Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Modelos energéticos internacionales como base para el diseño de estrategias de transición energética en la Región Carbonífera de Coahuila

International energy models as a basis for designing energy transition strategies in the Carbonífera Region of Coahuila

Lucas-Rodríguez, C.[a], Torres-León, C.[b], Robles-Quintanilla, D.E.[c], Aguirre-Joya, J.A.[b]*

[a] Centro de Estudios e Investigaciones Interdisciplinarias de la Universidad Autónoma de Coahuila, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila. ORCID: https://orcid.org/0009-0006-5249-4470.
[b] Centro de Investigación y Jardín Etnobiológico de la Universidad Autónoma de Coahuila, C.P. 27480, Viesca, Coahuila. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1614-5701, https://orcid.org/0000-0002-6298-4207*.
[c] Escuela Superior de Ingeniería Lic. Adolfo López Mateos de la Universidad Autónoma de Coahuila, C.P. 26830, Nueva Rosita, Coahuila. ORCID: https://orcid.org/0009-0003-2168-2063.
christian.lucas@uadec.edu.mx; ctorresleon@uadec.edu.mx; drobles@uadec.edu.mx; jorge_aguirre@uadec.edu.mx*

Innovación tecnológica: Adopción de tecnologías como herramientas para transformar el modelo energético actual.

Área de aplicación industrial: Desarrollo de cadenas de valor en energías limpias, reconversión de infraestructura minera.

Recibido: 12 noviembre 2025
Aceptado: 22 abril 2026

Abstract

Energy acts as a universal medium of exchange and has long been a determining factor in humanity's cultural, economic, and technological evolution. Its generation remains essential for regional development; however, dependence on fossil fuels carries far-reaching environmental consequences. Within this framework, the Carbonífera Region of Coahuila stands out as a significant case study, as it accounts for approximately 98% of Mexico's coal production (WWF, 2021) and continues to rely heavily on this resource for its economic and industrial activities. The objective of this study is to identify key elements for constructing energy transition scenarios that can guide a just and sustainable transformation of the region's energy system. To achieve this, a comparative analysis of international experiences was conducted, using the transition models implemented in Germany, China, and Spain as references. The methodological approach considered variables associated with social perception, local governance, and regulatory frameworks. These variables supported the development of a Strengths, Weaknesses,

Opportunities, and Threats (SWOT) matrix and a Balanced Scorecard (BSC) for assessing transition readiness. The results highlight Mexico's primary weaknesses and opportunities in comparison with countries that have achieved significant progress in their energy transitions. Based on these findings, the study provides strategic recommendations aimed at promoting a fair, inclusive, and sustainable energy transition in the Carbonífera Region of Coahuila.

Keywords: Coal, BSC, Energy transition, SWOT, Fossil fuels.

Resumen

La energía funciona como un medio de intercambio universal y ha constituido un factor decisivo en los principales procesos culturales, económicos y tecnológicos de la humanidad. Su generación es indispensable para el desarrollo de cualquier región, aunque la dependencia de los combustibles fósiles implica consecuencias ambientales de gran magnitud. En este contexto, la Región Carbonífera de Coahuila representa un caso de estudio relevante, ya que concentra alrededor del 98% de la producción de carbón en México (WWF, 2021) y mantiene una fuerte dependencia de este recurso para su actividad económica e industrial. El objetivo del presente trabajo es identificar puntos clave para la construcción de escenarios energéticos en dicha región que permitan orientar una transición justa. Para ello se realizó un análisis comparativo de experiencias internacionales, tomando como referencia los modelos de transición energética implementados en Alemania, China y España. El estudio incluyó variables relacionadas con el entendimiento social, las políticas locales y el marco regulatorio, lo que permitió elaborar una matriz de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), que sirvió como insumo metodológico para la elaboración de un cuadro de mando integral (CMI). Del análisis se destacan las principales carencias y oportunidades de México frente a países que han logrado avances significativos, y ofrecen recomendaciones para impulsar una transición energética justa en la Región Carbonífera de Coahuila.

Palabras clave: Carbón, Combustibles fósiles, CMI, matriz FODA, Transición energética.

1. INTRODUCCIÓN

La Región Carbonífera de Coahuila, integrada por los municipios de Juárez, Melchor Múzquiz, Progreso, Sabinas y San Juan de Sabinas, concentra el 98% de la producción nacional de carbón mineral (WWF, 2021) y constituye un eje histórico del desarrollo energético del país. Sin embargo, la dependencia de este recurso ha generado vulnerabilidades económicas, sociales y ambientales, evidenciadas en la crisis de 2019 y en la drástica caída de la producción entre 2019 y 2023. Al mismo tiempo, México enfrenta el reto de aprovechar su alto potencial en energías renovables (solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica) frente a un escenario internacional donde países como Alemania, España y China han logrado consolidar estrategias de transición energética mediante innovación tecnológica, políticas de apoyo y diversificación productiva.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar los escenarios internacionales de transición energética y utilizarlos como referencia metodológica para construir una matriz FODA y en

consecuencia un Cuadro de Mando Integral (CMI) aplicados a la Región Carbonífera de Coahuila. De esta manera, se busca identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas reales de la región, y traducirlas en indicadores económicos, operativos, sociales y de innovación que orienten rutas estratégicas hacia una transición energética justa, situada y sostenible.

Dentro de la Cuenca de Sabinas se localizan las subcuencas de Río Escondido y Sabinas, las cuales se subdividen en ocho unidades carboníferas. Se estima que el volumen potencial de reservas de carbón mineral en México alcanza los 998 millones de toneladas (Gobierno de México, 2025). En este contexto, la Cuenca de Sabinas se caracteriza por la presencia de dos tipos predominantes de carbón: el sub-bituminoso, adecuado para la producción de coque metalúrgico, y el sub-bituminoso tipo C, de alta volatilidad, utilizado principalmente en la generación termoeléctrica. En el año 2020, la distribución de la producción nacional fue de 39% para carbón térmico, 47% para carbón coquizable y 14% para carbón lavado (WWF, 2021).

La actividad minera en esta región es desarrollada por alrededor de cincuenta empresas, de las cuales seis pertenecen al segmento de gran minería, mientras que el resto corresponde a productores pequeños y medianos. La compañía mayor relevancia ha sido Altos Hornos de México (AHMSA), que opera a través de sus filiales Minera Río Escondido (MICARE) y Minerales Monclova (MIMOSA), gestionando minas, tajos, plantas de lavado y unidades coquizadoras hasta el año 2021 (WWF, 2021). A pesar de que la minería del carbón constituye el principal eje económico de los municipios que integran la Región Carbonífera, esta dependencia ha generado una estructura productiva vulnerable, caracterizada por condiciones laborales precarias y riesgos ambientales significativos (Ramírez, 2025).

A finales de 2019, la Región Carbonífera enfrentó una crisis económica severa, derivada de la decisión del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) de cancelar los contratos de adquisición de carbón por parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Esta medida buscaba evitar prácticas de reventa y concentración del mercado por parte de grandes productores, lo que había provocado un incremento anormal en el precio del mineral. Aunque esta coyuntura reafirmó el papel estratégico del carbón en el desarrollo regional, también evidenció problemáticas estructurales persistentes, tales como la pérdida de empleos, la inestabilidad laboral, la negligencia industrial y la insuficiencia de regulación ambiental (Ramírez, 2025).

Como resultado de las condiciones previamente descritas, la producción de carbón en el estado de Coahuila experimentó una disminución significativa. Mientras que en 2019 se registró un volumen de 6,175,726 toneladas (T), para el año 2023 la cifra descendió drásticamente a 477,904.46 (T), lo que representa una reducción del 92.26% en comparación con el nivel alcanzado cuatro años antes (SGM, 2025).

Este pronunciado descenso no solo evidencia una reconfiguración en las dinámicas del sector energético, sino que también refleja una tendencia creciente hacia la adopción de fuentes más sostenibles. En este contexto, adquiere relevancia el avance de la generación eléctrica mediante energías renovables en México, lo cual señala una transformación estructural en la matriz energética nacional orientada a disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, particularmente del carbón.

La generación eléctrica renovable en el país incluye diversas tecnologías: hidroeléctrica, solar fotovoltaica, eoloeléctrica, geotermoeléctrica y bioenergía, esta última basada en el aprovechamiento de residuos orgánicos como biomasa, bagazo de caña y licor negro. En 2022, la generación neta de electricidad proveniente de fuentes limpias alcanzó los 82,983.58 (GWh) Entre 2018 y 2022, las tecnologías fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica registraron incrementos del 533.4%, 65.1% y 10.3%, respectivamente (SENER, 2023).

En el plano regional, el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias publicado en 2023 identifica que Coahuila cuenta con una capacidad técnica para instalar hasta 22,500 (MW) en proyectos eólicos y 9,814 (MW) en sistemas solares fotovoltaicos.

A nivel nacional, el potencial solar supera los 5,000 (TWh/año), impulsado por niveles de irradiación superiores a 5.5 (kWh/m²/día) en estados como Sonora y Chihuahua. En cuanto a energía eólica, México dispone de un potencial técnico superior a 50 (GW), concentrado principalmente en el Istmo de Tehuantepec, donde los factores de planta exceden el 40% (Flores, 2023). En el ámbito geotérmico, el país ocupa el sexto lugar mundial en capacidad instalada, con más de 1 (GW), y un potencial estimado de hasta 13.4 (GW) (Romero, 2021). No obstante, la capacidad instalada total en energías renovables apenas supera los 30 GW, lo que representa cerca del 28% de la generación eléctrica nacional. Esta disparidad entre el potencial técnico y su aprovechamiento efectivo se atribuye a obstáculos regulatorios, limitaciones en inversión y conflictos sociales.

En el contexto internacional, España cuenta con más de 70 (GW) de capacidad instalada en energías renovables, distribuidos en 40 (GW) de generación eólica y 25 (GW) solar fotovoltaica. Su irradiación solar promedio oscila entre 4.5 y 5.0 (kWh/m²/día), y su potencial eólico supera los 100 (GW) (IEA, 2025). Alemania, a pesar de tener una irradiación menor (3.0–3.5 kWh/m²/día), ha logrado instalar más de 70 (GW) en solar y 60 (GW) en eólica, gracias a políticas de subsidios y avances tecnológicos (Fraunhofer ISE, 2025). China lidera el panorama global con más de 430 GW en solar y 440 (GW) en eólica, y un potencial técnico combinado superior a 2,000 (GW) (Guo X., 2024).

La diferencia fundamental entre estos países y México radica en la composición de la matriz energética, el nivel de participación de las fuentes renovables, el marco regulatorio vigente y las estrategias impulsadas para fomentar la innovación tecnológica, entre otros rubros. Aunque México dispone de condiciones naturales excepcionales para el desarrollo de energías renovables, naciones como China han logrado capitalizar su potencial económico mediante estrategias de innovación tecnológica e industrial (Tenorio Gamboa, 2025).

Frente a este escenario, el futuro energético de regiones como la Carbonífera de Coahuila permanece incierto. Si bien México ha adoptado una política energética proactiva en la última década, incorporando fuentes renovables en su modelo de suministro, se requiere una transformación profunda que permita reducir gradualmente el uso de combustibles fósiles. Esta transición es clave para generar beneficios estructurales en territorios cuya economía depende en gran medida de estos recursos.

2. ENERGIAS RENOVABLES: CARACTERÍSTICAS.

Las energías renovables son aquellas fuentes que se obtienen de recursos naturales prácticamente inagotables o que se regeneran

a una velocidad superior a la de su consumo (Allub, 2024). A diferencia de las fuentes tradicionales, como el carbón, el petróleo o el gas natural, que son finitas y responsables de emisiones significativas de gases de efecto invernadero (GEI), las energías renovables se caracterizan por ser limpias, sostenibles y fundamentales para la descarbonización (Bortz, 2022).

A continuación, se describen algunos de los tipos más comunes de energías renovables:

Energía solar: La energía solar se basa en el aprovechamiento de la radiación proveniente del sol, ya sea para la generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos o para la producción de calor a través de colectores térmicos. Esta tecnología representa una de las alternativas renovables más accesibles y adaptables, especialmente en zonas con alta irradiación solar, como ocurre en amplias regiones de América Latina (Molinari, 2024).

Energía eólica: La energía eólica se origina del desplazamiento del aire, cuya energía cinética es transformada en electricidad mediante aerogeneradores. Esta fuente renovable ha mostrado uno de los ritmos de expansión más dinámicos a nivel global, con avances notables en países latinoamericanos como Brasil y México (Schutte, 2023).

Energía hidroeléctrica: La generación hidroeléctrica se fundamenta en el uso de la energía potencial y cinética del agua en movimiento, principalmente en cauces fluviales y embalses. América Latina cuenta con una trayectoria consolidada en esta modalidad, destacando infraestructuras de gran escala en naciones como Brasil y Paraguay, que aportan de manera significativa a la configuración energética regional (García, 2024).

Energía de biomasa: La biomasa comprende el uso de materiales orgánicos, tanto vegetales como animales, para la producción de electricidad, calor o biocombustibles. Esta fuente incluye residuos provenientes de actividades agrícolas, forestales y urbanas, y constituye una alternativa viable para zonas rurales y sectores industriales con alta generación de desechos orgánicos (Carabio, 2023).

Energía geotérmica: se basa en el aprovechamiento del calor proveniente del interior terrestre, utilizado tanto para la generación de electricidad como para aplicaciones térmicas. Aunque su grado de desarrollo en América Latina aún es limitado, esta fuente renovable presenta un alto potencial en áreas volcánicas específicas de la región (Sepúlveda, 2024).

Cada una de estas fuentes renovables aporta ventajas importantes en términos de sostenibilidad ambiental y reducción de emisiones de gases contaminantes. La adopción masiva y coordinada de estas tecnologías es imprescindible para cumplir con los objetivos globales de mitigación del cambio climático y garantizar un desarrollo energético sostenible en la región (Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe, 2024).

3. MODELO ENERGETICO MEXICANO

El sector energético de México representa una base estratégica para el desarrollo económico y social del país, al integrar los procesos de gestión, conversión y uso eficiente de los recursos energéticos como pilares del crecimiento nacional. (Toledo, 2020).

Sector Eléctrico Nacional (SEN)

El sistema eléctrico nacional mexicano tiene sus antecedentes en el siglo XIX, cuando se implementaron los primeros sistemas de alumbrado público en la Ciudad de México.

No obstante, un punto de inflexión en su consolidación ocurrió en 1960, con la nacionalización del sector eléctrico. En ese momento, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), como entidad paraestatal, asumió el control casi total de la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en el país (Montaño, 2021).

Desde entonces, el sistema eléctrico nacional adoptó una estructura centralizada, caracterizada por el dominio estatal en las actividades de generación, transmisión y distribución de energía. Esta configuración institucional facilitó la implementación de programas de electrificación rural y permitió una ampliación de la cobertura del servicio eléctrico durante la segunda mitad del siglo XX (Montaño, 2021).

En las últimas dos décadas, la demanda eléctrica en México ha experimentado un crecimiento significativo, duplicando sus niveles previos. Actualmente, más del 99% de la población cuenta con acceso al servicio eléctrico; sin embargo, el consumo per cápita continúa siendo moderado. Según el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN), elaborado por SENER en 2024, el consumo promedio por habitante en 2023 fue de 2,150 kilowatts-hora anuales. El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) está conformado por cuatro subsistemas aislados: el Sistema Interconectado Nacional (SIN), el Sistema Eléctrico de Baja California (BC), el Sistema Eléctrico de Baja California Sur (BCS) y el Sistema Eléctrico Mulegé (SEM) (Toledo, 2020).

El SEN es un componente del sector energético que involucra la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica el cual hoy en día aún depende mayoritariamente de combustibles fósiles: la generación fósil aumentó en años recientes y en 2023 la producción térmica (principalmente ciclo combinado a gas) representó la mayor parte de la producción anual con alrededor de ~200 (TWh) generados por ciclos combinados y un total de generación eléctrica anual en el orden de ~340–352 (TWh) (Probst, 2024).

En cuanto a las modalidades actuales de generación eléctrica, el 57.2% de la capacidad instalada en México está constituida por plantas operadas directamente por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Por su parte, los Productores Independientes de Energía (PIEs) representan el 17.5% del total, mientras que el 25.3% restante corresponde a generadores privados que participan mediante esquemas diversos, tales como autoabastecimiento, cogeneración eficiente, pequeña producción, exportación, generación para usos propios continuos, generación distribuida y sistemas rurales no conectados a la red nacional (SENER, 2022).

Recursos renovables

A nivel global, las fuentes renovables representaron el 14.45% de la matriz energética, mientras que en México su participación fue inferior en 4.45 puntos porcentuales, alcanzando únicamente el 10.00% de la oferta interna bruta nacional. En contraste, el carbón y sus derivados aportaron el 9.05% a nivel mundial, mientras que en el caso mexicano su contribución fue de apenas 1.90% (SENER, 2022).

Para el año 2022, México experimentó un crecimiento significativo en la capacidad instalada de generación eléctrica a partir de fuentes renovables, duplicando su volumen de 25,648 (MW) a 33,639 (MW) según datos de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA). Para este mismo año el país alcanzó una capacidad instalada total de 88 parques solares fotovoltaicos, 77 parques eólicos, cuatro instalaciones geotérmicas y 67 centrales hidroeléctricas en operación, reflejando un crecimiento sostenido en la

diversificación de su matriz renovable (IRENA, 2024).

El territorio nacional posee un alto potencial para el aprovechamiento de recursos renovables, lo que ha favorecido un incremento sustancial en la generación eléctrica mediante tecnologías alternativas en años recientes. La categoría de generación limpia incluye diversas tecnologías como la eoloeléctrica, solar fotovoltaica, bioenergía, cogeneración eficiente, así como la producción eléctrica proveniente de centrales certificadas con Certificados de Energía Limpia (CEL), además de fuentes geotérmicas, hidroeléctricas y nucleares. De acuerdo con el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023–2037, la participación de estas fuentes en la generación neta de electricidad alcanzó el 31.16% en 2022, lo que representa un incremento de 1.69 puntos porcentuales respecto al año anterior (SENER, 2022).

En el ámbito regional, el estado de Coahuila se distingue por la disponibilidad significativa de recursos energéticos, tanto en hidrocarburos no convencionales como en fuentes renovables. En relación con los primeros, datos de la Comisión Nacional de Hidrocarburos indican que las cuencas de Sabinas y Burro-Picachos —cuya extensión se encuentra mayoritariamente dentro del territorio estatal— concentran aproximadamente el 47% de los recursos prospectivos identificados a nivel nacional (Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, 2024).

Por otro lado, el Atlas de Zonas con Energías Limpias, elaborado por la Secretaría de Energía (SENER), señala que Coahuila cuenta con un potencial técnico para la instalación de hasta 22,500 (MW) en proyectos eólicos y 9,814 (MW) en sistemas solares fotovoltaicos. Estas estimaciones consideran restricciones derivadas de las condiciones topográficas y de la infraestructura disponible. Bajo criterios de aprovechamiento efectivo, se estima que únicamente el 25% del área con potencial eólico y el 3.5% del área con potencial solar podrían ser utilizadas para desarrollos energéticos (Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, 2024).

De acuerdo con datos recientes, para el año 2023 Coahuila alcanzó una capacidad instalada de 1,406 (MW) de energías limpias, con una producción anual estimada cercana a los 4,000–4,500 (GWh), lo que refleja un avance significativo, aunque aún distante de las proyecciones iniciales (AMDEE, 2023).

4. MODELOS ENERGETICOS EUROPEOS

La generación de electricidad mediante fuentes renovables constituye un eje estratégico de interés político, económico y social en el contexto de la Unión Europea (UE). Esta región ha reconocido desde hace tiempo la importancia de promover el aprovechamiento de energías limpias, dado que su implementación contribuye a la mitigación del cambio climático, fortalece la seguridad energética y estimula el desarrollo de sectores industriales vinculados al empleo, la competitividad, el crecimiento económico y el progreso regional y rural. En el marco europeo, Alemania y España se posicionan como referentes en la adopción de modelos de generación eléctrica sustentados en fuentes renovables (Ferrara, 2013). A continuación, se examinan las principales medidas de fomento incluidas en los respectivos planes nacionales de acción en materia de energías renovables elaborados por ambos países.

Modelo Energético: España

España ha apostado por un modelo descentralizado, donde la generación distribuida cobra protagonismo. En 2025, más de la mitad de la electricidad proviene de

fuentes renovables, con la solar fotovoltaica y la eólica liderando el sector energético. Este avance ha sido posible gracias a políticas que incentivan la instalación de paneles solares en hogares, comunidades energéticas y parques eólicos regionales.

Este país también cuenta con un mecanismo de "Tarifas de inyección a la red" (FiT por sus siglas en ingles) que ha constituido una herramienta política para fomentar el despliegue de tecnologías de energías renovables (TER) y contribuir a un futuro energético libre de combustibles fósiles (Solangi, 2021), el mecanismo incorpora dos alternativas de retribución mediante: tarifas fijas o primas sobre los precios del mercado eléctrico, en otras palabras, los generadores deben optar entre transferir electricidad mediante la red de transporte o distribución y ser pagados con una tarifa fija por ello o vender la electricidad al mercado mayorista eléctrico al precio horario que se negocie libremente en este mercado y complementado con una prima específica para cada área tecnológica renovable (Ferrara, 2013).

Por tanto, en las energías renovables, la energía eólica representa el 23.5% y la solar fotovoltaica el 13.6%, mientras que la hidráulica aporta el 11.2%. La potencia instalada renovable alcanzó los 72.3 (GW), de los cuales 30.1 (GW) corresponden a eólica y 21.7 (GW) a solar (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2025).

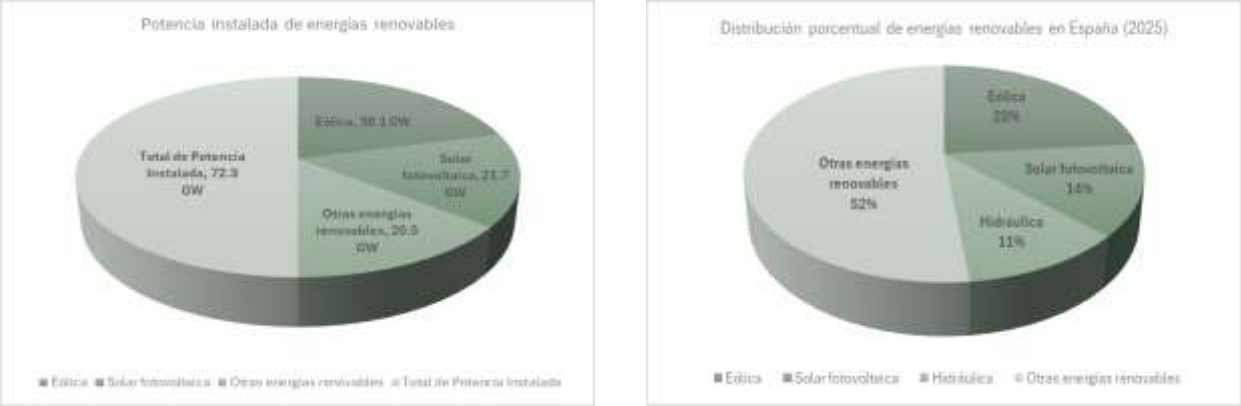


Figura 1. Potencia instalada y distribución de energías renovables en España (Elaboración Propia con base en IDAE, 2025).

El país ha invertido en *"redes inteligentes"* que permiten una gestión eficiente del consumo y la producción energética en tiempo real. El almacenamiento energético también ha sido clave, con baterías domésticas y sistemas a gran escala que compensan la intermitencia de las fuentes renovables.

Se han instalado más de 250,000 sistemas de autoconsumo solar en hogares y empresas, lo que refleja una fuerte tendencia hacia la generación distribuida. Las redes inteligentes cubren ya más del 60% del territorio nacional, permitiendo una gestión eficiente del consumo y la producción energética (Red Eléctrica de España, 2025).

Modelo Energético: Alemania

Alemania en la actualidad se ha posicionado como una de las principales naciones a nivel mundial interesadas en alcanzar una real soberanía energética con base en las energías renovables y a su vez lograr proteger al ser humano y el medio ambiente. La matriz de producción de energía eléctrica en Alemania está marcada principalmente por la producción de carbón como fuente principal

de creación de energía eléctrica en el país, además de la creciente inclusión de energías alternativas dentro de la producción eléctrica, principalmente por las energías solares, fotovoltaicas y eólicas (DW Global Media Forum, 2025).

En el ámbito regulatorio, se dispone de una legislación específica sobre fuentes de energía renovable que garantiza a las instalaciones de generación eléctrica mediante tecnologías limpias una conexión inmediata y prioritaria a la red eléctrica. Esta normativa también establece la obligación, por parte de los operadores del sistema, de adquirir, transportar y distribuir la electricidad generada a partir de dichas fuentes. Asimismo, el marco legal contempla un esquema de tarifas fijas y diferenciadas, determinadas según el tipo de tecnología empleada y la escala de las plantas generadoras. Estas tarifas, que deben ser abonadas por los operadores de la red, se aplican durante un periodo de 20 años bajo el modelo conocido como *"Tarifas de inyección a la red"*. El cálculo de las tarifas se basa en el costo real de generación, incluyendo los gastos de inversión, y se ajustan anualmente mediante una tasa de reducción progresiva (Ferrara, 2013).

Desglosando a profundidad el papel de cada una de las fuentes energéticas, en Alemania se observa que para el año 2018 la producción eléctrica a partir de carbón fue de 229 (TWh), representó la principal fuente energética de generación del país, seguido por la energía proporcionada por la fuerza cinética del viento o eólica con una producción de 111.6 (TWh), posteriormente se encuentran la energía fósil del gas natural y la polémica energía nuclear con una producción anual de 83 (TWh) y 76.1 (TWh), respectivamente (CFE, 2020).

Actualmente la prioridad del gobierno alemán es comprender el panorama general del sistema energético del país, entender de qué forma se debe adaptar el sistema actual a las nuevas fuentes de generación eléctrica, derivado de ello, Alemania ha alcanzado una participación renovable del 63% en su generación eléctrica en 2025. La energía eólica representa el 27%, la solar el 21% y la biomasa el 7%. La potencia instalada renovable supera los 140 (GW), con 60 (GW) de eólica terrestre y 45 (GW) de solar (CFE, 2020).

El país ha iniciado la construcción de una red nacional de hidrógeno de 9,040 (km), con una inversión de 18.9 mil millones de euros, proyectando una capacidad de producción de 10 (GW) de hidrógeno verde para 2030. Además, se han instalado 100 (GWh) de capacidad de almacenamiento energético, lo que permite estabilizar la red ante la eliminación del carbón y la energía nuclear (DW Global Media Forum, 2025).

5. MODELO ENERGETICO CHINO

Desde que China abrió sus puertas al comercio internacional en 1970, la energía barata procedente del carbón ha sido la base que ha permitido impulsar su competitividad económica a nivel mundial (Córdoba, 2023). En la actualidad, China es el mayor consumidor, productor e importador de carbón del mundo, además dichos consumos y producciones representan, cada uno, la mitad de la proporción mundial. En 2021, el carbón representó el 56% del consumo total de energía. A pesar de que los niveles de carbón han ido disminuyendo a partir de la segunda mitad de la década de 2010, el carbón se sigue manteniendo como principal fuente de energía primaria (You, 2025).

En años recientes, China ha registrado progresos significativos en su transición hacia un modelo de desarrollo orientado a la sostenibilidad. A nivel nacional, el gobierno

ha incorporado la protección ambiental y la eficiencia energética como pilares estratégicos dentro de sus políticas estatales, consolidando un consenso político amplio y cohesionado en torno a estos objetivos. Paralelamente, ha intensificado de manera progresiva sus compromisos en materia de reducción de emisiones de gases contaminantes, fortaleciendo su posicionamiento en la agenda climática global (Gao, 2025).

Durante el año 2023, China alcanzó una capacidad instalada total de generación eléctrica de 2.92 (TW), de los cuales 1.7 (TW) —equivalentes al 58.2%— corresponden a fuentes de energía limpia, incluyendo solar, eólica, hidroeléctrica y nuclear. La generación total de electricidad fue de 10.6 (PWh), con 3.8 (PWh) —el 39.7%— provenientes de tecnologías renovables. El consumo nacional de energía limpia representó el 26.4% del total, lo que refleja un incremento de 10.9 puntos porcentuales en comparación con el año 2013 (Administración Nacional de Energía, 2023).

En términos de expansión, China contribuyó con el 55% de las nuevas incorporaciones globales en generación renovable durante 2023. La capacidad en construcción de energía eólica (más de 180 GW) y solar (más de 159 GW) supera ampliamente la del resto del mundo. Ese mismo año, el país asiático instaló una cantidad de capacidad solar fotovoltaica equivalente a la suma global de 2022, mientras que la capacidad eólica aumentó un 66% respecto al año anterior. En el periodo comprendido entre 2018 y 2023, China también sumó 11 (GW) de capacidad nuclear, posicionándose como el país con mayor crecimiento en este recurso (IEA, 2025).

Desde el ámbito gubernamental, China ha adoptado una política activa de cooperación internacional orientada a liderar la transición energética global. Esta estrategia se materializa a través de inversiones y financiamiento en proyectos de energías renovables en regiones clave como América Latina, promoviendo la construcción de centrales hidroeléctricas y parques solares, al tiempo que facilita la transferencia de tecnologías limpias y fomenta alianzas económicas (Ugarteche, 2023).

Algo innegable en la comunidad internacional es el genuino interés de China en el despliegue e inversión en energías renovables. Aparte de ser el mayor productor de energía hidráulica, eólica y solar, China también es el mayor inversor nacional y extranjero en energías renovables (Córdoba, 2023).

6. METODOLOGÍA

La selección de España, Alemania y China para el presente análisis no fue aleatoria. Estos países representan trayectorias diferenciadas en la transición hacia sistemas energéticos sostenibles: España destaca por su enfoque en políticas de cohesión social y territorial; Alemania, por su modelo basado en la innovación tecnológica y la participación ciudadana; y China, por su estrategia de planificación centralizada y aprovechamiento de la escala productiva (García-García, 2025) (Trenks, 2024) (Li, 2024). El contraste entre estos modelos permite establecer una base comparativa sólida para identificar estrategias potencialmente adaptables al contexto mexicano, particularmente en la Región Carbonífera de Coahuila, donde la estructura económica mantiene una alta dependencia de la extracción y uso del carbón.

La metodología empleada se estructura en tres etapas. En primer lugar, se llevó a cabo la revisión documental y bibliográfica que fue orientada a reconocer los elementos centrales de cada modelo energético. Este proceso

permitió identificar de los modelos energéticos consultados la composición de la matriz energética, el nivel de participación de las fuentes renovables, el marco regulatorio vigente y las estrategias impulsadas para fomentar la innovación tecnológica, misma que se describe en párrafos anteriores.

En una segunda fase, se aplicó un análisis *FODA* (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) (ver tabla 2) con el propósito de sintetizar, de manera comparativa, los factores internos y externos que influyen en el desempeño de cada modelo. Esta herramienta facilita no solo la detección de patrones comunes, sino también el reconocimiento de diferencias estructurales que explican las particularidades de cada experiencia nacional.

Finalmente, en la tercera etapa, se elaboró un Cuadro de Mando Integral (CMI) el cual proporciona un marco completo para medir el rendimiento en varias áreas clave y permite conseguir avances hacia objetivos estratégicos desde diferentes perspectivas. Su aplicación al caso de la región carbonífera de Coahuila busca generar una propuesta integral que armonice los objetivos de diversificación productiva, inclusión social y tecnología, proporcionando así una base analítica para el diseño de políticas públicas energéticas ajustadas al contexto regional y local (ver tabla 2).

7. RESULTADOS

Derivado del análisis comparativo de los modelos energéticos de Alemania, España y China, se construyó una matriz FODA (Ver tabla 1). Este instrumento metodológico conserva su carácter prospectivo al fungir como insumo para la formulación de estrategias orientadas a una transición energética sostenible en la Región Carbonífera de Coahuila. Dichas estrategias se articularon posteriormente con la elaboración de un Cuadro de Mando Integral (CMI) (Ver tabla 2), diseñado a partir de las cuatro perspectivas fundamentales: económica, procesos internos, aprendizaje/innovación y sociedad. De esta manera, el FODA no sólo cumple su función diagnóstica, sino que se vincula con la estructuración del CMI, garantizando la coherencia entre el análisis estratégico y la gestión de resultados.

Tabla 1. Análisis FODA

Dimensión	Alemania	España	China
Fortalezas (+)	Marco regulatorio robusto; alta inversión en I+D; red nacional de hidrógeno en expansión	Modelo descentralizado; incentivos al autoconsumo; redes inteligentes	Liderazgo mundial en capacidad instalada; planificación estatal centralizada; inversión nacional e internacional
Debilidades (−)	Altos costos de transición; dependencia histórica del carbón; baja irradiación solar	Intermitencia renovable; infraestructura rural obsoleta; burocracia en permisos	Dependencia del carbón; desigualdad regional; riesgos ambientales por megaproyectos
Oportunidades	Expansión de hidrógeno verde; exportación tecnológica; integración con redes europeas	Potencial solar y eólico; comunidades energéticas; fortalecimiento del almacenamiento	Reducción progresiva del carbón; innovación en geotermia y energía oceánica; autoconsumo urbano

Amenazas	Inestabilidad política en subsidios; saturación de red; oposición social	Volatilidad del mercado eléctrico; conflictos sociales; vulnerabilidad ante crisis	Tensiones geopolíticas; contaminación persistente; desafíos de gobernanza

Fuente: Elaboración propia basado en (Ferrara, 2013) (Li, 2024) (Ugarteche, 2023) (Fraunhofer ISE, 2025) y otros.

Del análisis FODA, podemos integrar cruces estratégicos para cada caso en específico:

Alemania:

FO (Fortalezas–Oportunidades): Aprovechar el marco regulatorio y la inversión en I+D para acelerar proyectos de hidrógeno verde, consolidando al país como exportador de tecnología energética.

DA (Debilidades–Amenazas): Diseñar mecanismos financieros que reduzcan los costos de transición y mitiguen la dependencia del carbón, asegurando estabilidad en subsidios y evitando la saturación de la red.

España:

FO: Impulsar comunidades energéticas y autoconsumo aprovechando el potencial solar y eólico, apoyados en incentivos económicos y redes inteligentes.

DA: Simplificar trámites y modernizar infraestructura rural para reducir la vulnerabilidad ante crisis energéticas y conflictos sociales.

China:

FO: Utilizar la inversión estatal y el liderazgo en capacidad instalada para expandir el autoconsumo urbano y desarrollar nuevas tecnologías (geotermia, energía oceánica).

DA: Implementar políticas de transición gradual que reduzcan la dependencia del carbón y mejoren la transparencia en gobernanza, mitigando tensiones geopolíticas y riesgos ambientales.

Tabla 2. Cuadro de mando integral (CMI).

Perspectiva	Objetivo Estratégico	Alemania (KPI, Meta, Acción)	España (KPI, Meta, Acción)	China (KPI, Meta, Acción)
Económica	Impulsar renovables y autoconsumo	**KPI:** % capacidad renovable en red; **Meta:** 80% en 2030; **Acción:** subsidios estables, inversión en hidrógeno.	**KPI:** % hogares con FV; **Meta:** 20% en 2030; **Acción:** incentivos al autoconsumo, *"tarifas de inyección a la red"*	**KPI:** inversión estatal en manufactura; **Meta:** liderazgo global en 2035; **Acción:** expansión masiva y financiamiento estatal.
Procesos Internos	Fortalecer red y normativa	**KPI:** % renovables con prioridad en red; **Meta:** integración plena en 2030; **Acción:** normativa exigente y redes inteligentes.	**KPI:** tiempo promedio de autorización; **Meta:** <3 meses en 2027; **Acción:** simplificación de trámites y ventanilla única.	**KPI:** cumplimiento de metas de Ley de Energía; **Meta:** 40% renovables en 2030; **Acción:** planificación centralizada.
		KPI: % PIB en I+D; **Meta:** 3% en 2035;	**KPI:** número de comunidades	**KPI:** capacidad instalada solar/eólica;

Aprendizaje/ Innovación	Fomentar innovación y comunidades	**Acción:** desarrollo de almacenamiento y eficiencia.	energéticas; **Meta:** 50 en 2028; **Acción:** educación ciudadana y apoyo técnico.	**Meta:** duplicar en 2030; **Acción:** innovación tecnológica y expansión de autoconsumo.
Sociedad	Reducir pobreza energética y garantizar acceso	**KPI:** % hogares con acceso; **Meta:** 100% en 2035; **Acción:** participación ciudadana y justicia energética	**KPI:** costo promedio electricidad; **Meta:** -15% tarifas hogares vulnerables; **Acción:** autonomía energética local y tarifas sociales.	**KPI:** % hogares con acceso a energía limpia; **Meta:** 95% en 2035; **Acción:** programas estatales de acceso masivo.

Fuente: Elaboración propia basado en (García-García, 2025), (Trenks, 2024), (Li, 2024) y otros.

Del análisis comparativo de los modelos energéticos de Alemania, España y China, y considerando las condiciones socioeconómicas, ambientales y regulatorias de la Región Carbonífera de Coahuila, se elaboró una matriz FODA (Ver tabla 3) que permitió establecer elementos para la formulación de un Cuadro de Mando Integral (CMI) (ver tabla 4) que permita identificar indicadores clave para orientar una transición energética justa y sostenible en el contexto local. El CMI se estructuró en las mismas cuatro perspectivas estratégicas analizadas previamente: económica, procesos internos, aprendizaje/innovación y sociedad. Cada una de ellas incorpora objetivos específicos, indicadores de desempeño y acciones recomendadas que responden a las necesidades locales y se basan en las mejores prácticas observadas.

Tabla 3. Matriz FODA de la Región Carbonífera de Coahuila como insumo para estrategias de transición energética justa.

Dimensión	Factores identificados
Fortalezas (+)	✓ Reservas abundantes de carbón bituminoso (más de 1,200 millones de toneladas). ✓ Infraestructura minera y energética consolidada (plantas termoeléctricas, logística, conocimiento técnico local). ✓ Potencial de valorización de residuos industriales (cenizas con litio y tierras raras). ✓ Experiencia histórica y capital humano especializado en minería y energía.
Debilidades (−)	✓ Alta dependencia histórica del carbón como combustible fósil. ✓ Percepción social y política de obsolescencia del carbón. ✓ Impactos ambientales acumulados por décadas de explotación. ✓ Escasa diversificación productiva en la región. ✓ Vulnerabilidad frente a importaciones de carbón y combustibles.
Oportunidades	✓ Recuperación de minerales críticos (litio y tierras raras) desde residuos industriales. ✓ Desarrollo de nuevas cadenas de valor basadas en economía circular y ecotecnologías. ✓ Reconversión de plantas termoeléctricas en polos de innovación tecnológica. ✓ Generación de empleo calificado

	✓ Fortalecimiento de la soberanía energética nacional al reducir dependencia de importaciones.
Amenazas	✓ Volatilidad de los mercados energéticos internacionales. ✓ Riesgo de exclusión social si la transición se hace sin alternativas laborales. ✓ Persistencia de contaminación y pasivos ambientales. ✓ Posible resistencia política a modelos alternativos de transición.

Fuente: Elaboración propia basada en (Ramírez, 2025), (Camacho, 2025), (WWF, 2021), (Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, 2024).

La matriz FODA no solo identifica factores internos y externos, sino que los relaciona para derivar estrategias. Por ejemplo, las fortalezas de infraestructura y conocimiento técnico se cruzan con la oportunidad de recuperar minerales críticos, generando una estrategia FO orientada a reconvertir residuos en polos de innovación. De igual forma, las debilidades históricas de dependencia del carbón se vinculan con amenazas de exclusión social, lo que deriva en estrategias DA de reconversión laboral y restauración ambiental.

Tabla 4. Cuadro de mando integral (CMI) para la Region Carbonífera de Coahuila.

Perspectiva	Objetivo Estratégico	Indicador (KPI)	Meta	Acción/Iniciativa
Económica	Revalorizar el carbón mediante la recuperación de minerales críticos (litio y tierras raras)	Toneladas de litio y ETR recuperadas anualmente	285 t de litio y 6300 t de ETR en 2030	Implementar plantas piloto de valorización de residuos termoeléctricos y atraer inversión público-privada
Procesos Internos	Reconversión de plantas termoeléctricas en polos de innovación tecnológica	Número de plantas reconvertidas	Plantas reconvertidas (al menos 2) en 2028	Aplicar tecnologías CCUS y procesos hidrometalúrgicos sostenibles en colaboración con universidades. Financiar proyectos de I+D en energía limpia.
Aprendizaje/ Innovación	Fortalecer capacidades locales en ecotecnologías y economía circular	Número de técnicos y profesionales capacitados	500 personas capacitadas en 5 años	Crear programas de formación técnica y convenios universidad-industria
Sociedad	Garantizar una transición justa con inclusión laboral y bienestar comunitario	% de trabajadores reubicados.	80% de trabajadores reubicados en 2030	Diseñar programas de reconversión laboral y participación comunitaria vinculante

Fuente: Elaboración propia basada en (Ramírez, 2025), (Camacho, 2025), (WWF, 2021), (Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, 2024).

Este CMI traduce los resultados del FODA en acciones estratégicas medibles, vinculando las fortalezas (infraestructura, conocimiento técnico) con las oportunidades (valorización de residuos, soberanía energética). Las perspectivas económicas y procesos internos responden a la necesidad de reconvertir la infraestructura existente, las perspectivas de aprendizaje e innovación fortalecen el capital humano y la transferencia tecnológica, la perspectiva social garantiza que la transición sea justa, evitando exclusión y fortaleciendo la cohesión territorial.

9. CONCLUSIONES

El análisis comparativo de los modelos energéticos de Alemania, España y China sirvió como referencia inicial para estructurar

el Cuadro de Mando Integral (CMI) de la Región Carbonífera de Coahuila. Este CMI se fundamenta en el diagnóstico FODA regional, lo que permite vincular fortalezas como la infraestructura minera con oportunidades de diversificación productiva, tal como se observó en Alemania y España. La necesidad de diversificar la economía regional se confirma al contrastar la dependencia histórica del carbón con las experiencias internacionales: mientras Alemania impulsó la solar mediante incentivos fiscales y participación ciudadana, China logró escalar la eólica con planificación centralizada. Estos aprendizajes muestran que en Coahuila la transición requiere voluntad política, incentivos adecuados y coordinación público-privada.

En el plano operativo, la discusión evidenció que no basta con instalar tecnologías limpias; la experiencia española subraya la importancia de regulación ambiental y laboral robusta para garantizar procesos seguros y transparentes. En cuanto al aprendizaje e innovación, la presencia de instituciones locales como la Universidad Autónoma de Coahuila abre la posibilidad de replicar lo que Alemania logró al formar talento especializado en energías renovables, generando empleos verdes y nuevas oportunidades.

Finalmente, la dimensión social se sostiene en la evidencia de que los países más avanzados en transición energética lo hicieron con inclusión de comunidades afectadas. Para la Región Carbonífera de Coahuila, esto implica escuchar a quienes han vivido del carbón y ofrecer alternativas reales. Al integrar estos factores en las perspectivas económica, operativa, social y de innovación, el CMI ofrece una visión estratégica más completa, capaz de orientar una transición energética justa y situada en las condiciones reales del territorio.

8. BIBLIOGRAFIA

Administración Nacional de Energía. (2023). *Libro Blanco: La Transición Energética de China.* Xicheng, Beijing: Oficina del Consejo de Estado de la República Popular China.

Allub, L. &. (2024). Una nueva transición energética: rasgos, desafíos y perspectivas desde América Latina y el Caribe. *RED 2024*.

AMDEE. (2023). *Datos de capacidad instalada en Coahuila.* Mexico: AMDEE.

Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. (24 de septiembre de 2024). *Banco de desarrollo de América Latina y el Caribe*. Obtenido de Transición Energética Justa / Escenarios México: https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2334

Bortz, G. M. (2022). Reflexiones sobre procesos de participación y democratización del conocimiento como desafíos para la transición energética justa en América Latina.

Camacho, L. F. (2025). Transición energética con justicia: El nuevo papel del carbón de Coahuila, Noreste de México. *Geomimet*, 11-14.

Carabio, S. (2023). El hidrógeno verde en Argentina, desafíos y oportunidades en el marco de la transición energética: Un análisis desde la escuela de . *Política Internacional*.

CFE. (2020). *Las energías renovables en la transición energética de Alemania.* Ciudad de México: Comision Federal de Electricidad. Obtenido de Las energías renovables en la transición

energética de Alemania: ttps://www.cfenergia.com/wp-content/uploads/2023/04/Las-energías-renovables-y-la-transición-energética-de-Alemania.pdf

Córdoba, H. P. (2023). China frente al cambio climático: Desafíos y repercusiones de la implementación de las políticas energéticas actuales. *Revista Universitaria de Estudios sobre Asia Oriental*, 313-338.

DW Global Media Forum. (25 de septiembre de 2025). *¿Cuánto ha avanzado la transición energética en Alemania?* Obtenido de DW Global Media Forum: https://www.dw.com/es/cu%C3%A1nto-ha-avanzado-la-transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica-en-alemania/a-73968841

Ferrara, P. (2013). Razones, acciones y modelos regulatorios para promover la eficiencia energética y el uso de energías renovables: El caso de Argentina y la Unión Europea: Alemania y España. En E. T. Acuña, *Estudios de Derecho Público* (págs. 975-999). Buenos Aires: Asociación de Docentes de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales-UBA.

Flores, A. (18 de mayo 2024). *Wind Resource Assessment using MERRA-2 and Meteorological Mast Data*. Obtenido de The International Conference on Energy, Power and Environment (ICEPE). IEEE: https://ieeexplore.ieee.org/document/10201587

Fraunhofer ISE. (14 de Febrero de 2025). *German Net Power Generation in 2024: Electricity Mix Cleaner than Ever*. Obtenido de Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE: https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2025/public-electricity-generation-2024-renewable-energies-cover-more-than-60-percent-of-german-electricity-consumption-for-the-first-time.html

Gao, G. (2025). Cooperación China-América Latina en materia de energía limpia. *Ibero-América Studies*, 14-30.

García, N. A. (2024). Retos para la transición energética en Colombia: algunas recomendaciones para los marcos legales de los proyectos de energías renovables a la luz del derecho internacional. *EAFIT*.

García-García, P. (2025). La experiencia española con los planes de transición energética justa impulsados por el gobierno nacional. *Revista de Ciencia Politica*, 1-26.

Gobierno de México. (17 de Abril de 2025). *Minería de Carbón Mineral: producción, inversión y empleo. Actualización 2025*. Obtenido de Secretaria de Economia: https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/industry/investigation-and-security-services?redirect=true

Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza. (25 de septiembre de 2024). *Programa Especial de Energía 2017-2023.* Obtenido de Programa Especial de Energía 2017-2023: https://coahuila.gob.mx/archivos/pdf/micrositio/Programas%20Especiales/Programa%20Especial%20de%20Energ%C3%ADa.pdf

Gonzalez, E. (2022). Tiempos de acumulación de carbón en México con especial énfasis en la Cuenca de Sabinas México, donde se

proporcionan nuevos datos geocronológicos. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 15.

Guo X., Chen X., Xia-Chen, Sherman P., Wen J., McElroy M. ((2023). *Grid integration feasibility and investment planning of offshore wind power under carbon-neutral transition in China.* Obtenido de Nature Communications, 14:2447 https://doi.org/10.1038/s41467-023-37536-3

IEA. (12 de Noviembre de 2025). *International Energy Agency*. Obtenido de Spain Energy Profile: https://www.iea.org/countries/spain

IEA. (2025). *World Energy Investment 2024.* International Energy Agency.

INEGI. (21 de febrero 2025). *INEGI.* Obtenido de INEGI: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/cpv2020_pres_res_coah.pdf

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (27 de septiembre de 2025). *Informe estadístico de energías renovables - junio 2025.* Obtenido de Informe estadístico de energías renovables - junio 2025: https://informesweb.idae.es/informe-estadistico/informe.php

IRENA. (26 de septiembre de 2024). *Renewable Capacity Statistics.* Obtenido de Renewable Capacity Statistics: https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology

Li, J. S. (2024). The Path Driving China's Energy Structure Transformation from the Perspective of Policy Tools. *Sustainability*, 1-19.

Molinari, A. (2024). Financiamiento de la transición energética en América Latina: el papel de los bancos multilaterales de desarrollo. *Desafios*, 36-38.

Montaño, D. J. (2021). *Electrifying Mexico: Technology and the Transformation of a Modern City.* Obtenido de University of Texas Press.: https://doi.org/10.7560/323458

Probst, O. (2024). Clean Energy and Carbon Emissions in Mexico's Electric Power Sector: Past performance and current trend. *energies*, 1-29.

Ramírez, I. T. (12 de enero 2025). *La Región Carbonífera de Coahuila: problemas estructurales y perspectivas.* Obtenido de La Región Carbonífera de Coahuila: problemas estructurales y perspectivas: https://ru.iiec.unam.mx/6134/1/6.%20072-T%C3%A9llez-S%C3%A1nchez.pdf

Red Eléctrica de España. (23 de marzo de 2025). *Informe del Sistema Eléctrico: Energías Renovables 2024.* Obtenido de Informe del Sistema Eléctrico: Energías Renovables 2024.: https://www.sistemaelectrico-ree.es/sites/default/files/2025-03/Informe_Renovables_2024.pdf

Romero, R. (2021). Development of geothermal energy in México and its energetic potential for the future. En P. Birkle, *Towards a Cleaner Planet* (págs. 343-363). Berlin, Heidelberg: Springer.

Schutte, G. R. (2023). El papel de las petroleras estatales en la transición energética de América Latina: los casos de Petrobras, YPF, Ecopetrol y Pemex.

SENER. (2022). *Balance Nacional de Energía.* CDMX: Dirección General de Planeación e Información Energética.

SENER. (2023). *Atlas Nacional de zonas con alto potencial de energias limpias.* Ciudad de Mexico: Gobierno de Mexico.

SENER. (2023). *Programa de desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023-2027.* Ciudad de México: Gobierno de México.

Sepúlveda, V. (2024). *Oportunidades y desafíos de power-to-x para la transición energética en América Latina (Tesis de Maestria).* Santiago de Chile: Universidad de Chile.

SGM. (10 de Noviembre de 2025). *Servicio Geológico Mexicano.* Obtenido de Anuario estadístico de la minería mexicana: https://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2023_Edicion_2024.pdf

Solangi, Y. A. (2021). Assessing and overcoming the renewable energy barriers for sustainable development in Pakistan: An integrated AHP and fuzzy TOPSIS approach,. *Renewable Energy*, 209-222.

Tenorio Gamboa, F. (2023). *La política energética de México y China: un estudio comparativo (2010-2022) Tesis de Licenciatura.* Universidad de las Americas Puebla (UDLAP), Puebla México, 110 p. https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/tenorio_gamboa_fl/etd_3071035922381.pdf

Toledo, G. (2020). *Diseño y desarrollo de un modelo energetico para el Sistema Electrico Mexicano (Tesis de Maestria).* Cuernavaca, Morelos: Universidad Autónoma el Estado de Morelos. https://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/2110

Trenks, H. &. (2024). - Empowering citizens for the energy transition: facilitating role change through real-world experiments. *Sustainability Science*, 1-23.

Ugarteche, O. (2023). China and the energy matrix in Latin America: Governance and geopolitical perspective. *Energy Policy*.

WWF. (2021). *Perspectivas de la industria del carbón en Coahuila.* Obtenido de WWF: https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/perspectivas_de_la_industria_del_carbon_en_coahuila_2021_wwf_mexico_vf_web.pdf

You, X. (29 de marzo de 2025). *What does China's coal push mean for its climate goals?* Obtenido de Carbon Brief: https://www.carbonbrief.org/analysis-what-does-chinas-coal-push-mean-for-its-climate-goals/