



# Energías renovables para el cuidado del planeta



# Comunidad DCSBA

## Editorial

Jonatan Mireles Hernández

Pág.04

## Energía geotérmica en México

León Heber, Morales Alcalá, CFE.

Pág.06

## Celdas de combustible de hidrógeno: aplicaciones y relación con el medio ambiente

Macaria Hernández Chávez, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Hidalgo.

Pág.14

## Energía nuclear y medio ambiente

Armando Miguel Gómez Torres, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

Pág.18

## Algoritmo basado en el forrajeo de bacterias para la optimización de un smart grid

Hernández-Ocaña, Chávez-Bosquez, Hernández-Torruco, Portilla-Flores, Montané Jiménez, Hernández-Hernández, Brito-Ríos

Pág.24

## 14F: Día Mundial de la Energía

DCSBA

Pág.30

## Educación 4.0

Emmanuel Alejandro Merchán Cruz

Pág.32





Boletín electrónico generado por la División de Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales de la Universidad Abierta y a Distancia de México para ofrecer a sus estudiantes información sobre su programa educativo y fortalecer la identidad Universitaria.

La línea editorial de Comunidad DCSBA enfatiza enfoques interdisciplinarios, críticos e innovadores en el campo de la educación a distancia y de las carreras que oferta de División de Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales. Los autores son responsables por todos los conceptos e información presentados en los artículos y reseñas.

**Editor responsable:**

DCSBA

**Servicios fotográficos:**

Adobe Stock, Shutterstock, Pexels, Pixabay, Freepik,  
UnADM.



# Editorial

Si viviéramos en un mundo sin energía eléctrica, regresaríamos a la época en que la civilización iniciaba. No tendríamos iluminación artificial, tampoco desarrollos tecnológicos, mucho menos Internet. En nuestro país, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2024 enarbola, entre sus objetivos, el desarrollo sostenible; contemplando garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenida y moderna para todos.

México enfrenta retos para consolidar un sector energético moderno, factible, no contaminante y promotor del bienestar de la población. Si bien el país cuenta con una amplia cobertura de la red eléctrica, aún hay un número significativo de comunidades marginadas en zonas aisladas que carecen de servicios energéticos básicos.

Otro desafío es promover el uso gradual de las energías limpias, así como de construcción de redes de distribución de energía eléctrica inteligentes que sean capaces de seguir en operación aun y cuando se tengan fallas en sectores de la red de distribución eléctrica, con lo que se garantizaría el abasto y la continuidad del suministro.

El almacenamiento de energía producida por las fuentes de energía renovables es otra cuestión que México encara hacia el cumplimiento de la Agenda 2030 porque, para ese año, las renovables serán las energías más competitivas en todos los países del mundo.

De lo anterior, se desprende la importancia de la educación en nuestro país, donde la Universidad Abierta y a Distancia de México juega un papel fundamental, trabajando arduamente todos los días, considerando los retos que marca la revolución industrial 4.0, enfatizando la educación como el desarrollo de talentos 4.0, con el desarrollo de habilidades, aprendizaje basado en proyectos, flexible, manejando las tecnologías de la información.

Los egresados del programa académico de energías renovables, tanto los técnicos superiores universitarios como de los ingenieros, tienen la oportunidad de poner en práctica lo aprendido en las aulas virtuales y que, de la mano con sus docentes, desarrollen proyectos de generación de energías renovables con la finalidad de contar con iluminación artificial, energía eléctrica para bombeo de agua de riego, refrigeración de productos, acceso a tecnologías con el firme propósito de contribuir al desarrollo en esas comunidades marginadas, así como formar empresas que realicen proyectos de ingeniería aplicados a la generación de energías renovables, especializándose como auditores energéticos, fomentando ahorros económicos derivados de la implementación de proyectos relacionados con el uso eficiente de energías renovables.





En esta edición especial de Energías Renovables damos a conocer temas relevantes en materia de energías renovables, esperando que la comunidad universitaria, y en especial la del programa educativo, sigamos trabajando en la conciencia de quienes nos rodean para cuidar el planeta y usemos más energía limpia.

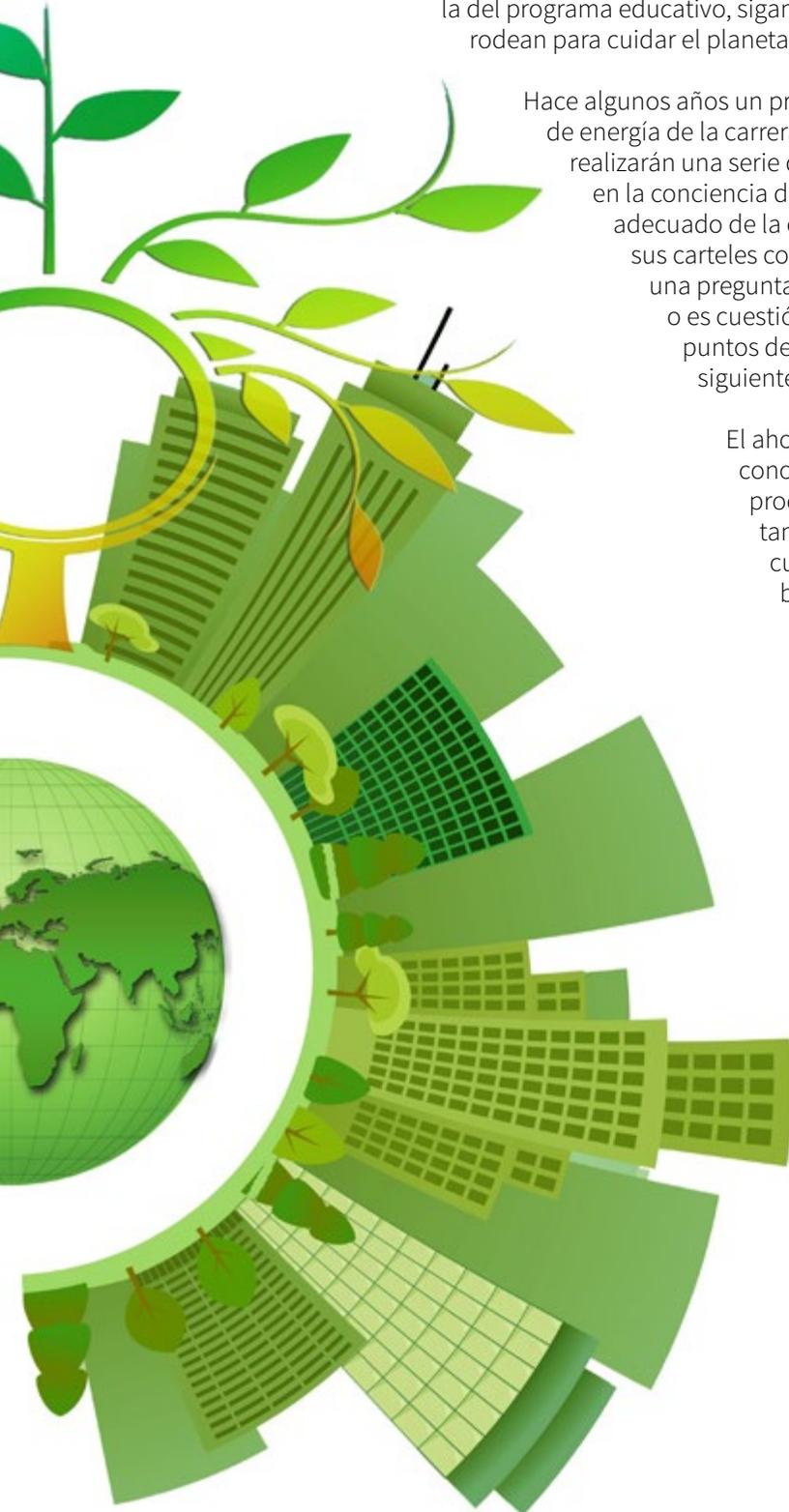
Hace algunos años un profesor de la materia de administración y ahorro de energía de la carrera de ingeniería eléctrica solicitó a sus alumnos que realizarán una serie de carteles con frases para incentivar o dejar grabado en la conciencia de la comunidad universitaria la importancia del uso adecuado de la energía eléctrica, una vez que los alumnos entregaron sus carteles con las frases se inició una discusión, la cual consistía en una pregunta concreta ¿el ahorro de energía es algo que se aprende o es cuestión cultural? Se realizó un debate nutrido con diferentes puntos de vista y al final los alumnos y su profesor llegaron a la siguiente conclusión:

El ahorro de energía no solo es una cuestión de aplicar conocimientos para usar adecuadamente la energía producida por cualquier fuente de generación, sino que también es necesario impulsar una cultura y enfatizar cuando se ven los beneficios en el planeta, preservar la biodiversidad con energías renovables y, por último, las ganancias económicas cuando la cultura y la ingeniería se juntan con un fin común.

La Universidad Abierta y a Distancia de México y la Dirección de División de Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales serán impulsores incansables para fortalecer la cultura del cuidado del ambiente de nuestro planeta, propiciando siempre en la comunidad universitaria la aplicación de valores éticos, de equidad, de respeto, con un enorme compromiso social con la comunidad, competitivos, con espíritu emprendedor con un alto nivel académico.

Como dice Albert Einstein «La educación es lo que queda una vez que olvidamos todo lo que aprendimos en la escuela».

*Jonatan Mireles Hernández*  
Responsable del Programa Educativo Energías  
Renovables



# Energía geotérmica en México

*Por Didier Diez León Heber, Lilibeth Morales Alcalá, Comisión Federal de Electricidad-Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos Departamento de Ingeniería de Yacimientos.*

Este texto pretende introducirte en el mundo de la energía geotérmica. Así como hacerte saber que es un recurso limpio, renovable y cuyas emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), en el proceso de generación de energía, son mínimas respecto a las que se producen por energía generada de combustibles fósiles en ignición, además de que resulta ser una energía de alta eficiencia y disponibilidad una vez que se logra poner en operación un campo geotermoeléctrico o un proyecto de usos directos. Una de las ventajas de la geotermia respecto a las demás energías renovables es su disponibilidad, pues al no tener la variabilidad de la energía solar o eólica, su suministro es continuo e independiente de las condiciones climatológicas, por lo que no presenta dificultades para su incorporación a los sistemas de despacho eléctrico.



## Energía geotérmica

De acuerdo con diversas fuentes, la energía geotérmica es considerada como renovable relacionada con el calor interno de la Tierra. Este calor se transmite a través de los cuerpos de roca caliente o yacimientos por conducción y convección, donde se suscitan procesos de interacción de agua subterránea y rocas, dando origen a los sistemas geotérmicos. Esta energía térmica puede ser transportada hacia la superficie a través de la roca mediante la extracción o inyección de fluidos, dependiendo del tipo de sistema geotérmico a explotar. Estos fluidos al interactuar con la roca caliente adquieren condiciones de presión y temperatura elevadas, lo que finalmente favorece la producción de grandes cantidades de agua muy caliente o vapor. El contenido energético del fluido geotérmico depende de muchos factores, pero principalmente del intercambio de calor con la roca circundante, la cual es continuamente calentada por la fuente primaria de calor (o también conocida como cámara magmática) que existe en la parte más profunda del sistema geotérmico.

El gradiente geotérmico o aumento de la temperatura de la tierra con la profundidad es una variable indicativa del potencial geotérmico de un sitio. Un valor normal de gradiente térmico



corresponde a un aumento de entre 25 y 30 °C/km. En algunas regiones, especialmente en aquellas donde se presentan volcanes, el gradiente geotérmico es superior al normal. Comúnmente en estas zonas afloran manantiales de aguas termales que constituyen una evidencia de la presencia de rocas calientes, masas magmáticas o gases volcánicos en ascenso o cerca de la superficie y que provienen del calor del interior de la Tierra.

Las regiones con estas características podrían ser promisorias para desarrollos geotérmicos y especialmente para generación de energía eléctrica.

Un sistema geotérmico es un conjunto de elementos naturales que se presentan en una misma área (campo geotérmico) y de la cual es posible extraer fluidos geotérmicos con diferentes fines. Está compuesto de manera general, por una fuente de calor que puede ser por causa de la intrusión de un cuerpo volcánico, una cámara magmática o gases calientes de origen magmático, un yacimiento geotérmico compuesto por formación de rocas permeables, donde circula fluido geotérmico a profundidades económicamente explotables, sistema de fallas en las rocas que permiten la recarga del yacimiento geotérmico con el agua que se infiltra en el subsuelo, capa sello, la cual es un estrato impermeable, generalmente compuesto por arcillas (esmectita o montmorillonita) producto de la alteración de las rocas por alta temperatura y finalmente el fluido geotérmico en su fase

líquida, de vapor o en combinación, que se encuentra en el yacimiento geotérmico y que puede aflorar a la superficie de manera natural mediante manantiales de aguas termales o pozos geotérmicos.

Los sistemas geotérmicos se clasifican, en forma general, con base en la temperatura del fluido endógeno o cantidad de energía disponible para intercambio (técnicamente conocida como entalpía). Cuando la temperatura del sistema geotérmico es  $>200^{\circ}\text{C}$  se considera un recurso de alta entalpía. Contrariamente, si las temperaturas del sistema están en el intervalo de  $120^{\circ}\text{C}$  a  $200^{\circ}\text{C}$  o  $<100^{\circ}\text{C}$  se les denomina sistema de mediana o baja entalpía, respectivamente.

A continuación, se presenta una ilustración de un sistema geotérmico.

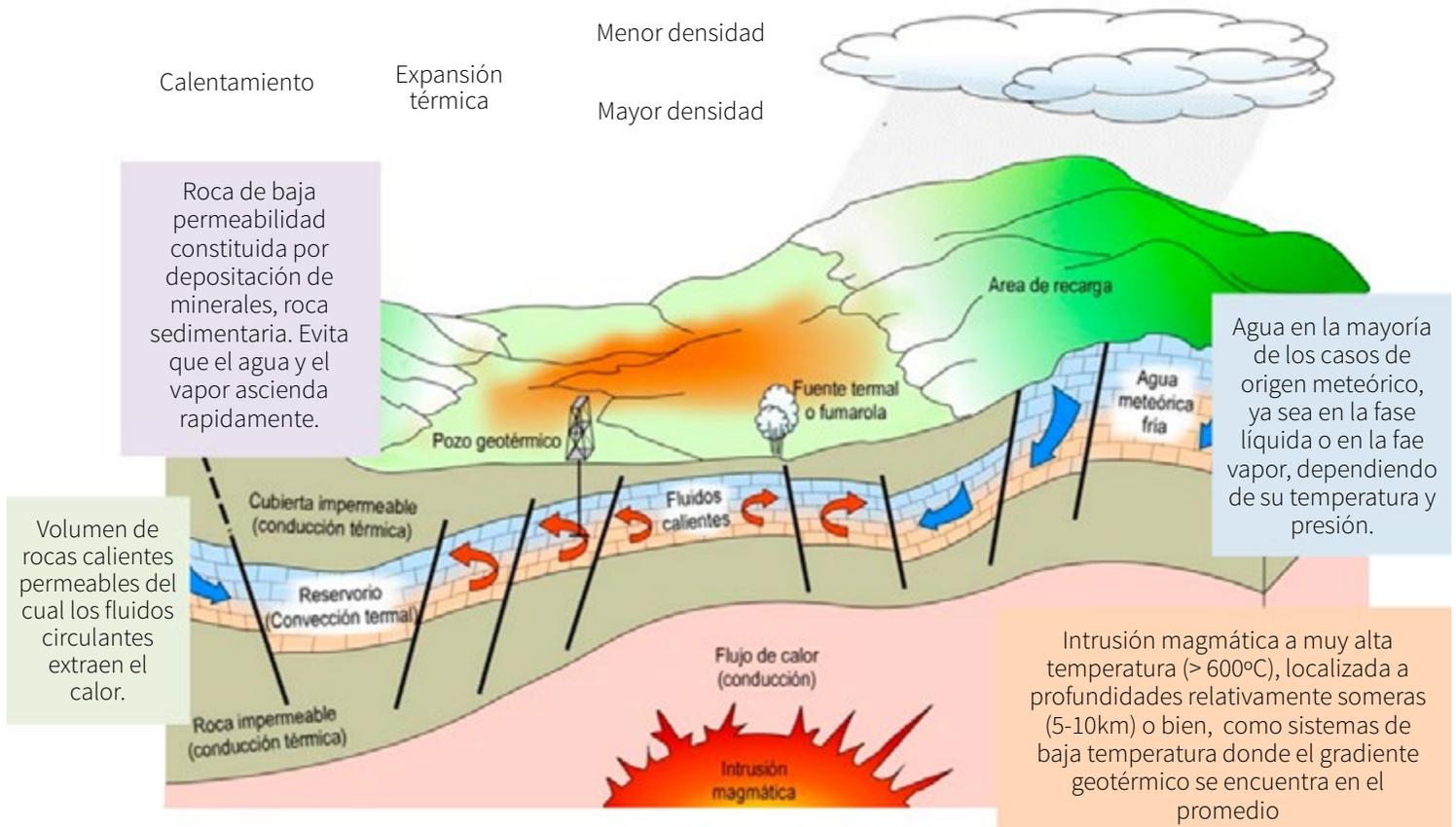


Figura 1. Esquema de un yacimiento geotérmico.



Las aplicaciones de la geotermia dependen de las características de cada fuente.

Los recursos geotérmicos de mediana y alta temperatura (superiores a los 120 °C) se aprovechan principalmente para la producción de electricidad.

Cuando la temperatura del yacimiento no es suficiente para producir energía eléctrica, sus principales aplicaciones son térmicas en los sectores industrial, servicios y residencial.

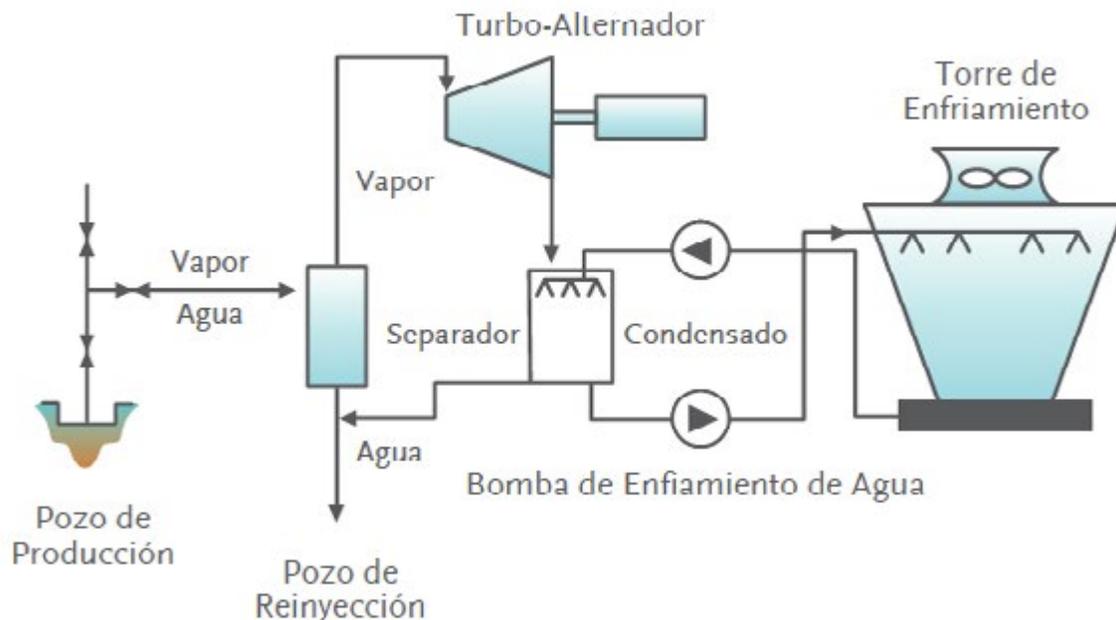
Así, en el caso de temperaturas por debajo de los 100 °C puede hacerse un aprovechamiento directo o a través de la bomba de calor geotérmica (calefacción y refrigeración).

Por último, cuando se trata de recursos de temperaturas muy bajas (por debajo de los 25 °C), las posibilidades de uso están en la climatización y obtención de agua caliente para el secado de madera o fruta, etcétera.

## Tecnologías para la generación de energía geotermoeléctrica

Los fluidos geotérmicos se pueden utilizar para generar energía eléctrica mediante la utilización de turbinas a vapor en un ciclo termodinámico denominado Rankine, el cual se explica por la capacidad del vapor de expandirse y contraerse por el cambio de temperatura y su condensación. La inyección del vapor en la turbina ejerce fuerza sobre sus álabes, produce el movimiento de su eje para transmitir fuerza y movimiento a un generador eléctrico. Actualmente se genera energía eléctrica utilizando la geotermia, mediante las siguientes tecnologías:

**Flash.** También denominada abierta o de vapor directo. Esta tecnología se utiliza cuando se tienen fluidos geotérmicos con temperaturas superiores a los 200 °C en la central. Los fluidos geotérmicos pasan por un separador de vapor y agua, el vapor se inyecta a una turbina que a su vez mueve el generador eléctrico, pasando luego a un condensador.

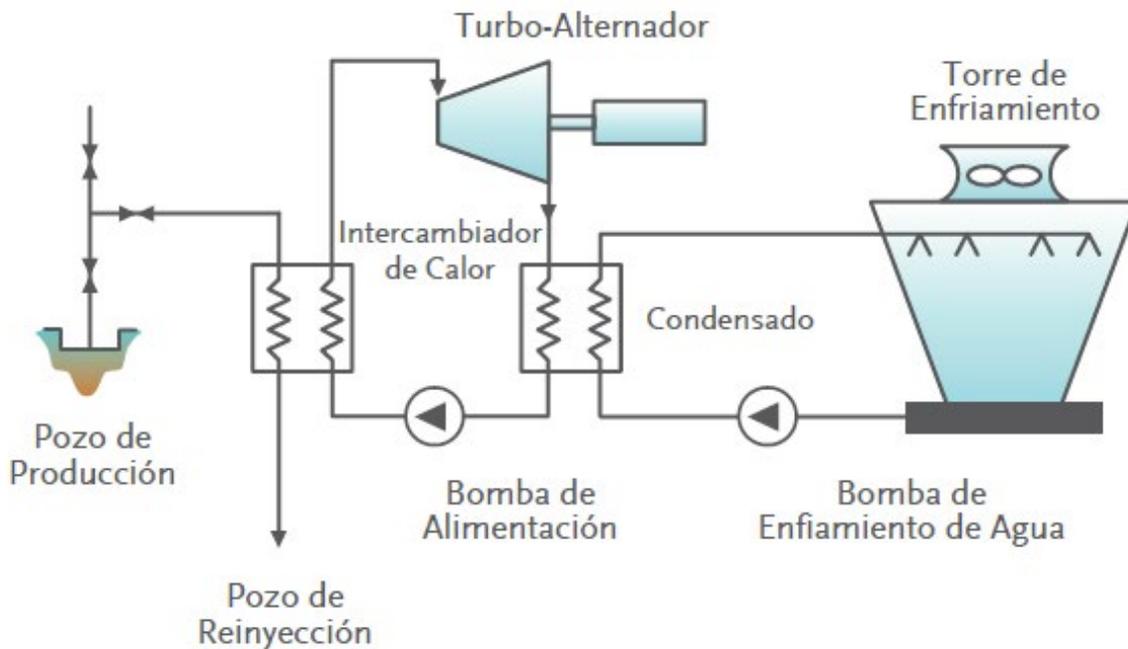


Fuente: Marzolf 2014.

Figura 2. Esquema general de una central tipo Flash.

**Binaria.** También se conoce como de ciclo cerrado. Esta tecnología se utiliza cuando se tienen fluidos geotérmicos con temperaturas mayores a 100 °C e inferiores a los 200 °C en la central. En la tecnología binaria, los fluidos geotérmicos calientan un compuesto orgánico por medio de un intercambiador de calor. Se usan compuestos orgánicos como n-pentano,

amoniaco, entre otros que tienen bajo punto de ebullición y alta presión de vapor a bajas temperaturas. El vapor del compuesto orgánico es inyectado a una turbina que, a su vez, mueve un generador eléctrico, pasando luego a un condensador y retornando al ciclo. El fluido geotérmico que ha cedido el calor retorna al reservorio mediante pozos de reinyección, figura 3



Fuente: Marzolf 2014.

Figura 3. Esquema general de una central tipo Binaria.

## Aprovechamiento principal en México de la energía geotérmica

México se encuentra en una de las regiones geográficas con mayor potencial geotérmico del mundo y a través de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ha desarrollado esta industria de manera exitosa, lo que lo ha llevado a ocupar el sexto lugar a nivel mundial en capacidad instalada, solo detrás de los Estados Unidos de América, Indonesia, Filipinas, Turquía y Nueva Zelanda.

El potencial geotérmico con el que cuenta nuestro país, de acuerdo con el Inventario Nacional de Energías Renovables realizado por la Secretaría de Energía (SENER) en el 2015, se estima que, con las reservas probadas, probables y posibles, el potencial geotérmico de nuestro país es de 13.4 GW, pero es necesario explorar nuevos yacimientos, para lo cual se requiere inversión y tecnologías modernas que permitan su aprovechamiento.



Unidad 18, C.G. Los Azufres, Michoacán.

Los inicios de la geotermia datan de 1955, con la perforación del primer pozo con fines geotérmicos en la localidad de Pathé en Hidalgo, posteriormente se perforaron pozos en Ixtlán de Los Hervores (1957) y Cerro Prieto (1959). Es también en la localidad de Pathé donde se instala, en 1959, la primera central geotermoeléctrica en México y América Latina.

En nuestro país, el principal generador de electricidad geotermoeléctrica es la Comisión Federal de Electricidad, a través de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG) y sus campos geotérmicos instalados en Cerro Prieto Baja California (570 MW), Los Azufres, Michoacán (225 MW), Los Humeros, Puebla (95.7 MW) y Las Tres Vírgenes, Baja California Sur (10MW).

La participación de la iniciativa privada se ha hecho presente con el desarrollo

geotermoeléctrico denominado Domo San Pedro, Nayarit, aportando 35.5 MW de capacidad instalada que sumada a la de la CFE hace posible el sexto lugar indicado.

En diciembre de 2019 se inauguró la Unidad 18 de 27 MW en el Campo Geotermoeléctrico de Los Azufres (Los Azufres III Fase II) en Michoacán, perteneciente a la CFE, incrementando su capacidad instalada a 252 MW. Esta central geotérmica aprovecha el fluido de alta entalpía y sustituye máquinas menos eficientes para lograr un aprovechamiento eficiente del recurso disponible

La ubicación geográfica de los campos geotérmicos en operación se muestra a continuación, así como su capacidad y año de puesta en servicio.





## Campos Geotérmicos en Operación

Finalmente, aprovechar a todos los niveles del recurso geotérmico es un compromiso conjunto, si bien no es la solución completa a los retos energéticos, sí es una parte importante que debe continuar desarrollándose. Lo anterior, debido a que se puede comprender como un recurso vasto, con una tecnología madura en la mayoría de sus aplicaciones, incluidas las directas.

Es importante señalar que México tiene un gran potencial para generación de electricidad a partir de energías limpias y ha realizado importantes esfuerzos para incentivar su desarrollo, promoviendo la transferencia de tecnología, el cuidado al medio ambiente y la mitigación de gases de efecto invernadero.

Los Humeros, Pue.

95.7 MV



### Fuentes

- CFE, *Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos*. 2020.
- *Think-GeoEnergy*, julio 2019
- Natacha C. Marzolf. *Emprendimiento de la Energía Geotérmica en Colombia*. Banco Interamericano de Desarrollo Convenio ISAGEN – BID/JC. Colombia. 2014



# Celdas de combustible de hidrógeno: aplicaciones y relación con el medio ambiente

*Por Macarí Hernández Chávez, Instituto Politécnico Nacional,  
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Hidalgo.*

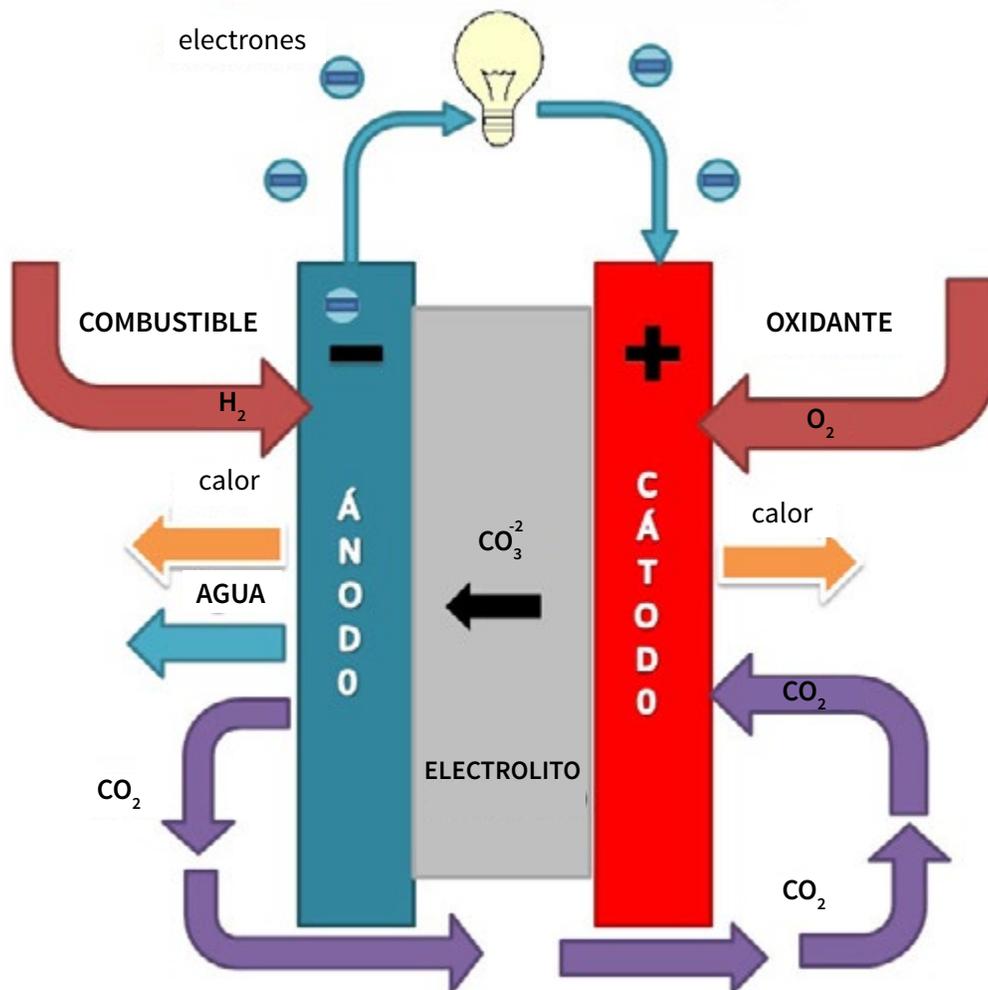
*Las celdas de combustible, también conocidas como pilas o células de combustible, son una aplicación de las reacciones químicas más rápidas en ocurrir en la naturaleza, las cuales suceden en milésimas de segundo: las reacciones de óxido-reducción, también llamadas redox, que ocurren de manera tan común como la respiración misma. Han sido utilizadas por la NASA desde los años sesenta. Estas reacciones redox transfieren electrones de una sustancia a otra cuando se aplican dentro de una celda electroquímica por medio de un dispositivo electroquímico, con el cual puede generarse electricidad (celda voltaica o galvánica).*



Las celdas de combustible son un ejemplo de celdas voltaicas secundarias, en las cuales los reactivos originales pueden regenerarse (celdas reversibles). En general, la mayoría de las celdas utilizan al **hidrógeno** como combustible, el elemento gaseoso más abundante del universo, sin embargo, este elemento no se encuentra libre, sino que se encuentra en moléculas como

el agua ( $H_2O$ ) e hidrocarburos ( $C_xH_y$ ). Por tanto, para aislar a la molécula de hidrógeno, se utilizan catalizadores, así como altas temperaturas y presiones. De acuerdo con Simbaña, existe una gran variedad de celdas de combustible, las cuales se diferencian, principalmente, por el electrolito que utilizan y por otras variables como la temperatura de operación, la eficiencia y el rango de potencia.

### Pila de combustible tipo MCFC



## Aplicaciones automotrices

En la actualidad, las aplicaciones de las celdas de combustible han resultado ser muy efectivas, por ello han sido implementadas en industrias como la automotriz, —cuya dependencia de los combustibles fósiles, como fuente de energía, un recurso no renovable, ha quedado en el pasado al utilizar las celdas como una opción más limpia y eficiente— en motores de combustión interna. Según explica Roberto Álvarez, miembro del Comité de Expertos del Laboratorio de Vehículos del Centro Nacional de Hidrógeno (CNH<sub>2</sub>), en una

entrevista con Compromiso Empresarial: “cuatro modelos de vehículos propulsados por hidrógeno se fabrican en masa actualmente: Hyundai Nexó, Hyundai Tucson Fuel Cell, Toyota Miray y Honda Clarity. Estos vehículos cuentan con infraestructura para la recarga del combustible, en este caso hidrógeno, en países como Alemania, Francia, Reino Unido, Bélgica, Noruega, España, además de Japón y Estados Unidos”.



## Perspectiva global

Luego de realizar un análisis de la distribución de los artículos científicos publicados sobre celdas de combustible que utilizan hidrógeno, utilizando la base de datos Scopus, se encontró que los primeros documentos fueron publicados a partir de 1959, mientras que en el 2019 se alcanzó un máximo de publicaciones de 2416 textos. Además, en los primeros 15 días de este 2020 ya se cuenta con 167 artículos científicos.

También se encontró que los países en los que más se ha publicado avances sobre celdas de combustible son: Estados Unidos con 7300 publicaciones, seguido de China (5266), Japón (2583), Alemania (2162), Corea del Sur (1910), Italia (1531), Reino Unido (1508), Francia (1348), Canadá (1344) e India (1215). Cabe señalar que México cuenta con un total de 256 artículos científicos al respecto.



## Ventajas y desventajas

Esta forma de obtener electricidad, mediante celdas de combustible que utilizan hidrógeno, es una de las más limpias, pues el único producto que se obtiene de estas celdas es agua. De acuerdo con Cabot, otro factor a considerar es la eficiencia; en el caso de las celdas de combustible, esta es el doble en comparación con la eficiencia de los motores térmicos.

De acuerdo con Alvarado, la eficiencia de una celda de combustible es mayor que otras fuentes de energía, pues es de un 40 a 85 %, mientras que la de un generador de turbina es de 29-42 %; la de un motor diésel, 35 %; la de una turbina de viento, 25 %; y la de un dispositivo fotovoltaico es de 6-19 %. Por otro lado, el costo de operación y mantenimiento (costo/kW) es cinco veces más económico que los sistemas energéticos mencionados y comparable con el del dispositivo fotovoltaico.

Sin embargo, hay algunos inconvenientes en esta tecnología energética que no radican directamente en la celda de combustible, sino en la obtención del combustible para la celda, ya que, al obtenerse a partir de hidrocarburos se genera  $\text{CO}_2$ , que es un gas de efecto invernadero. Sin embargo, hay muchos proyectos de investigación que centran su interés en mejorar el proceso de obtención del hidrógeno para hacerlo más sostenible con el medio ambiente y también para mejorar el precio del combustible.

Indudablemente, nos encontramos frente a un gran reto tecnológico, para lo cual se requiere mejorar nuestros procesos energéticos, su eficiencia y los costos de mantenimiento en las aplicaciones de estas celdas de combustible, así como reinventar la forma en cómo obtenemos energía. Para ello, es necesario considerar el tener cero emisiones de gases de efecto invernadero.



# Energía nuclear y medio ambiente

*Por Armando Miguel Gómez Torres, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.*

El sostenimiento y/o desarrollo de cualquier economía va de la mano de la capacidad para dotar al país de energía. Para este fin, se necesitan recursos naturales principalmente para el transporte y para generar energía eléctrica de manera segura y constante.

Según Arturo Delfín-Loya, miembro del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), la energía eléctrica es utilizada diariamente en prácticamente todos los hogares e industrias del mundo. La producción de electricidad necesaria para satisfacer la demanda energética es muy alta, y puede ser un serio problema si se carece de alternativas para producirla. Incluso, es posible llegar a una crisis si los peores escenarios se combinan, lo que terminaría afectando gravemente a la población.



Fig. 1. Recursos naturales usados para mover una turbina y producir energía eléctrica.

En la actualidad hay varias tecnologías relacionadas con la generación de energía eléctrica, las cuales tienen asociados riesgos que normalmente se asumen para poder disfrutar de sus beneficios.

En ese sentido es importante destacar que gran parte del área productiva del país necesita un flujo de electricidad de manera constante, es decir, no se puede depender totalmente de fuentes de energía intermitentes como, por ejemplo, las energías renovables. Una línea de producción no se puede detener solo por que dejó de soplar el viento o porque se tiene un día nublado. Lo mismo pasa en una casa habitación en donde el refrigerador, por ejemplo, debe de funcionar independientemente de si es de día o de noche, o de si sopla el viento o no. Otro caso más drástico es un hospital, pues no puede quedar sin electricidad porque tanto equipos como monitores de signos vitales, lámparas quirúrgicas, electrocardiógrafos o desfibriladores, son fundamentales para la salud de los pacientes.

Esto quiere decir que, además de la clasificación en tipos de tecnologías para generar electricidad, también existe una clasificación que se relaciona con la capacidad de cada tecnología para cubrir la demanda energética. A las tecnologías que generan electricidad de manera constante se les llama tecnologías de carga base y como su nombre lo indica, son las que sirven de base para el desarrollo de cualquier economía. Por otro lado, las energías intermitentes, sin ser menos importantes, ayudan a cubrir la demanda en algunos momentos del día, trayendo consigo beneficios económicos y ambientales, pero por su naturaleza intermitente tienen la limitante de no poder generar electricidad todo el tiempo, por lo que se les llama tecnologías de carga media o pico.

La energía de carga base, es decir, la que se genera de manera permanente y, que ya se dijo es fundamental para el sostenimiento de la economía, se puede producir básicamente de dos maneras: en plantas termoeléctricas que queman continuamente combustible fósil (carbón, gas,

petróleo, etcétera) y en las plantas nucleares que hacen uso de la energía acumulada en el núcleo del átomo. Por ello, cualquier país del mundo necesita tener alguna de estas opciones o una combinación de ambas para mantener su desarrollo y dotar de electricidad de carga base a la industria y a la población en general.

Estas dos opciones, tienen ventajas y desventajas como cualquier tecnología porque siempre hay un riesgo asociado. Sin embargo, es importante destacar que, ante los problemas ambientales que enfrenta el mundo con el calentamiento global, **la única tecnología de carga base que no emite gases de efecto invernadero es la energía nuclear.**

La energía nuclear se puede entender como la energía que se encarga de mantener unido al núcleo de un átomo. Debe ser capaz de mantener unidas partículas de igual carga (protones) que, dada la Ley de Coulomb, tienden a repelerse.

Dentro de las muchas reacciones nucleares se encuentra la fisión nuclear. Para entender la fisión movámonos del micro mundo al mundo común.

Consideremos que tenemos una naranja con un peso de 50 gramos, si partimos la naranja y pesamos ambas mitades juntas, esperaríamos tener de nueva cuenta una medida de 50 gramos.

Sin embargo, si en lugar de una balanza de supermercado usáramos un instrumento de medición mucho más sofisticado, notaríamos que, en lugar de los 50 gramos, tal vez tendríamos 49.9 gramos, es decir, notaríamos un faltante de 0.1 gramo. Si analizamos el caso, la masa faltante se puede atribuir al zumo que brota de la fruta y que se pierde al entrar en contacto con el cuchillo.

En la fisión pasa algo similar, algunos núcleos (como el uranio o plutonio) son capaces de absorber un neutrón, el cual les producirá una fisión (se parte), como resultado se producen dos fragmentos grandes (productos de fisión) y del orden de dos a tres neutrones. Si tuviéramos la

capacidad de medir las masas, notaríamos que la suma de la masa de todos los productos de la fisión es menor a la masa del núcleo original más el neutrón que causó la fisión. Este faltante se llama defecto de masa y será este defecto de masa el que se transforma en energía, pero ¿cuánta energía? Para contestar esta pregunta basta con traer al texto una de las más famosas fórmulas de Albert Einstein:  $E=mc^2$ . Esto quiere decir que si se desea saber cuánta energía se obtendría bastaría multiplicar el defecto de masa por la velocidad de la luz (300 mil km/seg) al cuadrado.

¿Te puedes imaginar la cantidad de energía que se liberaría con un kilogramo de masa transformada en energía? ¡Es enorme! Pues bien, esta energía es la que se usa en un reactor nuclear para calentar agua que se transformará en vapor para mover un turbogenerador encargado de producir energía eléctrica. Pero ¿cómo es posible entonces tener suficientes fisiones para mantener la producción de energía? Recordemos que en la fisión además de los dos fragmentos se emiten neutrones. Estos neutrones serán los encargados de inducir fisiones adicionales que seguirán emitiendo neutrones. Así, por ejemplo, una vez que se presenta una fisión se emiten tres neutrones que producirán a su vez tres fisiones adicionales que resultarán en la emisión de nueve neutrones para seguir fisionando y así sucesivamente hasta tener 27, 81, 243, etc. A esto se le denomina reacción en cadena y es la que se encarga de mantener, como una constante, la producción de calor en un reactor nuclear, lo anterior de acuerdo con Gómez-Torres, experto en energía nuclear del ININ.

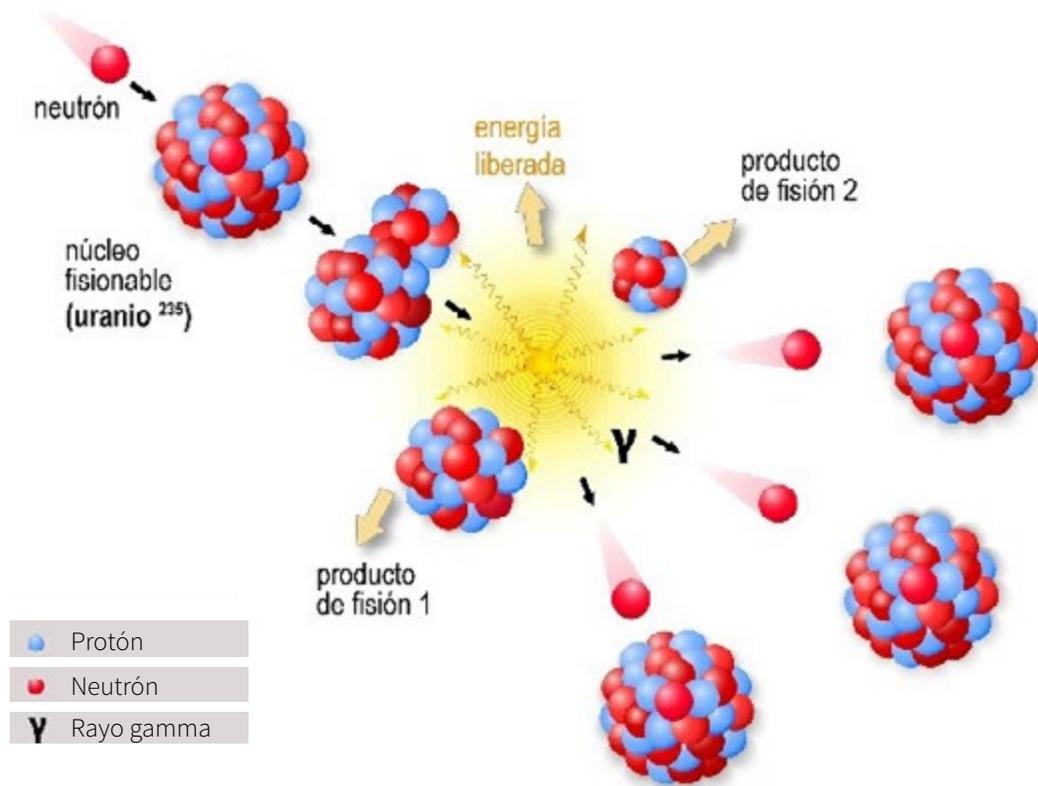


Figura 2. Fisión nuclear.

El combustible de un reactor nuclear, como el de la Central Nuclear Laguna Verde, la única central nuclear de México está compuesto de dióxido de uranio (UO<sub>2</sub>) en la forma de pastillas cilíndricas de un diámetro aproximado de un centímetro (para fines prácticos, imaginemos dos aspirinas una arriba de la otra).

Figura 3. Pastilla de dióxido de uranio UO<sub>2</sub>.

Esta pequeña pastilla de UO<sub>2</sub> es capaz de producir la misma energía que 480 metros cúbicos de gas natural o de casi una tonelada de carbón o de

564 litros de petróleo. De esta forma, un reactor nuclear con este combustible (miles de pastillas apiladas en tubos de circonio, Zr) es capaz de producir energía por un año y medio (en el caso de los reactores de la Central Nuclear Laguna Verde) sin necesidad de recargar combustible.

Figura 4. Equivalencia de la energía de una pastilla de UO<sub>2</sub> comparada con otros combustibles fósiles.

El combustible nuclear es altamente energético, es más, es el más energético de los combustibles utilizados para producir electricidad. Sin embargo, tiene una ventaja aún mayor, el proceso de fisión no produce gases de efecto invernadero, los cuales son los causantes del calentamiento global del planeta.

Pero entonces ¿la energía nuclear produce desechos? Claro que los produce, de hecho, son productos de fisión radiactivos que deben tener un manejo muy estricto. Esto es quizás el tema más polémico de la energía nuclear y es el argumento favorito de sus detractores.

No obstante, el tema de los desechos podría también entenderse como el argumento más favorable de la energía nuclear, si bien los combustibles gastados son radiactivos y peligrosos estos se encuentran siempre contenidos de manera segura y vigilada, muy contrario a los desechos de las plantas eléctricas que queman combustibles fósiles como carbón, gas o petróleo.

El hecho de que el combustible nuclear sea altamente energético es una ventaja adicional en cuanto a la cantidad de desechos generados, pues la cantidad de combustible nuclear gastado es muy inferior a la cantidad de desechos de la industria fósil.

Si recordamos que una pastilla de UO<sub>2</sub> del tamaño de dos aspirinas, con un peso aproximado de 8.57 gr (0.00857 Kg) produce la misma energía que casi una tonelada de carbón, nos podemos dar cuenta que la cantidad de desechos seguirá una regla similar, es decir, un kilogramo de combustible nuclear gastado equivale a 10 mil kilogramos de desechos de carbón (cenizas y gases de efecto invernadero) aproximadamente.

En el mundo operan aproximadamente 450 reactores nucleares produciendo alrededor del 12 % de la energía eléctrica que se consume a nivel mundial. La población de México es de 132 millones 159,000 habitantes y diario se incrementa con 2,450 personas más al censo.

El consumo de energía de esta población proviene principalmente de combustibles fósiles [Fuente: Sistema de Información Energética y PRODESEN, SENER], lo que resulta en la emisión anual de 127 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera. En cuanto al resto, el 5.165% de la energía eléctrica consumida proviene de los tres principales recursos renovables: geotérmica, eólica y solar. Únicamente un 4 % proviene de la energía nuclear.

Es importante destacar que el bajo porcentaje de contaminación de la energía nuclear representa grandes ventajas ambientales, pues la electricidad generada por medios nucleares evita en México la emisión anual de 45 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al ambiente (el equivalente anual a las emisiones de 9 millones de automóviles). Esto se traduce en evitar miles de muertes por enfermedades en vías respiratorias que se presentan por la contaminación ambiental debida, entre otras cosas, al uso de plantas que queman combustible fósil.

Por otro lado, las energías renovables requieren una gran extensión de terreno para generar energía eléctrica. Una muestra de ello, es que para reemplazar una central nuclear como la de Laguna Verde (~1500 MWe), se requeriría llenar una superficie de aproximadamente 4 mil 440 campos de fútbol como el estadio Azteca, con paneles solares. Y si se colocaran aerogeneradores, serían mil 740 campos de fútbol, lo que deja inservibles grandes extensiones de terreno, que podrían usarse para campos de cultivo o para reservas naturales.



Figura 5. Equivalencia en estadios de futbol para reemplazar a una planta nuclear con renovables.

Es claro que vivir con comodidad representa asumir repercusiones de distintos tipos, pues los avances tecnológicos son así, implican riesgos y beneficios. Sin embargo, en la actualidad se hacen esfuerzos importantes para producir energía limpia que esté disponible, accesible y que sea económica, para ser utilizada como carga base, por lo que la energía nuclear es

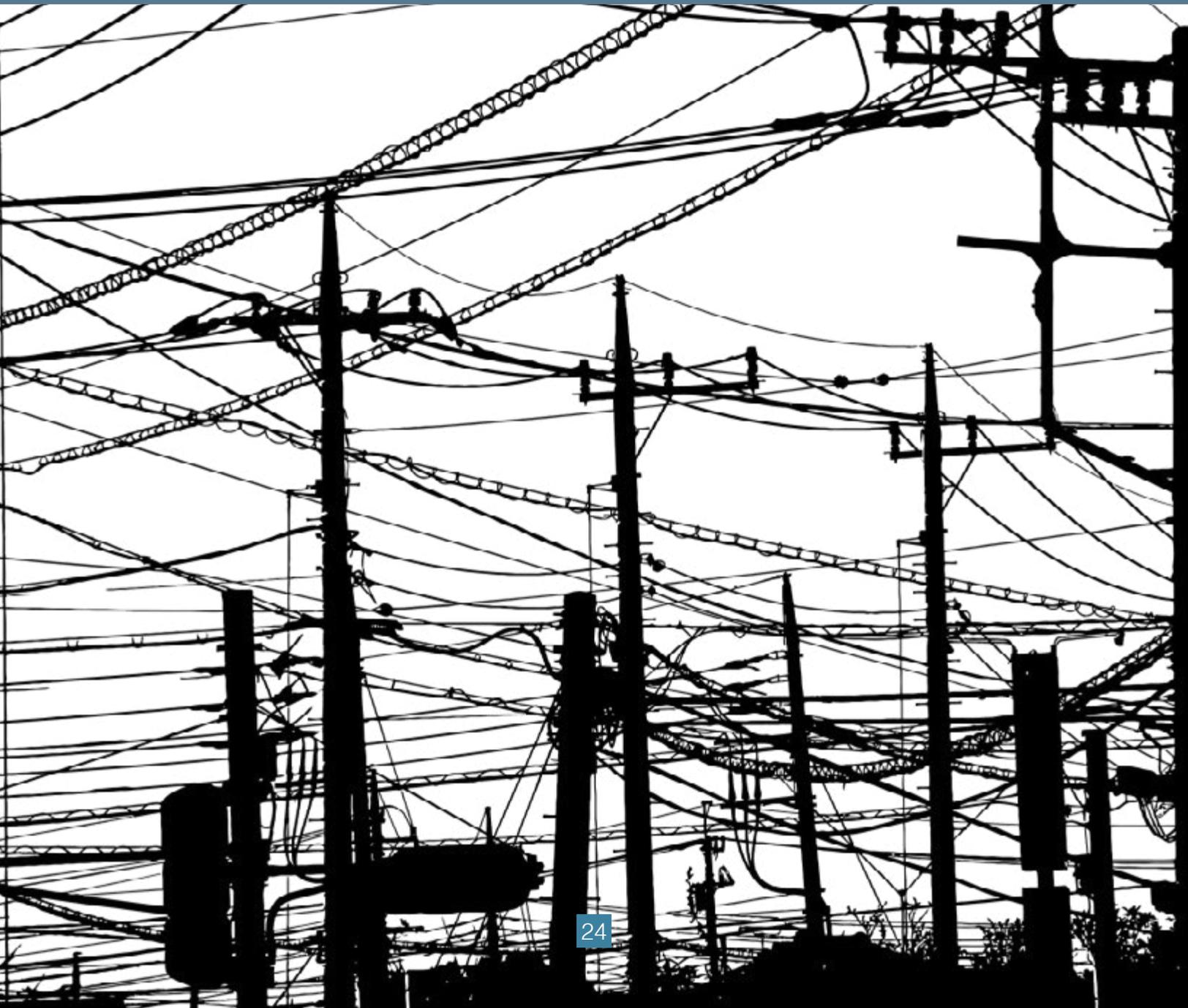
la única fuente de carga base limpia a nivel mundial en estos momentos y ningún país, mucho menos México debe descartarla.

La energía nuclear junto con las energías renovables (cuya intermitencia no les permite ser de carga base) deben ser los ejes motores de una red eléctrica amigable con el ambiente.

## Para reflexionar

- **¿Te has puesto a pensar en donde están los desechos de las plantas termoeléctricas que queman combustibles fósiles?** La respuesta es que están en tus pulmones, en los de tus papás, amigos y hermanos. Respiramos esos contaminantes a cada momento y además de ser causantes de muchísimas muertes por enfermedades respiratorias, también son los causantes del calentamiento global del planeta.
- La electricidad generada por medios nucleares en México evita la emisión anual de 45 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al ambiente (el equivalente anual a las emisiones de 9 millones de automóviles).
- El hecho de que el combustible nuclear sea altamente energético es una ventaja adicional en cuanto a la cantidad de desechos generados, pues la cantidad de combustible nuclear gastado es muy inferior a la cantidad de desechos de la industria fósil.

# Algoritmo basado en el forrajeo de bacterias para la optimización de un *smart grid*





Por *Betania Hernández-Ocaña*<sup>1</sup>, *Oscar Chávez-Bosquez*<sup>1</sup>, *José Hernández-Torruco*<sup>1</sup>, *Edgar A. Portilla-Flores*<sup>2</sup>, *Luis G. Montané Jiménez*<sup>3</sup>, *Margarita I. Hernández-Hernández*<sup>1</sup>, *Jorge J. Brito-Ríos*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, DAIS, Tabasco, México*

<sup>2</sup> *Instituto Politécnico Nacional, CIDETEC, Ciudad de México, México*

<sup>3</sup> *Universidad Veracruzana, FEI, Xalapa, México*

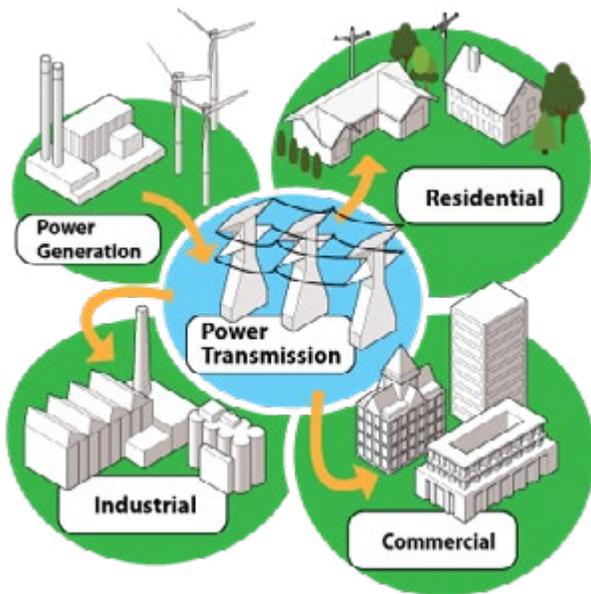
## Introducción

Debido al gran consumo de la energía eléctrica causado por la alta densidad demográfica que ha alcanzado nuestro planeta, a la preocupación del cambio climático por los altos índices de contaminación a causa del uso de aparatos eléctricos que emiten dióxido de carbono y a las fuentes de generación de energía eléctrica que pueden ser renovables o no renovables, se requiere del control y administración del consumo de energía eléctrica.

Entre algunas medidas que se han tomado se encuentran las Smart Grids. Éstas son una herramienta tecnológica que permite un mejor desempeño de la energía eléctrica de manera inteligente (autónoma). Además, integra en una red las acciones de los usuarios y consumidores que se encuentran conectados a ella de manera inteligente, con el fin de conseguir un suministro eléctrico, seguro y sostenible.

La implementación generalizada de esta tecnología podría incidir en la reducción de los precios para todos los consumidores y reducir las emisiones de carbono por medio del mejoramiento de la eficiencia, de la respuesta a la demanda y de la gestión de la carga de la red eléctrica.

México ha puesto en marcha mecanismos para disminuir las emisiones contaminantes derivadas de la generación y el uso de la energía. Desde el punto de vista de la producción, uno de los principales objetivos de la Reforma Energética es que nuestro país utilice combustibles más limpios y mejores tecnologías.



En esta lógica se inscriben los esfuerzos para sustituir el diésel y el combustóleo por gas natural en la generación de electricidad, al igual que el ingreso de empresas que utilicen procesos menos contaminantes para la extracción y transformación del petróleo.

El Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo (CIDETEC) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) está trabajando en el desarrollo de modelos matemáticos para las *Smart Grids* y uno de ellos es propuesto como un problema de optimización que calcula las potencias óptimas de una red de dispositivos de generación de energía para suministrar a una carga durante un periodo de 24 horas. En esencia, cada hora se resuelve un problema de optimización de acuerdo a las condiciones de la red y restricciones de operación de la misma. Al final se tiene una gráfica de las potencias óptimas y la suma de las 24 funciones objetivo en la cual se propone qué solución es mejor utilizar.

Este tipo de problemas de optimización son complejos y aunque por programación matemática pueden resolverse, puede resultar complicado y caótico implementarla. Actualmente existen las metaheurísticas, herramientas que

permiten resolver problemas de optimización con o sin restricciones, combinatorios o numéricos de manera aproximada, es decir, generan una o más soluciones factibles cercanas al óptimo. Un problema de optimización es también conocido como un problema general de programación no-lineal.

Los algoritmos bio-inspirados forman parte de las metaheurísticas y se dividen en dos grandes grupos:

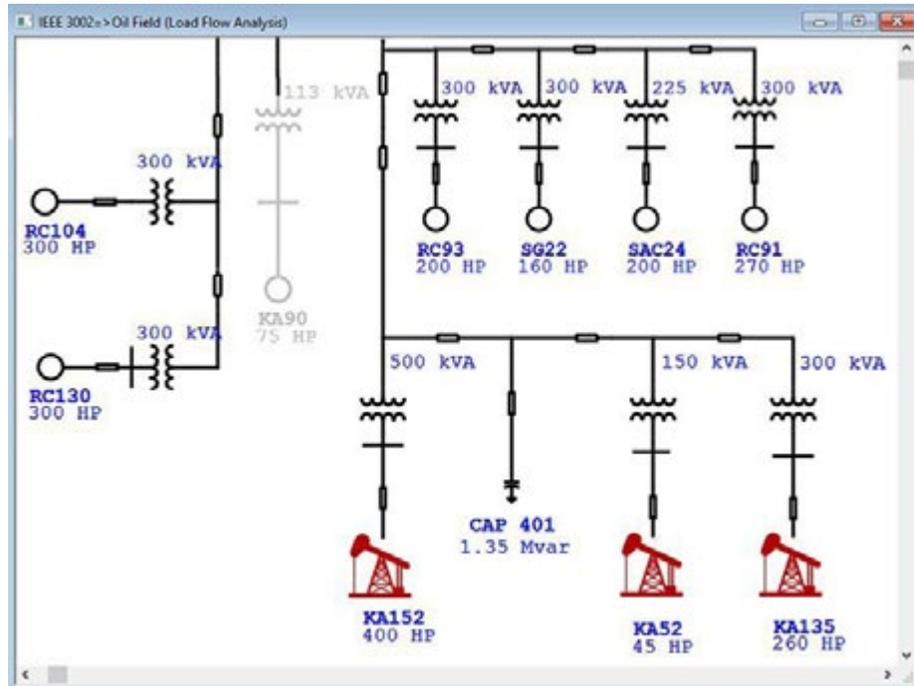
- 1) los Algoritmos Evolutivos (AEs), cuyo funcionamiento se basa en emular el proceso de evolución natural y la supervivencia del más apto y
- 2) los Algoritmos de Inteligencia Colectiva (AICs) que basan su funcionamiento en comportamientos sociales y cooperativos de organismos simples e inteligentes como insectos, aves y bacterias.

A partir de las ideas iniciales de Bremermann, en el año 2002 Passino propone un AIC llamado Algoritmo de Optimización del Forrajeo de Bacterias (BFOA, por las siglas en inglés de Bacterial Foraging Optimization Algorithm), en el cual cada bacteria E.Coli trata de maximizar su energía obtenida por unidad de tiempo empleada en el proceso de forrajeo, donde también evade sustancias nocivas. Más aún, las bacterias se pueden comunicar entre sí mediante la segregación de sustancias.

En BFOA se tienen cuatro procesos principales:

- (1) quimiotaxis (nado-giro),
- (2) agrupamiento,
- (3) reproducción y
- (4) eliminación/dispersión.

Las bacterias son soluciones potenciales al problema y su ubicación representa los valores de las variables de decisión del problema. Las bacterias pueden moverse (generar nuevas soluciones) mediante el ciclo quimiotáxico; se genera además un movimiento mediante



la atracción que ejercen soluciones en zonas prometedoras del espacio de búsqueda, se permite la reproducción de las mejores soluciones y finalmente se eliminan del cúmulo aquellas bacterias localizadas en zonas de baja calidad.

En lo referente a propuestas de solución de instancias del problema de optimización global con restricciones, en 2009 se propuso una versión simplificada de BFOA llamada **Algoritmo de Optimización del Forrajeo de Bacterias Modificado** (MBFOA, por sus siglas en inglés).

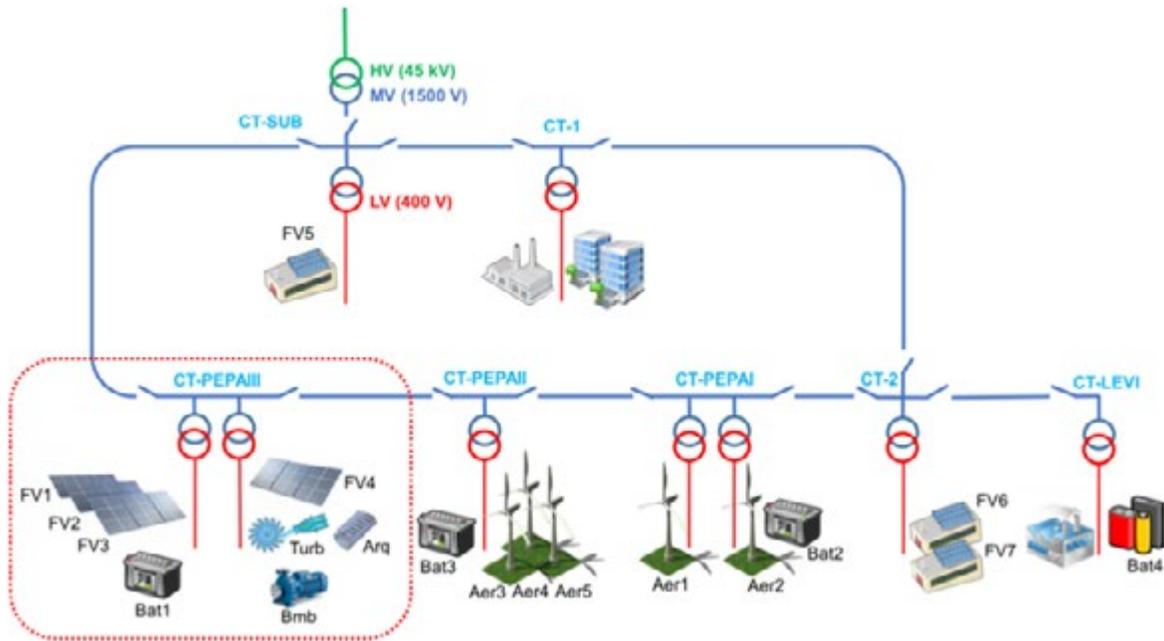
En MBFOA se tiene un mecanismo para el manejo de las restricciones basado en Reglas de factibilidad, las cuales consisten en:

- Entre dos soluciones factibles, aquella con el mejor valor de la función objetivo es seleccionada.
- Entre una solución factible y otra no factible, la factible es seleccionada y
- Entre dos soluciones no factibles, aquella con la menor suma de violación de restricciones es seleccionada.

Por último, una disminución de parámetros respecto a los del BFOA original. Además MBFOA se aplicó a un conjunto de problemas de diseño en ingeniería química y mecánica obteniendo resultados competitivos.

Por otro lado, MBFOA se aplicó a la resolución de un problema de diseño mecánico bi-objetivo en presencia de restricciones. Una propuesta más reciente basada en MBFOA usa un operador similar al de mutación (usado en AEs) como operador de nado dentro del proceso quimiotáxico, además del uso de un nado aleatorio en este mismo proceso y un mecanismo de sesgo para la población inicial basado en el rango de las variables también fue anexado.

Esta propuesta es llamada TS-MBFOA (por sus siglas en inglés). En este artículo se propone utilizar la metaheurística TS-MBFOA para minimizar la **Smart Grid** o Red de Energía Eléctrica Inteligente propuesta por el CIDETEC-IPN, puesto que en el estado del arte no se reportan trabajos similares usando este algoritmo, sin embargo, se han utilizado AEs para resolver instancias relacionadas con los SmartGrids.



Este documento está organizado de la siguiente manera: En la Sección 2 se presenta el modelado matemático del Smart Grid. En la Sección 3 se describe brevemente a TS-MBFOA. En la sección 4 se presentan los resultados obtenidos y la discusión de éstos. Por último en la Sección 5 se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

## Smart grids

Las redes de distribución eléctrica suelen alcanzar su máxima capacidad de operación y además deben adaptarse a ciertos cambios del medio ambiente que influyen en su funcionamiento. Esta problemática se soluciona mediante el uso de Generadores Distribuidos (GeDis) que permiten la explotación de Fuentes de Energía Renovable (FER); en este caso eólica y solar, y alternativa, que se refiere a los combustibles.

A pesar de que los GeDis solucionan la problemática planteada, al introducir el uso de energías renovables surge el reto de su administración, que se vuelve complicado debido a la fuerte intermitencia que presentan dichas energías a causa de la climatología.

Las microrredes (MRs) permiten coordinar los GeDis para proporcionar electricidad de forma exitosa, lo cual las convierte en soluciones fiables para el reto mencionado. Una MR suele estar conformada por Sistemas de Almacenamiento de Energía (SAE), sistemas de generación híbrida a partir de FER y unidades de generación convencional a partir de combustibles como el diésel.

En términos monetarios, los SAE son muy costosos y deben operarse de forma segura, garantizando que tengan una larga vida útil. Adicionalmente, las unidades de generación convencional tienen un alto costo de operación debido a la logística necesaria para transportarlas y a los materiales con los que están construidas. Es por esto, que los GeDis deben gestionarse de forma óptima para el funcionamiento de las MRs. En este caso de estudio, se debe optimizar la generación de energía en una MR que se encuentra en un lugar Remoto No Interconectable (RNI). En estos lugares, rurales en la mayoría de los casos, la generación de energía se consigue a través de generación híbrida de potencia en donde se emplean FER, generación convencional con diésel y SAE.



El reparto de potencias para suministrar energía a la carga de una Microrred Remota No Interconectable (MR-RNI), se calcula como una función de despacho económico usualmente empleada para generadores de gran escala de potencia [19], en donde se establece una función de costo a minimizar sujeta a restricciones de capacidad de los generadores y de balance entre la carga generada y demandada.

### Microrred Remota No Interconectable (MR-RNI)

La MR-RNI está conformada por un conjunto de cargas y un sistema híbrido de generación de potencia que a su vez se compone de un sistema de Generación Eólico (GE), un sistema de Generación Solar Fotovoltáico (GSF), un Generador de Diésel (GD) y un SAE. Las variables de control son las potencias de los generadores y el SAE, y fungen como entradas del sistema de optimización. Las salidas de control, son el reparto de carga por cada generador y el costo de generación.

## Conclusiones

En este trabajo un algoritmo basado en el forrajeo de las bacterias E.Coli llamado TS-MBFOA fue implementado para resolver un Problema de Optimización Numérico con Restricciones que busca minimizar un Smart Grid, el cual es una red inteligente de energía que hace uso de generadores distribuidos que permiten la explotación de fuentes de energía renovables como la eólica y solar así como de combustibles, por ejemplo el diésel.

El modelado matemático del Smart Grid fue propuesto por el Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo (CIDETEC) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

En dicho modelo se calculan las potencias óptimas de una red de dispositivos de generación de energía para suministrar a una carga durante un periodo de 24 horas. En esencia, cada hora se resuelve un problema de optimización de acuerdo

a las condiciones de la red y restricciones de operación de la misma.

Al final se tiene una gráfica de las potencias óptimas y la suma de las 24 funciones objetivo en la cual se propone qué solución es mejor utilizar. Dos experimentos fueron diseñados. En el primero, 87 ejecuciones independientes fueron realizadas con diferentes valores a los parámetros del algoritmo con el objetivo de obtener la mejor combinación de valores que permitiera el mejor rendimiento del algoritmo ante tal problema.

Como resultado de este primer experimento se obtuvo que el mejor rendimiento del algoritmo fue encontrado con una población de 10 bacterias, 8 ciclos quimiotáxicos, 5 bacterias a reproducir cada 60 generaciones con un tamaño de paso de 0.015 y un factor de escalamiento de 0.040.

Además se observó que entre mayor era el número de bacterias y ciclos quimiotáxicos más tiempo de ejecución requería el algoritmo. En un segundo experimento, el algoritmo fue ejecutado 30 veces de manera independiente usando para los parámetros los valores obtenidos en el experimento previo.

Los resultados obtenidos fueron comparados contra dos algoritmos evolutivos dando como mejor algoritmo la propuesta TS-MBFOA según las estadísticas presentadas. Como lectura a la mejor solución encontrada por el algoritmo basado en el forrajeo de bacterias, se hizo uso de su gráfica la cual indicó que aunque el generador de diésel (P1) tenga asignación de carga durante todo el día, de las horas 13 a la 19 la energía generada proviene en gran parte de las fuentes de energía renovables como la solar (P3) y eólica (P4), lo cual permite un ahorro monetario significativo en el suministro.

Como trabajo futuro se buscará que TS-MBFOA disminuya el número de evaluaciones para encontrar soluciones altamente competitivas contra otros algoritmos del estado del arte, además de hacer uso de una población normalizada con el fin de disminuir el tiempo de ejecución de dicho algoritmo.

# 14F: Día Mundial de la Energía



*Cada 14 de febrero la comunidad internacional busca impulsar la generación de energía eléctrica a través de fuentes limpias, amigables con el medio ambiente y promover el uso responsable y eficiente de la energía. Te invitamos a conocer más datos sobre este día y otros detalles relevantes sobre las energías limpias en México.*



El **Día Mundial de la Energía** es una iniciativa global iniciada en **1949** apoyada por los estados miembros de las Naciones Unidas.



De acuerdo con el **Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)**, más de un tercio de la población mundial no tiene acceso a las formas avanzadas de energía. De ahí la trascendencia de la conmemoración para hacer conciencia de este día.



La energía es la fuerza vital de las sociedades porque de ella depende la luz que ilumina interiores y exteriores, el calentamiento y refrigeración de casas, el transporte de personas y mercancías, la obtención de alimento y su preparación.



Esta efeméride busca concientizar a la sociedad sobre la importancia del uso racional de energía y de su obtención a través de fuentes limpias que la naturaleza ofrece como el sol y el agua.



La energía influye en el cambio climático del que estamos siendo testigos porque la generación de energía por fuentes no renovables (petróleo, carbón y gas), hasta el momento, ha provocado grandes impactos negativos al medio ambiente y se considera que es la causa de los principales problemas ambientales que a la Tierra.



El **Programa Especial de Transición Energética 2019-2024** presentará, próximamente, las medidas para alcanzar la meta que establece la **Ley de Transición Energética** para que el 35 % de la electricidad del país sea a través de fuentes limpias.



Este **Día Mundial de la Energía** cavila sobre tu consumo de energía y sobre lo que un cambio de hábito favorece al gasto familiar, a la reducción de gases contaminantes y a la preservación de nuestro entorno.



## ¡Participa!

- **Sociedad:** ahorra electricidad y, si puedes, instala paneles solares en tu casa.
- **Iniciativa privada:** en las prácticas de producción y en el lugar de trabajo, transita hacia una economía baja en carbono.
- **Academia:** fortalece la investigación, colabora para crear soluciones innovadoras y apoya en la medición del impacto.
- **Gobiernos:** promueve y facilita un mayor y mejor uso de energía no contaminante.

Fuente: <https://www.gob.mx/agenda2030/articulos/7-energia-asequible-y-no-contaminante>



Reflexionar sobre esta fecha es dar un paso hacia delante para mantener nuestra forma de vida a largo plazo desde la sostenibilidad y cambiar el rumbo del futuro de nuestro planeta.



México se encuentra entre los diez países con mayor inversión en energías renovables con 6 mil millones de dólares de acuerdo con el reporte **2018 Tendencias Globales en Inversiones en Energías Renovables** de UN Environment y Bloomberg New Energy Finance.



# Educación 4.0

*Por Emmanuel Alejandro Merchán Cruz,  
Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior  
de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad  
Azcapotzalco.*

Cuando hablamos de Educación 4.0 estamos hablando de esa revolución que es requerida y urgente en los modelos educativos tradicionales que siguen aún vigentes. El big data, la inteligencia artificial, la robótica y el Internet de las Cosas (IoT) ya están impactando de una forma sin precedentes la industria, la economía, las comunicaciones, la forma de hacer negocios, el mercadeo, los sistemas, la política, entre otros.

Para hablar sobre la Educación 4.0 debemos empezar por mencionar cuáles han sido las revoluciones industriales que el mundo ha vivido y qué es considerado a nivel mundial como la Cuarta Revolución Industrial.

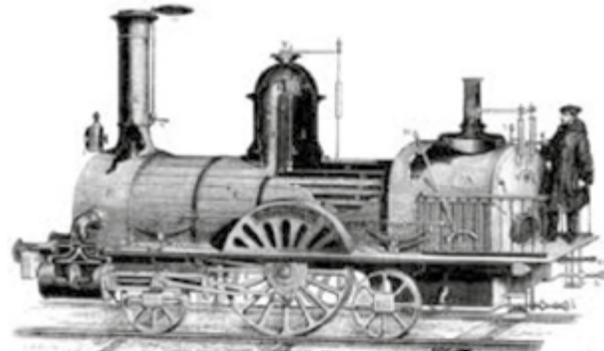




## Revoluciones industriales

### Primera

- Tiene lugar entre los años 1760 y 1840.
- Vio el paso desde una economía rural, basada fundamentalmente en la agricultura y el comercio, a una economía de carácter urbano, industrializada y mecanizada.
- Fue propulsada por la máquina de vapor.



### Segunda

- Tiene lugar de 1870 a 1914.
- El proceso de industrialización mudó de aires su naturaleza y el crecimiento económico varió de modelo.
- Las modificaciones técnicas siguieron ocupando una posición central junto con las innovaciones sistemáticas concentradas, esencialmente, en nuevas fuentes de energía como el gas, el petróleo o la electricidad, así como en nuevos materiales y sistemas de transporte (avión y automóvil) y comunicación (teléfono y radio), los cuales indujeron transformaciones en cadena que afectaron al factor trabajo, al sistema educativo y científico, al tamaño y gestión de las empresas, a la forma de organización del trabajo, al consumo y la política.
- Estuvo marcada por la producción masiva.
- Sentó las bases del mundo moderno.

### Tercera

- Tiene como marco inicial la década de 1950 con el desarrollo de la microelectrónica.
- Comenzó a impulsar también el fenómeno de la transformación digital.
- Marca el inicio del uso de las energías renovables, de las innovaciones en los medios y procesos de almacenamiento de energía como baterías recargables o pilas de hidrógeno; el desarrollo de la red eléctrica inteligente o red de distribución de energía eléctrica permitiendo conectar todo a un solo sistema de gestión o el desarrollo del transporte, especialmente en vehículos eléctricos e híbridos, que utilizan las energías renovables como energía de propulsión.



### Cuarta

- Inició a principios de este siglo y tuvo como base la revolución digital y su desarrollo estaría proyectado hacia la tercera década del siglo XXI.
- La inteligencia artificial es señalada como elemento central de esta transformación, íntimamente relacionada con la acumulación creciente de grandes cantidades de datos (big data), el uso de algoritmos para procesarlos y la interconexión masiva de sistemas y dispositivos digitales.
- A finales del siglo XVII fue la máquina de vapor. Esta vez, serán los robots integrados en sistemas ciberfísicos los responsables de una transformación radical.

## Revoluciones industriales y educación

### Primera Revolución Industrial

- Surgen trabajos especializados.
- Se establecen escuelas profesionales.
- Desarrollo de universidades



### Segunda Revolución Industrial

- Desarrollo de sistemas de entrenamiento multinivel para la industria.
- Estandarización de la educación.
- El prestigio de la educación en ingeniería se incrementa.

### Tercera Revolución Industrial

- Integración y globalización de la educación.
- Desarrollo de la movilidad académica.
- Establecimiento de estándares educativos internacionales.
- Incremento de entrenamiento de especialistas de servicio.



### Cuarta Revolución Industrial

- Individualización y virtualización de la educación.
- Fortalecimiento de la educación multidisciplinaria y basada en proyectos.
- Desarrollo de recursos educativos interactivos.
- Desarrollo de competencias para el mundo digital.
- Detonar procesos centrados en la innovación.





## Educación 4.0



- Los estudiantes de esta época deben estar preparados para las nuevas dinámicas que estamos viviendo, eso significa que les conviene tener una serie de destrezas y habilidades que les permita ser competitivos y adaptarse a los constantes cambios. Algunas de esas destrezas son la capacidad de resolver problemas complejos, el trabajo en equipo, la comunicación, la adaptabilidad, la inteligencia emocional, el pensamiento crítico, el cuidado del ambiente y el pensamiento computacional.
- Con la Cuarta Revolución Industrial se busca generar entornos 4.0 donde las áreas del conocimiento en las que acostumbran trabajar los científicos y los ingenieros, ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM).
- La educación 4.0 no está centrada primariamente en los contenidos, está centrada en hacer alumnos competentes, aquellos que saben, que saben hacer o aplicar y que saben ser.
- La educación 4.0 debe potenciar y satisfacer los requerimientos que estamos viviendo en esta Cuarta Revolución Industrial entendiendo la innovación y las tendencias y, a partir de ahí, preparar a los estudiantes para ser exitosos en este mundo globalmente conectado y tecnológico.
- La educación 4.0 es una respuesta a la industria 4.0 y coloca al estudiante en el centro del ecosistema de la educación superior.



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**

**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Comunidad DCSBA es una publicación bimestral de la División de Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales de la Universidad Abierta y a Distancia de México. AV. Universidad 1200 colonia Xoco, Alcaldía Benito Juárez, CP 0330, CDMX. Tel. (01) 55-47-80-24-00 Ext. 69123 Correo electrónico: comunidad.dcsba@nube.unadmexico.mx. Página electrónica: <https://www.unadmexico.mx/index.php/boletin-dcsba> Editora responsable: DCSBA. ISSN **en trámite**, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Derechos Reservados 2019 Universidad Abierta y a Distancia de México/División de Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales. La Universidad Abierta y a Distancia de México es titular de todos los derechos de propiedad intelectual e industrial de sus publicaciones periódicas, publicaciones en web y publicaciones en medios impresos, así como del contenido de las mismas, incluido pero no limitado a texto, fotografía, video o audio para componer sus artículos, reportajes o investigaciones así como logotipos, marcas, dibujos, combinaciones de colores, estructura y diseños usados, de los cuales es autor o titular derivado. El contenido descrito con anterioridad y las obras de Derechos de Autor se encuentran íntegramente en **proceso de trámite**.

