir la energía solar se emplean celdas fotovoltaicas, hechas principalmente de silicio; las cuales conforman un panel solar (o fotovoltaico) que capta la radiación solar. Se deben utilizar inversores para convertir la energía continua en alterna para poder utilizarla. En algunos casos, se deben emplear transformadores que eleven el nivel de voltaje generado por los inversores (Iberdrola, s. f., *Cómo funcionan...*). La generación solar puede realizarse a gran escala en las llamadas granjas solares, que son extensiones de terreno específicas para la instalación de paneles solares, o bien, a menor escala en los techos de las casas. Gracias al rápido desarrollo de esta tecnología, el costo de adquisición de paneles solares es cada vez más accesible.

En México, la capacidad instalada interconectada de generación fotovoltaica de CFE en conjunto con el resto de generadores corresponde a 6,535 MW, casi el doble de la capacidad instalada en 2019, correspondiente a 3,646 MW (Secretaría de Energía, 2023a).

### **Generación eólica (aerogeneradores)**

Esta energía se obtiene a través de la fuerza generada por el viento. Para su producción, es

necesaria la instalación de parques eólicos, los cuales constan de aerogeneradores que transforman la energía del viento en energía eléctrica. El tamaño promedio de un aerogenerador para aplicaciones rurales o en espacios de gran tamaño va desde los 80 hasta los 120 metros de altura. Mientras que para aplicaciones urbanas existen turbinas pequeñas y su instalación debe implementarse en regiones con viento continuo.

El aerogenerador consta de un rotor que tiene unidas tres aspas que se mueven por acción del viento; de esta forma, se genera energía mecánica de rotación. También tiene una multiplicadora, cuya tarea es elevar la velocidad de giro. Un generador eléctrico convierte la energía de rotación en eléctrica para poder ser aprovechada (Iberdrola, s. f., *Qué es...*).

La capacidad instalada en México para generación de energía eólica hasta el año 2022 fue de 6,921 MW, que representa un incremento paulatino en comparación con la capacidad instalada de 6,050 MW del año 2019 (Secretaría de Energía, 2023a).

### **Generación por biogás**

La materia orgánica proveniente de árboles y plantas, y los residuos de organismos vivos, como basura, madera o estiércol, pueden convertirse en una fuente de energía llamada biomasa. La degradación de esta produce un gas constituido por dióxido de carbono y metano. Dicho compuesto es conocido como biogás y es utilizado para la generación de energía.

Las plantas de generación de energía por biogás tienen receptores para obtener y almacenar la materia prima (i. e. biomasa). Cuentan con fermentadores o biodigestores que tienen la tarea de hacer pasar la biomasa de estado sólido a gaseoso. En este proceso también se obtiene un elemento llamado digestato que suele ser utilizado para elaborar fertilizantes. Las plantas de biogás almacenan el gas y, por medio de generadores, lo transforman en energía eléctrica (BBVA, 2024). El problema con este tipo de generación es que no es inmediata. Desde la llegada de la biomasa hasta la obtención del biogás pueden transcurrir meses. La producción de energía eléctrica se encuentra sujeta a dicha transformación.

La capacidad instalada de bioenergía en México a finales del año 2022 fue de 408 MW, mientras que en 2019 era de 375 MW.

# 17 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

<p><b>01</b> FIN DE LA POBREZA</p> 	<p><b>02</b> HAMBRE CERO</p> 	<p><b>03</b> SALUD Y BIENESTAR</p> 	<p><b>04</b> EDUCACIÓN DE CALIDAD</p> 	<p><b>05</b> IGUALDAD DE GÉNERO</p> 
<p><b>06</b> AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO</p> 	<p><b>07</b> ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE</p> 	<p><b>08</b> TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO</p> 	<p><b>09</b> INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA</p> 	<p><b>10</b> REDUCCIÓN DE LAS DESIGUALDADES</p> 
<p><b>11</b> CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES</p> 	<p><b>12</b> PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLE</p> 	<p><b>13</b> ACCIÓN POR EL CLIMA</p> 	<p><b>14</b> VIDA SUBMARINA</p> 	<p><b>15</b> VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES</p> 
<p><b>16</b> PAZ, JUSTICIA E INSTITUCIONES SÓLIDAS</p> 	<p><b>17</b> ALIANZAS PARA LOGRAR LOS OBJETIVOS</p> 			

### Almacenamiento de energía

La generación distribuida, además de contemplar la utilización de recursos renovables para la producción de electricidad, involucra la implementación de tecnologías de almacenamiento de energía para garantizar el suministro continuo del servicio. El almacenamiento es necesario para afrontar la intermitencia que presenta la generación solar y eólica debido al comportamiento natural del sol y del viento a lo largo del día. Además, cuando el consumo es menor que la generación, es necesario adoptar una solución para no desperdiciar la energía sobrante.

El almacenamiento de energía en baterías es uno de los métodos más utilizados alrededor del mundo. Se trata de múltiples celdas conectadas en serie o en paralelo que almacenan el excedente o sobrante de la generación para entregarlo cuando se solicite. Están usualmente conectadas a un medio de control para garantizar su operación. Entre los tipos de baterías más comunes se encuentran las baterías de plomo-ácido, las de níquel-cadmio, las baterías de sodio y azufre, y las baterías de ion litio (Olabi *et al.*, 2021). Otras maneras de almacenar energía incluyen el almacenamiento de hidrógeno, que se encuentra en constante desarrollo para su mejor implementación.

En el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional se prevé la implementación de sistemas de almacenamiento de energía en México equivalentes a 4,505 MW durante el periodo 2022-2036 para reducir el impacto de las energías intermitentes en la red (Secretaría de Energía, 2022b).

### Ventajas de la generación distribuida

La generación de electricidad descentralizada representa un impacto positivo en diversos aspectos. En primer lugar, implica el uso de recursos renovables, que disminuye las emisiones de contaminantes e impulsa la no dependencia hacia los combustibles fósiles. Las distancias por las que debe trasladarse la energía se reducen,

por lo que el costo de esta baja. Además, aumenta la confiabilidad del servicio, puesto que es independiente de cuestiones climatológicas o desastres naturales que puedan suceder en zonas aledañas. La implementación de la generación distribuida a pequeña escala en hogares representa un ahorro monetario al consumir la energía que se está generando.

### Desafíos que enfrenta la generación distribuida

Uno de los principales retos para la transición hacia la generación distribuida es el costo de la implementación de la tecnología. Para las grandes empresas, su adquisición no representa mayor problema gracias a que el retorno de la inversión es rápido, pero para el resto de la población es una situación diferente. El costo de los paneles solares ha disminuido con el paso del tiempo, pero sigue siendo un bien que no resulta accesible para la sociedad en general.

Otra problemática es la capacidad de las líneas de distribución. A inicios del año 2022, la longitud de líneas de transmisión de la CFE era de 110,347.18 kilómetros, mientras que la longitud de líneas de distribución fue de 882,715.32 kilómetros (Secretaría de Energía, 2022c). La conexión de parques eólicos o solares a la red requiere la construcción de nuevos medios para llevar la energía generada, y eso representa inversión adicional. Además, los recursos renovables para la generación de energía impactan la calidad de esta debido a las variaciones de voltaje derivadas de la intermitencia y también contribuyen a la generación de armónicos no deseables producidos por los inversores (Owushi *et al.*, 2023). Si se considera la implementación de generación solar o eólica en conjuntos habitacionales, también debe considerarse el impacto que dicha generación tendrá en las redes de distribución, puesto que, en conjunto, podrían generar la misma energía que una pequeña granja solar y representa un reto para la elaboración de pronósticos de demanda y consumo de la energía.



**LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA, ADEMÁS DE CONTEMPLAR LA UTILIZACIÓN DE RECURSOS RENOVABLES PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD, INVOLUCRA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA GARANTIZAR EL SUMINISTRO CONTINUO DEL SERVICIO.**



PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS ES NECESARIA LA UTILIZACIÓN DE SILICIO, EL CUAL SE ENCUENTRA EN LA NATURALEZA EN FORMA DE CUARZO OBTENIDO MEDIANTE LA MINERÍA (SECRETARÍA DE ECONOMÍA, 2014).

La generación distribuida en las comunidades conlleva la modernización de los sistemas de medición unidireccionales que solo miden el consumo de energía. Se deben implementar medidores bidireccionales que registren la energía suministrada de CFE hacia el consumidor, así como la energía excedente que entregan los paneles solares cuando no es utilizada por el usuario. La implementación de la generación distribuida en hogares no implica solamente inversión monetaria para la adquisición de equipos que cubran las necesidades de la red, también supone la tarea de informar a los usuarios para que adopten las medidas necesarias para garantizar que cualquier sistema de generación que pongan en funcionamiento brinde los beneficios para los que fueron implementados.

Por ello, se requiere la constante investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que ayuden a realizar la transición energética en las mejores condiciones, garantizando energía limpia, segura y confiable para el país.

#### Incógnitas por resolver

A finales del año 2022, la capacidad instalada en operación referente a generación distribuida era de 2,613 MW, pero se espera que para el año 2037 la capacidad total de generación de esta índole sea de 11,442 MW (Secretaría de Energía, 2023b). Este incremento esperado da

pie a que nos formulemos la siguiente pregunta: la elaboración de la tecnología que propicia la generación distribuida, ¿es sustentable?

En lo que respecta a los paneles fotovoltaicos, su elaboración requiere la utilización de silicio, el cual se encuentra en la naturaleza en forma de cuarzo obtenido mediante la minería (Secretaría de Economía, 2014). Para extraerlo y poder utilizarlo, debe pasar por un proceso de reducción a altas temperaturas en un horno de arco eléctrico, lo que produce emisiones de dióxido de carbono (Miteco, 2020). La obtención de la materia prima para la elaboración de paneles solares repercute en el medioambiente y en la naturaleza, lo que representa la necesidad de contar con estudios que aborden y expliquen el impacto que tendría la producción de paneles solares a gran escala.

Es importante considerar que el promedio de vida de los paneles solares es de entre 20 y 30 años, de acuerdo con los fabricantes. Esto no significa que el panel dejará de funcionar, sino que su producción de energía se verá reducida a través del tiempo. Eventualmente, si se requiere cambiar un panel solar, surgirá la pregunta: ¿en dónde debe desecharse? Resulta relevante pensar y diseñar estrategias para que en un futuro los desechos provenientes de este tipo de generación eléctrica sean tratados de manera correcta y a favor del medioambiente. La misma situación se

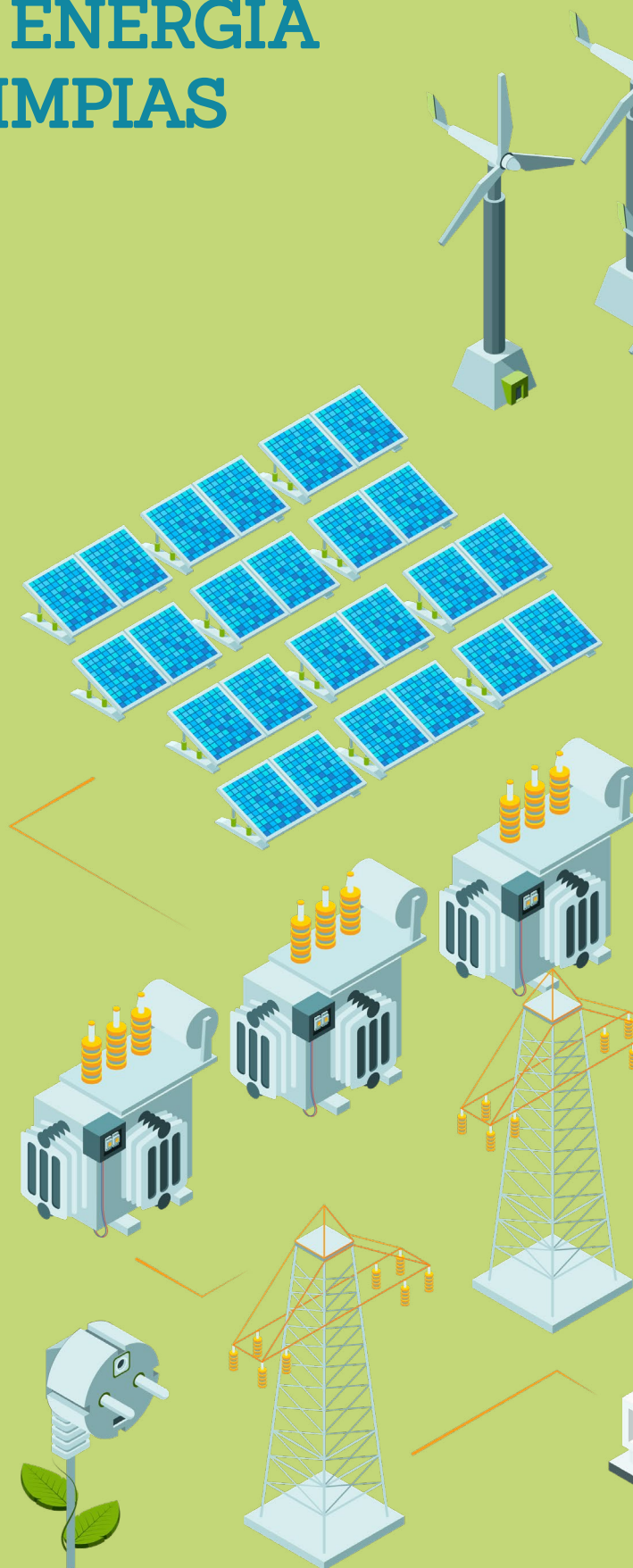
# PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON FUENTES LIMPIAS Y RENOVABLES

## VENTAJAS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

- IMPLICA EL USO DE RECURSOS RENOVABLES, QUE DISMINUYE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES.
- REDUCE LAS DISTANCIAS POR LAS QUE DEBE TRASLADARSE LA ENERGÍA.
- AUMENTA LA CONFIABILIDAD DEL SERVICIO.

## DESAFÍOS QUE ENFRENTA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

- EL ALTO COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA.
- LA LIMITADA CAPACIDAD DE LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTES.
- EL EFECTO EN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA DEBIDO A VARIACIONES DE VOLTAJE.





## GENERACIÓN EÓLICA (AEROGENERADORES)

SE OBTIENE A TRAVÉS DE LA FUERZA  
GENERADA POR EL VIENTO.

## GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

SE OBTIENE AL CONVERTIR LA LUZ DEL SOL  
EN ELECTRICIDAD. ES RENOVABLE  
Y NO CONTAMINANTE.

## GENERACIÓN POR BIOGÁS

LA MATERIA ORGÁNICA, PROVENIENTE DE  
ÁRBOLES, PLANTAS Y LOS RESIDUOS  
DE ORGANISMOS, PUEDE CONVERTIRSE EN  
BIOMASA, CUYA DEGRADACIÓN PRODUCE BIOGÁS.

## ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA INVOLUCRA  
LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS  
DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA  
GARANTIZAR EL SUMINISTRO CONTINUO  
DEL SERVICIO.

presenta para las baterías que almacenan la energía: debe diseñarse un plan para estar listos cuando dichos equipos dejen de ser funcionales.

Finalmente, la implementación de generación distribuida trae consigo la necesidad de actualizar los equipos ya existentes por dispositivos nuevos que se adapten a la topología de la red. Entonces, la incógnita es: ¿cuál será el destino de los equipos que sean retirados? El manejo correcto de los elementos que se desechen es indispensable para asegurarnos de no generar basura electrónica que no pueda ser reciclada.

## ◆ CONCLUSIONES

La generación distribuida es un método de producción de energía que reduce la contaminación y disminuye el costo relacionado con el transporte de la electricidad desde el centro de consumo hasta el usuario final. Puede hacer uso de uno o varios recursos renovables para su implementación y debe estar acompañada de aditamentos capaces de almacenar energía. La generación distribuida a pequeña escala es cada vez más accesible gracias al rápido desarrollo de la tecnología y a que esto disminuye el costo de los elementos para implementar el sistema en hogares o pequeñas residencias, pero aún falta camino por recorrer.

Existe un amplio panorama por investigar con respecto a las consecuencias medioambientales que puede conllevar la implementación de generación distribuida a gran escala. El manejo de los equipos obsoletos cuando se moderniza la red eléctrica también es un tema por explorar, y la forma de desechar los nuevos equipos que se desarrollen cuando dejen de ser funcionales en el futuro también debe ser un punto de interés. La transición energética representa un desafío para la sociedad en general, puesto que implica tanto inversiones como la necesidad de difundir el conocimiento e información fundamental para que la población en general reciba los nuevos desarrollos tecnológicos. Trae consigo, además, nuevas incógnitas, pues para hacer un uso responsable, debemos saber cómo utilizar de manera eficiente la energía que se genera, para hacer que el impacto que dejamos en el planeta sea el menor posible.



### 🔗 Aislinn Díaz Martínez

Licenciada en Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y maestra en Sistemas Eléctricos de Potencia por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Actualmente, es estudiante del Doctorado en

Sistemas Inteligentes en la Universidad de las Américas Puebla.

[aislinn.diazmz@udlap.mx](mailto:aislinn.diazmz@udlap.mx)



### 🔗 Pedro Bañuelos Sánchez

Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Ecole Supérieure d'Electricité - Universidad Paris VI, París, Francia. Ha sido investigador asociado, investigador visitante,

y profesor visitante en Johns Hopkins University, Appalachian State University, en Estados Unidos, y en el Centro Nacional de la Investigación Científica (CNRS), en Francia. Su área de interés incluye la conversión de la energía a alta frecuencia, las técnicas de corrección del factor de potencia, los convertidores aplicados a energía fotovoltaica y eólica, y el modelado y control de convertidores de potencia. Cuenta con tres patentes relacionadas con energías renovables y convertidores de potencia eficientes. Actualmente, labora como profesor titular en el Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica de la Universidad de las Américas Puebla.

[pedro.banuelos@udlap.mx](mailto:pedro.banuelos@udlap.mx)

## REFERENCIAS

- BBVA. (16 de febrero, 2024). *¿Qué es el biogás, cómo se obtiene y para qué se utiliza?* <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-biogas-como-se-obtiene-y-para-que-se-utiliza/>
- CFE (Comisión Federal de Electricidad). (27 de abril, 2022). *Informe Anual 2022*. <https://www.cfe.mx/finanzas/reportes-financieros/Informe%20Anual%20Documentos/Informe%20Anual%20Portal.pdf>
- Iberdrola. (s. f.). *¿Cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?* <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>
- Iberdrola. (s. f.). *¿Qué es la energía eólica, cómo se transforma en electricidad y cuáles son sus ventajas?* <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/energia-eolica>
- Miteco (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico). (2020). *Producción de Silicio (Emisiones de Proceso)*. Recuperado el 19 de marzo de 2024 de [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040303-produccion-silicio-proceso\\_tcm30-509728.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040303-produccion-silicio-proceso_tcm30-509728.pdf)
- Naciones Unidas. (s. f.). *17 objetivos para transformar nuestro mundo*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Olabi, A. G., Onumaegbu, C., Wilberforce, T., Ramadan, M., Abdelkareem, M. A. y Al-Alami, A. H. (2021). Critical review of energy storage systems. *Energy*, 214. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118987>
- Owushi, A., Hamam, Y. y Munda, J. (2023). Maximizing the integration of a battery energy storage system-photovoltaic distributed generation for power system harmonic reduction: an overview. *Energies*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/en16062549>
- Secretaría de Economía. (2014). Perfil de mercado del silicio. [https://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/minero/pm\\_silice\\_2014.pdf](https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_silice_2014.pdf)
- Secretaría de Energía. (2022a). La transición energética de México. En *Programa para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036* (pp. 25-34). SENER. <http://base.energia.gob.mx/prodesen22/Capitulo3.pdf>
- Secretaría de Energía. (2022b). Programa indicativo para la instalación y retiro de centrales eléctricas. En *Programa para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036* (pp. 113-148). SENER. <https://base.energia.gob.mx/prodesen22/Capitulo7.pdf>
- Secretaría de Energía. (2022c). Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional. En *Programa para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036* (pp. 45-60). SENER. <https://base.energia.gob.mx/prodesen22/Capitulo5.pdf>
- Secretaría de Energía. (2023a). Anexo 1: infraestructura del sistema eléctrico nacional. En *Programa para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023-2037* (pp. 111-156). SENER. <https://base.energia.gob.mx/PRODESEN2023/Anexo1.pdf>
- Secretaría de Energía. (2023b). Programa indicativo para la instalación y retiro de centrales eléctricas. En *Programa para el desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023-2037* (pp. 49-64). SENER. <https://base.energia.gob.mx/PRODESEN2023/Capitulo4.pdf>