

REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES EN MÉXICO

Mónica del Carmen Olivarría González¹, Brandon Gutiérrez Rochin¹, Jesús Arturo Llamas Domínguez¹, Alejandro Carrillo Colado¹

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática Mazatlán (MÉXICO)

Resumen

Una red eléctrica avanzada es una infraestructura moderna respaldada por sistemas de comunicación bidireccional, que permiten a proveedores y consumidores acceder a datos en tiempo real sobre el suministro, la demanda y los precios de la energía. Además, integra fuentes de energía distribuidas, como la solar, la eólica y la térmica, a través de microrredes. Estas redes inteligentes constan de componentes clave: microrredes, contadores inteligentes, energía renovable y vehículos eléctricos enchufables. La creciente demanda de electricidad ha expuesto las limitaciones de las redes convencionales, incluidas las pérdidas de energía y la falta de integración de fuentes renovables, para enfrentar estos desafíos, México está implementando Redes Eléctricas Inteligentes (REI) que mejoran la eficiencia y la resiliencia energética, y reducen las emisiones. Las REI se basan en cuatro pilares: comunicación avanzada, automatización, integración de energías renovables y gestión de la demanda, que ofrecen beneficios como eficiencia energética, confiabilidad y empoderamiento del consumidor. La implementación de REI en México busca mejorar la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico, integrar energías renovables y reducir emisiones, marcando avances en la modernización del sistema eléctrico del país. La investigación en este campo es esencial para conocer los desafíos energéticos modernos y avanzar hacia una red eléctrica más eficiente y sostenible, que reduzca la huella de carbono. Las REI son fundamentales en esta transición, ya que permiten la recopilación y el uso de datos en tiempo real, la integración de fuentes de energía renovables descentralizadas y la gestión de microrredes, promoviendo la sostenibilidad y la eficiencia.

Palabras clave: Automatización, eficiencia energética, energía renovable, medidores inteligentes, REI, sostenibilidad.

Abstract

An advanced electrical grid is a modern infrastructure supported by bidirectional communication systems, enabling providers and consumers to access real-time data on energy supply, demand, and prices. Additionally, it integrates distributed energy sources such as solar, wind, and thermal through microgrids. These smart grids consist of key components: microgrids, smart meters, renewable energy, and plug-in electric vehicles. The growing demand for electricity has exposed the limitations of conventional grids, including energy losses and the lack of renewable energy integration, to address these challenges, Mexico is implementing Smart Grids (SG) that enhance energy efficiency and resilience while reducing emissions. SG is built on four pillars: advanced communication, automation, renewable energy integration, and demand management, they offer benefits such as energy efficiency, reliability, and consumer empowerment. SG in Mexico aims to improve the quality and reliability of the electrical supply, integrate renewable energies, and reduce emissions, marking progress in the modernization of the country's electrical system. Research in this field is essential to address modern energy challenges and advance toward a more efficient and sustainable electrical grid that reduces the carbon footprint. SG plays a fundamental role in this transition, as it enables the collection and use of real-time data, the integration of decentralized renewable energy sources, and microgrid management, promoting sustainability and efficiency.

Keywords: Automation, energy efficiency, renewable energy, smart meters, smart grids, sustainability.

1 INTRODUCCIÓN

Una red eléctrica avanzada se distingue por ser una infraestructura eléctrica moderna respaldada por sistemas de comunicación de doble vía. Esto significa que, a través de estas redes de comunicación, los proveedores de servicios pueden obtener información en tiempo real sobre la oferta y la demanda de

energía. De manera análoga, los consumidores también tienen acceso inmediato a datos sobre los precios de la energía, lo que les permite utilizar la energía de manera más eficiente y, en última instancia, reducir el costo global de su consumo energético. Además de las redes de comunicación, se integran diversas fuentes de generación de energía distribuida, como la energía solar, eólica y térmica combinada, para aplicar estrategias de gestión de energía distribuida. Estas unidades de generación distribuida se conocen como microrredes [1].

Durante las últimas décadas, la necesidad de electricidad ha ido en aumento, en gran parte debido al crecimiento demográfico y el posterior aumento del consumo de electricidad. Sin embargo, como la infraestructura eléctrica convencional está mostrando signos de obsolescencia, se ha hecho necesario aplicar avances tecnológicos para mejorar las condiciones de la red eléctrica. Actualmente, la mayoría de los métodos utilizados para generar energía, especialmente electricidad, son insostenibles porque generan un flujo constante de dióxido de carbono que contribuye al calentamiento global. La red eléctrica tradicional enfrenta diversos desafíos como picos de demanda, integración de fuentes de energía renovables, reducción de pérdidas de energía, mejora de la calidad del servicio y eficiencia energética, entre otros [2].

Con el fin de asegurar que la implementación de las REI en México sea rentable, eficiente y efectiva, en agosto de 2016, la Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE), realizaron un foro con la participación de expertos internacionales. El objetivo principal de este evento fue compartir experiencias internacionales, lecciones aprendidas y mejores prácticas emergentes relacionadas con el desarrollo de redes inteligentes. Además, se buscaba facilitar un intercambio de perspectivas sobre las implicaciones técnicas y promover el diálogo entre diferentes organizaciones. En este sentido, se logró establecer una visión común de largo plazo para las instituciones mexicanas involucradas en la modernización del sistema eléctrico, tomando como inspiración las experiencias y resultados obtenidos en otros países [3].

Una REI se caracteriza por su capacidad de recopilar y utilizar datos en tiempo real sobre la oferta y la demanda de energía, lo que permite a proveedores y consumidores tomar decisiones informadas y utilizar la energía de manera más eficiente. Además, la integración de fuentes de energía descentralizadas como la solar y la eólica, así como la gestión de microrredes, contribuyen a la sostenibilidad y la reducción de emisiones. El objetivo central de esta investigación es analizar la situación actual en México en comparación con otros países, de igual forma se busca investigar la realidad respecto a la transición hacia un sistema eléctrico más eficiente, sostenible y adaptado a las necesidades del siglo XXI.

1.1 Redes Eléctricas Convencionales

Las redes eléctricas tradicionales en México comprenden una infraestructura que abarca la producción, transmisión y entrega de electricidad en el país. Estas redes están meticulosamente diseñadas para proporcionar energía eléctrica de manera eficiente y confiable a una amplia gama de destinatarios, incluyendo hogares, industrias, comercios y otras instalaciones. Este sistema involucra varias etapas, que comienzan con la generación de electricidad, seguida por su transmisión a través de líneas de alta tensión, luego su distribución a través de redes de distribución a niveles locales, seguido por el consumo de electricidad por parte de los usuarios finales. Todo este proceso está regulado para garantizar un funcionamiento seguro y equitativo. Las redes eléctricas convencionales se enfrentan a una serie de desafíos y limitaciones, lo que ha impulsado la búsqueda constante de soluciones y mejoras en el sector eléctrico [3].

La transición hacia redes inteligentes implica un uso extensivo de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y sistemas de control innovadores, lo que permite diversas aplicaciones inteligentes y automatizadas, como la automatización de edificios, la automatización de la distribución, la gestión de interrupciones y contingencias, y la integración de vehículos eléctricos [4].

En este sentido, evolucionar hacia las REI se fundamenta en una serie de ventajas que buscan enriquecer la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad de los sistemas eléctricos. Entre las razones más destacadas para adoptar las REI se incluyen la mejora de la eficiencia energética, la integración de fuentes de energía renovable, la reducción de las emisiones de carbono, el fortalecimiento de la confiabilidad, la optimización de la demanda, el perfeccionamiento de la seguridad cibernética, el incremento en la capacidad de almacenamiento de energía, la disponibilidad de información en tiempo real, la optimización de activos y la implementación de mantenimiento predictivo, así como la mejora en la calidad del servicio. Pero por otro

lado se tienen limitaciones importantes, como la pérdida de energía, variabilidad en la generación de electricidad, dificultades en la incorporación de fuentes de energía renovable, la necesidad de fortalecer la resiliencia ante desastres, capacidad limitada de las infraestructuras, envejecimiento de la infraestructura existente, problemas de congestión, preocupaciones en cuanto a seguridad cibernética, el impacto medioambiental, y no menos importante, la regulación y políticas que rigen este ámbito [3].

1.2 Redes Eléctricas Inteligentes

Las REI son un concepto que ha tomado fuerza con el paso del tiempo y la necesidad del uso de nuevas tecnologías, con base en lo anterior, estas no se pueden definir de manera precisa por las distintas definiciones que existen acerca de las REI, pero en términos generales se puede decir que este tipo de redes tienen como finalidad conseguir que el sistema eléctrico funcione de manera eficiente, sostenible y económica para lograr el abastecimiento de la electricidad, este tipo de redes se caracterizan por un flujo bidireccional de energía y comunicación [5].

Por lo tanto, las REI son aquellas que incluyen monitoreo de la red en tiempo real, respuesta a la demanda, mejora de la eficiencia energética, mayor capacidad de alojamiento, aplazamiento de las actualizaciones de la red y algoritmos de auto reparación, etc. [6]. Las REI, forman parte de un proyecto que busca desarrollar una red eléctrica que pueda integrar de manera inteligente las acciones de todos los usuarios conectados a ella, incluidos los generadores, los consumidores y aquellos que realizan ambas acciones para entregar de manera eficiente el suministro de electricidad sostenible, económico y seguro, que por ende mejorará la calidad de servicio del suministro, de acuerdo con los avances de la era digital [7].

1.2.1 Los 4 pilares de las REI

Las REI se apoyan en cuatro elementos esenciales para transformar la infraestructura eléctrica convencional. Primero, la **Comunicación y Automatización**, mismas que se destacan como pilares fundamentales. La comunicación bidireccional entre los componentes de la red permite la recopilación de datos en tiempo real, mejorando la capacidad de respuesta a interrupciones y facilitando la gestión eficiente de la demanda. En segundo lugar, la **Medición Avanzada**, con la implementación de medidores inteligentes se proporciona información detallada sobre el consumo de energía, empoderando a los usuarios en la toma de decisiones informadas y ayudando a las empresas eléctricas a detectar problemas y gestionar la carga de manera más efectiva. El tercer pilar es la **Gestión de Energía Distribuida**, que permite la integración de fuentes de energía renovable a pequeña escala, sistemas de almacenamiento de energía y vehículos eléctricos. Finalmente, el **Análisis de Datos y Control**, con la recopilación masiva de datos se requieren análisis avanzados para tomar decisiones fundamentales, los sistemas de control y análisis de datos permiten la optimización de la operación de la red y mejoran la respuesta a situaciones de emergencia. En conjunto, estos pilares conforman las bases de las REI, resultando en una red eléctrica más eficiente, confiable y adaptable a las necesidades cambiantes de la sociedad y el medio ambiente [3].

1.3 Tecnologías en las REI

- **Medidores inteligentes (Smart Meters)**

Los medidores eléctricos inteligentes son dispositivos avanzados que miden y registran el consumo de electricidad en tiempo real, permitiendo una comunicación bidireccional entre los usuarios y las compañías eléctricas. Fabricantes a nivel mundial emplean diversas tecnologías de telecomunicaciones para adaptarse a las necesidades de diferentes sectores, incluyendo el residencial e industrial [8].

- **Sensores y dispositivos de monitorización**

En las redes eléctricas son instrumentos que capturan y registran datos críticos como corriente, voltaje, potencia y energía. Estos datos son esenciales para identificar picos de consumo, permitiendo a los usuarios tomar medidas para optimizar su uso de energía, reducir errores humanos en la lectura de medidores y agilizar la recopilación de información sobre el consumo eléctrico [9].

• **Sistemas de gestión de la distribución**

La incorporación progresiva de generación distribuida tendrá un impacto en la calidad de la energía, abordando aspectos como la frecuencia, regulación, variaciones de tensión, desequilibrios, flujos de potencia, distorsión armónica de la tensión y otros factores técnicos. Con la creciente integración de esta generación, los requisitos técnicos para su conexión deben ser adaptados para no afectar el funcionamiento del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Además, en la planificación de las Redes Generales de Distribución (RGD) de media y baja tensión, se propondrán proyectos con tecnologías inteligentes para mantener los estándares de calidad de energía y fiabilidad del sistema, en línea con normativas internacionales [3].

Con base en lo anterior, a continuación, se muestra la Figura 1 con los principales beneficios que brindan las REI desde la perspectiva de las utilidades eléctricas, los usuarios finales y la sociedad en general.

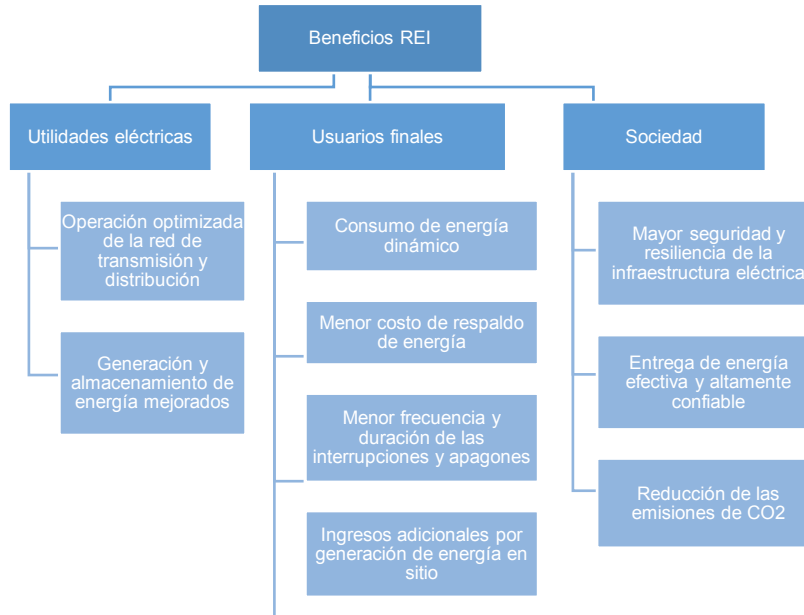


Figura 1. Beneficios principales de las REI [10].

1.4 Las REI en México

En 2016 se desarrollaron múltiples investigaciones en el país y se constituyeron leyes y reglamentos, derivados de la Reforma Energética que buscaban promover el uso de fuentes renovables de energía, e ilustrar el beneficio económico potencial de los proyectos de energía limpia para que los inversionistas los identificaran [11].

En México, se está llevando a cabo un proyecto de implementación de REI con el propósito de abordar desafíos en el sector eléctrico. Este ambicioso esfuerzo busca integrar eficazmente la energía renovable, mejorar la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico, y muy importante, reducir las emisiones de carbono. La instalación de medidores inteligentes, sistemas de automatización, almacenamiento de energía y la infraestructura de comunicación avanzada, son elementos esenciales para esta implementación. Como ya se ha señalado, se espera que la integración de REI conduzca a una mayor sostenibilidad, eficiencia y empoderamiento de los consumidores, marcando con ello un avance significativo en la modernización del sistema eléctrico en nuestro país [3].

Entre los principios de la Política Energética Nacional que se quieren implementar entre 2019-2024, se reconoce la necesidad de mejorar los procesos productivos para lograr reducir la demanda de combustibles fósiles y sus emisiones contaminantes. En este sentido, una de las principales metas del gobierno mexicano apunta al 50% de la electricidad producida por fuentes de energía limpia para la mitad del siglo, por lo que, para 2024 debería generar el 35% de la electricidad a partir de fuentes de energía limpia. Sin embargo, este escenario resulta sumamente complicado ya que México no cuenta con la inversión necesaria para llevar a cabo esta transición [11].

2 METODOLOGÍA

La metodología propuesta para abordar el análisis de la implementación de las REI en México y la situación actual en comparación con otros países, se basa en una extensa revisión de manera generalizada de información relevante en bases de datos científicas de diversos trabajos que abordan el escenario de las REI en nuestro país. El objetivo de esta metodología es abordar los desafíos en el sector energético y mostrar los avances hacia una red eléctrica más eficiente, sostenible y adaptada a las necesidades del siglo XXI. A continuación, se detalla la metodología en subsecciones:

- **Tipo de investigación:**

Se llevó a cabo una investigación documental, que cubre la revisión generalizada de artículos científicos en bases de datos de IEEE Xplore, Google Scholar, el Diario Oficial de la Federación, el Centro Nacional del Control de Energía (CENACE) y datos publicados por la Secretaría de Energía (SENER).

- **Estructura metodológica:**

La metodología se divide en las siguientes etapas: revisión de literatura, análisis del contexto mexicano, identificación de soluciones, herramientas y técnicas.

En lo que respecta a la revisión de literatura, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente relacionada con las REI y su implementación de manera general, para conocer sobre las tecnologías involucradas para su implementación. En relación con el contexto de nuestro país, se analizó literatura en términos de la demanda de electricidad e infraestructura eléctrica existente, lo anterior haciendo énfasis en información proporcionados por la SENER con datos de 2017 a la fecha.

En cuanto a la identificación de soluciones, se determinaron datos propuestos como las estrategias adecuadas para la implementación de las REI en México, teniendo en cuenta las limitaciones y los desafíos específicos que enfrenta el país. Finalmente, en cuestión de herramientas y técnicas empleadas para la realización de esta investigación, se incluyen la revisión de literatura científica, análisis de datos estadísticos propuestos por el SEN a través del CENACE y la evaluación del impacto ambiental que derivan de su implementación, los principales países con capacidad renovable.

3 RESULTADOS

Las REI son una solución crucial para abordar los desafíos en el sector eléctrico, ya que permiten la optimización de la generación, transmisión, distribución y consumo de electricidad a través de las TIC. En México, la implementación de REI se está llevando a cabo con el propósito de integrar eficazmente la energía renovable, mejorar la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico y reducir las emisiones de carbono. En este sentido, la introducción de medidores inteligentes, sistemas de automatización y almacenamiento de energía son elementos esenciales para concretar esta implementación en México.

Se espera que con la implementación de REI se conduzca a una red eléctrica más sostenible que fortalezca a los consumidores en la toma de decisiones y que esto impacte en su economía en cuanto al consumo de energía. Por lo tanto, los resultados indican que la implementación de REI en México tiene el potencial de mejorar la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad de la red eléctrica, lo que es esencial para abordar los desafíos energéticos modernos y avanzar hacia un suministro de energía más eficiente y limpio.

Con base en el análisis realizado, para situar a México en el contexto internacional, podemos mencionar que las distintas economías desarrollan acciones y estrategias de transición energética basadas en mantener un desarrollo sustentable que les permita a los países no poner en riesgo la productividad de sus economías. De acuerdo con la SENER, a partir del consumo primario de cada matriz energética, en 2018 se estimó que las emisiones de dióxido de carbono llegarían a 33,891 millones de toneladas de CO₂. En la Figura 2, se aprecian 20 países de los cuales se concentran el 80% de las emisiones globales de CO₂, tan solo con China y Estados Unidos se completa el 43% del total mundial y con los 18 países restantes se produce el 37%. En esta lista, México ocupa el doceavo lugar como emisor de este contaminante en el mundo [12].

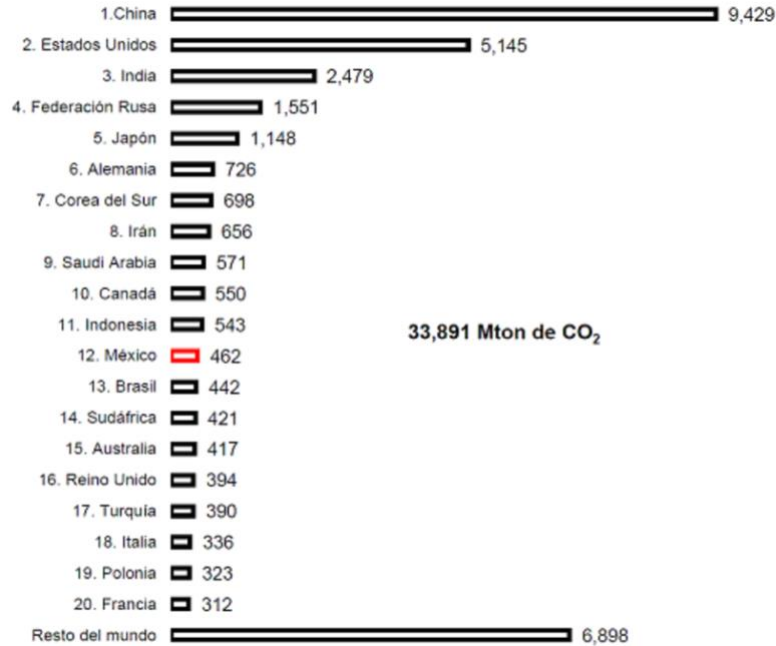


Figura 2. Principales países emisores de dióxido de carbono 2018 [12].

En este sentido, de acuerdo con los proyectos de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión (RNT) por la SENER, terminados y/o en proceso de construcción, se encuentra el proyecto REI (M17-REI), que marca como año de inicio 2017, y establece como fecha factible de término diciembre de 2023. Para el 15 de noviembre de 2022 la CFE Transmisión reportó un avance de construcción del 57.3%, aún no se ha emitido un nuevo reporte para analizar la situación actual del proyecto REI en el último trimestre de 2023 [13].

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de nuestro país por introducir las REI y con base en los resultados que alguna vez fueron proyectados internacionalmente para el año 2018, la CENACE muestra una gráfica con la participación de 7 países con capacidad renovable, y nuevamente destaca China, pero ahora del extremo opuesto, es decir, el país con mayor proporción de energías eléctricas renovables. En la Figura 3 se aprecia la gráfica con un comparativo del 2010 al 2021 respecto a los países que están contribuyendo positivamente con la generación de energía eléctrica renovable, en este sentido, China no solo es el país que más contribuye sino el que en este periodo tuvo el mayor incremento, se puede apreciar un 15.5% contra un 4.9% que es el segundo mejor aumento.

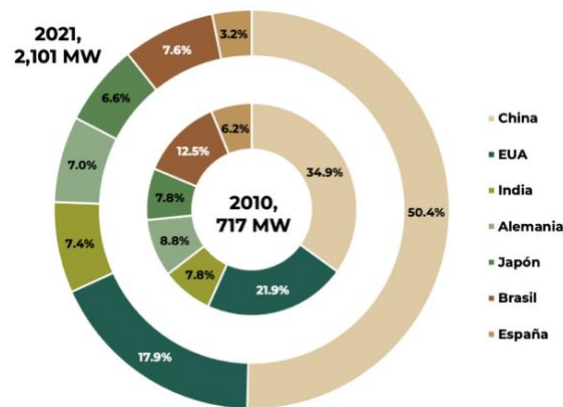


Figura 3. Participación de los principales países en capacidad renovable del 2010 al 2021 [13].

En lo que respecta a la capacidad para incorporar tecnología de energía limpias, por parte de México, de acuerdo con la CENACE, para el periodo 2026-2036 se estima un aumento en la capacidad para instalar de 39,510 MW. En la Figura 4 se aprecia la distribución en porcentaje en cuanto a la incorporación de capacidad a instalar por tipo de tecnología en donde destaca la FV-Solar con un 25.15%.

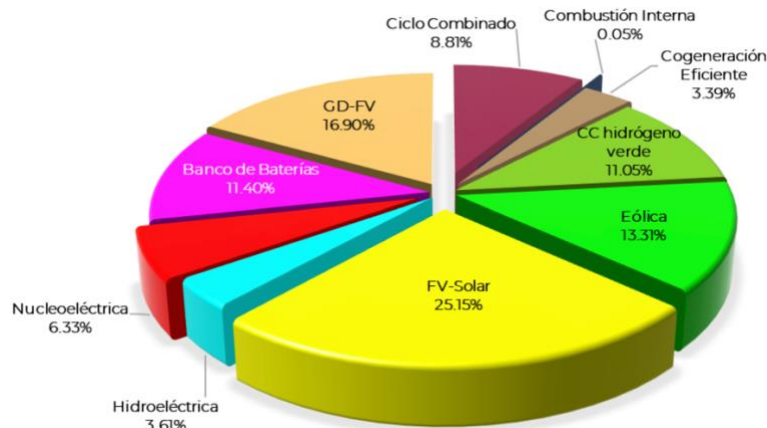


Figura 4. Porcentaje de adición de capacidad por tecnología 2026-2036 [14].

4 CONCLUSIONES

En este artículo se destaca la importancia de las REI como una solución fundamental para abordar los desafíos modernos en el sector eléctrico, se analizó como es que estas representan una evolución significativa de las redes eléctricas convencionales, al incorporar tecnologías de comunicación bidireccional, automatización, integración de energías renovables y gestión de la demanda. La implementación de las REI en México se presenta como una estrategia prometedora para mejorar la eficiencia energética, la confiabilidad del suministro eléctrico y la reducción de las emisiones de carbono, en este sentido, se analizó que los componentes clave para lograr esta transformación son, la introducción de los medidores inteligentes, sistemas de automatización y almacenamiento de energía. Las REI funcionando en México contribuirán a una red eléctrica más sostenible con consumidores capaces de tomar decisiones informadas sobre su consumo energético. Sin lugar a dudas, lo anterior representa un paso significativo en la modernización del sistema eléctrico del país, con un alto potencial para mejorar la calidad del servicio eléctrico, integrar fuentes de energía renovable y reducir la huella de carbono.

Con este enfoque es posible abordar los desafíos energéticos actuales y promover la sostenibilidad en el suministro de energía. Sin embargo, pese a los proyectos actuales de implementación de las REI en México, la realidad es que la mayor parte de la información obtenida muestra información sobre la proyección a largo plazo, no se encontraron datos sobre resultados obtenidos al último trimestre del 2023. Por otra parte, países como China y los Estados Unidos, que para el 2018 eran los mayores contaminantes, se tiene información de que en la actualidad se encuentran como los países con la mayor participación de capacidad en la instalación de tecnología, como es el caso de la FV-Solar, por mencionar un ejemplo. De acuerdo con lo anterior, vale preguntarse si ¿México va por buen camino en la transición hacia las energías renovables? Con la situación económica y política del país, es verdaderamente difícil que pueda verse como una realidad, se puede mencionar que México no cuenta con los recursos necesarios y si el proyecto M17-REI se esperaba completar a finales de 2023, en el reporte de fin de año podríamos ver como los datos cambian extendiendo las fechas de culminación del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] S. B. Sudip Misra, «Cambridge University Press,» 20 10 2018. [En línea]. Available: <https://www-cambridge-org.basesuas.idm.oclc.org/core/books/smart-grid-technology/introduction-to-smart->

grid/E7EB5897CE916FA993051C32523A8F1B?utm_campaign=shareaholic&utm_medium=copy_ink&utm_source=bookmark.

- [2] L. I. León Trigo, E. Reyes Archundia y J. A. Gutiérrez Gnecci, «Smart Grids en México: Situación actual, retos y propuesta de implementación,» *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. XX, n° 2, pp. 1-12, 17 01 2019.
- [3] Secretaría de Energía, «Programa de redes eléctricas inteligentes,» 21 08 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/sener/documentos/programa-de-redes-electricas-inteligentes-121753>. [Último acceso: 01 10 2023].
- [4] M. Garau, G. Celli, E. Ghiani, F. Pilo y S. Corti, «Evaluation of Smart Grid Communication Technologies with a Co-Simulation Platform,» *IEEE Wireless Communications*, vol. 24, n° 2, pp. 42-49, 2017.
- [5] M. Castañez Quiroz y Y. E. Santafe Ramon, «Estudio sobre la implementación de redes eléctricas inteligentes "smart grids" en el departamento del Cesar: una revisión,» *Revista digital de Semilleros de Investigación*, vol. 3, n° 2, pp. 1-24, 2020.
- [6] K. Shahid, K. Nainar, R. Lovenstein Olsen, F. Iov, M. Lyhne y G. Morgante, «On the Use of Common Information Model for Smart Grid Applications - A Conceptual Approach,» *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 12, n° 6, pp. 5060-5072, 2021.
- [7] N. R. Balderramo Velez, Y. E. Llosas Albuerno, L. Neves y L. A. Cuenca Alava, «Memorias de la Novena Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética,» de *Diseño de Redes Eléctricas Inteligentes para una Gestión Energética*, United States, 2019.
- [8] M. G. Maldonado Ruiz, «dspace.ups.edu.ec,» 03 2015. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8435/6/UPS-KT01062.pdf>.
- [9] R. A. Lara Cueva, «repositorio.espe.edu.ec,» 08 07 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25208/1/T-ESPE-044590.pdf>.
- [10] S. Liveratos, V. E. Vogiatzaki y P. Cottis, «A Generic Framework for the Evaluation of the Benefits Expected from the Smart Grid,» *Energies*, vol. 6, pp. 988-1008, febrero 2013.
- [11] A. Y. Fragoso Altamirano, «México y su transición energética: un cambio en pro de la energía renovable,» *LADEE*, vol. 1, n° 1, pp. 26-42, 2020.
- [12] Secretaría de Energía, «Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios,» de *Diario Oficial de la Federación*, Ciudad de México, 2020.
- [13] CENACE, «Programas de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión y de los elementos de las Redes Generales de Distribución que corresponden al Mercado Eléctrico Mayorista,» Gobierno de México, México, 2023.
- [14] CENACE, «Programas de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión y de los elementos de las Redes Generales de Distribución que corresponden al Mercado Eléctrico Mayorista,» Gobierno de México, México, 2022.