

**Análisis documental de la evolución de la energía eólica como alternativa a las energías
no renovables en latinoamérica**

Luz Francedy Ramos Beltrán

Asesor

Kelly Andrea Aguirre Osorio

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela Ciencias de la Educación ECEDU

Licenciatura en Etnoeducación

2025

Resumen

Este estudio tuvo como propósito principal analizar la información documental existente de la evolución de la energía eólica en Latinoamérica, de igual manera se buscó indagar y comparar toda la información disponible junto con el reconocimiento del marco legal de los países más sobresalientes para así presentar un marco de referencia que permita plantear proyectos efectivos para las comunidades y atractivos para posibles inversionistas, tanto del sector público como privado. De acuerdo con lo anterior, el enfoque central de este estudio fue el análisis de la información documental existente sobre la energía eólica en Latinoamérica, para lograr dicho objetivo la metodología consiste en recopilar todos los datos e ingresarlos a una matriz que permita la comparación tanto en prototipos, herramientas y de este modo verificar su efectividad, eficacia y sostenibilidad. Dentro de los hallazgos más significativos se encontraron fortalezas normativas en distintos países de la región, que han propendido por energías limpias como la eólica, no obstante, la legislación en algunos lugares ha representado una barrera para el avance e implementación de más equipos junto con la expansión de estos y la poca apuesta del sector estatal por ello. En tal sentido, si bien la región ha logrado avances importantes en la adopción de energía eólica, persisten desafíos significativos relacionados con la normativa, la viabilidad financiera y las implicaciones territoriales y ambientales.

Palabras clave: Cambio climático, medio ambiente, energías renovables, energía eólica, potencial eólico.

Abstract

The primary purpose of this study was to analyze existing documentary information on the evolution of wind energy in Latin America. Additionally, the research aimed to explore and compare all available data, along with an assessment of the legal frameworks of the most prominent countries in the region, in order to present a reference framework that supports the development of effective projects for communities and attractive opportunities for potential investors, both from the public and private sectors. In line with this objective, the central focus of the study was the analysis of existing documentary information on wind energy in Latin America. To achieve this, the methodology involved gathering relevant data and organizing it into a comparative matrix, enabling the evaluation of prototypes, tools, and technologies to assess their effectiveness, efficiency, and sustainability. Among the most significant findings were the regulatory strengths identified in various countries across the region, which have promoted the adoption of clean energy sources such as wind power. However, in some areas, existing legislation has posed obstacles to the deployment and expansion of wind energy infrastructure, further hindered by limited support from the public sector. In this regard, although the region has made notable progress in the adoption of wind energy, there remain substantial challenges related to regulatory frameworks, financial viability, and the territorial and environmental implications of such initiatives.

Key words: Climate change, environment, renewable energy, wind energy, wind potential.

Tabla de Contenido

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN	7
JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVOS	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
MARCO TEÓRICO.....	14
METODOLOGÍA	18
RESULTADOS	26
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

Lista de Tablas

Tabla 1 Cuadro Metodológico	19
Tabla 2 Formato Matriz Ventajas y Desventajas.....	22
Tabla 3 Formato matriz comparativa tecnologías LATAM.....	23
Tabla 4 Formato matriz normativa.....	24
Tabla 5 Descripción tecnologías	26
Tabla 6 Comparativo características tecnologías LATAM	42

Lista de Figuras

Figura 1 Esquema Genérico del Proceso Metodológico de la Investigación.....	18
Figura 2 Aerogenerador de eje horizontal.....	29
Figura 3 Aero generador de eje vertical.....	29
Figura 4 Parques eólicos Onshore.....	30
Figura 5 Parque eólico Offshore.....	31
Figura 6 Sistemas Eólico.....	41
Figura 7 Parque Eólico Jepirachi.....	71
Figura 8 Parque Eólico Eurus.....	73
Figura 9 Parque Eólico Canela I y II.....	74
Figura 10 Parque Eólico Alto Sertão I, II y III.....	75
Figura 11 Parque Eólico Valentines.....	76
Figura 12 Parque Eólico Rawson.....	77

Introducción

En las últimas décadas, la urgencia de mitigar el cambio climático y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles ha impulsado una transición global hacia fuentes de energías limpias y renovables. En este contexto, la energía eólica se ha consolidado como una de las soluciones más eficaces y prometedoras, utilizando la fuerza del viento para generar electricidad sin emitir gases de efecto invernadero. En Latinoamérica, una región con vastos recursos naturales y un notable potencial eólico (Acciona, s.f), se encuentra en esta energía una oportunidad estratégica para responder a su creciente demanda energética y, al mismo tiempo, fomentar un desarrollo sostenible que beneficie a sus habitantes (Potencia, 2025).

A lo largo de este documento se evaluará el estado actual de la energía eólica en Latinoamérica, se abordaron los avances tecnológicos que han permitido una mayor eficiencia y competitividad de esta fuente energética, así como, las políticas gubernamentales que se han implementado para incentivar su desarrollo, así también, se analizarán los desafíos significativos que persisten, tales como la necesidad de expandir y modernizar la infraestructura de transmisión eléctrica y la superación de barreras administrativas que en ocasiones retrasan los proyectos (Bleger, 2024)

Para ilustrar el potencial y la complejidad de la transición eólica en la región, se estudiaron los casos de Brasil, México y Chile países que han emergido como líderes en la adopción de esta tecnología. En Brasil, la energía eólica ya representa una parte sustancial de la matriz energética y se proyecta un crecimiento considerable, aunque enfrenta retos importantes en la infraestructura de transmisión que deben ser solventados para evitar pérdidas económicas.

Por su parte, Chile ha logrado hitos notables, como superar la generación de energía a carbón con la producción combinada de energía solar y eólica, demostrando un compromiso

claro con la descarbonización y posicionándose como un futuro líder en la producción de hidrógeno verde gracias a sus vastos recursos eólicos (Chelsea, 2022).

El caso de México ofrece una perspectiva más matizada. Si bien el país ha avanzado en la reducción de emisiones de dióxido de carbono gracias a sus parques eólicos (AMDEE, s.f.), el desarrollo de estos proyectos no ha estado exento de conflictos socioambientales, incluyendo el desplazamiento de comunidades indígenas y la afectación de sus medios de vida, lo que subraya la importancia de un enfoque que integre la justicia social en la transición energética (Hernández, A, 2023).

A través de este análisis comparativo, este trabajo busca resaltar que la energía eólica en Latinoamérica es mucho más que una simple fuente de energía renovable, su desarrollo planificado y equitativo puede actuar como un verdadero motor para el crecimiento económico y el progreso social en la región, generando empleo y fomentando la autonomía energética, sin embargo, para que su potencial se materialice plenamente, es fundamental abordar los desafíos técnicos, regulatorios y sociales que su expansión conlleva.

Justificación

La región experimenta una creciente demanda de energía, impulsada por factores como el desarrollo económico y el aumento de la población. De acuerdo con la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2023), se proyecta que la demanda eléctrica en América Latina y el Caribe se duplique para el año 2050. Satisfacer esta demanda con los métodos tradicionales, como los combustibles fósiles, no solo es insostenible desde el punto de vista ambiental, sino que agravaría la crisis climática es allí en donde la energía eólica emerge como una alternativa limpia que contribuye directamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, un objetivo fundamental que va de la mano con los compromisos internacionales del Acuerdo de París y fundamental para la transición energética regional (Guterres, A., 2024).

Además, es crucial abordar los severos impactos socioambientales de las fuentes energéticas convencionales, la dependencia de los combustibles fósiles es una de las principales causas de la contaminación del aire y del cambio climático. Por otro lado, aunque históricamente importantes, las grandes centrales hidroeléctricas han sido objeto de crecientes críticas, estudios como el publicado en la revista *Environmental Science & Policy* han documentado que estas mega-obras pueden causar deforestación a gran escala, pérdida de biodiversidad y el desplazamiento forzado de comunidades locales, generando conflictos sociales significativos, este proyecto se justifica, por tanto, en la búsqueda de alternativas que minimicen estos impactos negativos.

Un tercer pilar de esta justificación es la necesidad de diversificar la matriz energética para garantizar la seguridad y soberanía de los países latinoamericanos, la alta dependencia de los combustibles fósiles expone a las economías a la volatilidad de los precios internacionales y a la inestabilidad geopolítica de las regiones productoras, de igual forma, el cambio climático está

generando una mayor variabilidad hidrológica, lo que introduce un factor de riesgo para los países que, como Colombia, dependen mayoritariamente de la generación hidroeléctrica (Paz & Jorge, 2019), la integración de la energía eólica, cuya fuente es autóctona e inagotable, fortalece la resiliencia del sistema eléctrico y reduce las presiones sobre los recursos hídricos.

Este estudio evidenció el potencial de la energía eólica como un motor del desarrollo económico y social, la construcción, operación y mantenimiento de parques eólicos son una fuente significativa de creación de empleo, un informe de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA,2022) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) señala que la transición energética podría generar millones de nuevos empleos en la región para 2030, muchos de ellos en el sector eólico (IRENA & OIT, 2022) estos proyectos pueden impulsar cadenas de valor locales, fomentar la transferencia de tecnología y mejorar la calidad de vida en comunidades rurales que, históricamente, han estado marginadas del desarrollo.

En síntesis, esta monografía se justifica por la necesidad de explorar a fondo el papel estratégico que la energía eólica puede y debe desempeñar en el desarrollo sostenible de Latinoamérica, comprender sus beneficios, desafíos y potencial es fundamental para orientar a los tomadores de decisiones y a la sociedad hacia la construcción de un futuro energético más limpio, seguro y equitativo para todos.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la situación actual de Colombia en materia de evolución de las tecnologías eólicas, a través de la revisión de literatura científica y normativa, teniendo en cuenta el panorama latinoamericano, y los avances de referentes como México y Brasil.

Objetivos Específicos

Caracterizar las tecnologías eólicas predominantes en América Latina y su relación con las condiciones territoriales que determinan su implementación.

Analizar el marco normativo sobre energía eólica en Latinoamérica, destacando el marco legal de Colombia frente a los avances de países referentes.

Realizar un análisis comparativo de casos de estudio en países latinoamericanos, con énfasis en México y Brasil, para establecer similitudes, diferencias y la posición de Colombia en el desarrollo de la energía eólica.

Planteamiento del Problema

Latinoamérica, posee un potencial eólico extraordinario, que ha sido aprovechado con notable éxito por países como Brasil, que lidera la capacidad instalada con más de 29 GW, y México, con cerca de 8 GW, demostrando la viabilidad técnica y económica de esta fuente de energía renovable (Global Wind Energy Council, 2024) Casos como el de Chile, que avanza decididamente en su agenda de descarbonización, y Argentina, que explota el potencial de la Patagonia, refuerzan la imagen de un continente en plena transición energética.

Y es aquí donde surge el problema central de esta investigación debido a que este impulso no es homogéneo en toda la región, el caso de Colombia, es particular ya que a pesar de que estudios de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) señalan que el país cuenta con un potencial eólico de clase mundial, especialmente en el departamento de La Guajira, con factores de capacidad que superan el 50%, la materialización de este recurso es mínima (UPME, 2020) para el año 2022, la participación de la energía solar y eólica en la matriz de capacidad eléctrica del país apenas alcanzaba un 1,5% (SEI, 2023), esta cifra revela una profunda brecha entre el potencial disponible y la capacidad efectivamente instalada.

La literatura científica y los análisis sectoriales identifican múltiples factores que contribuyen a esta problemática, entre ellos un desafío crítico es el déficit en la infraestructura de transmisión, así los centros de mayor potencial eólico, como La Guajira, se encuentran geográficamente distantes de los grandes centros de consumo, lo que exige la construcción de robustas líneas de transmisión que al día de hoy, presentan retrasos significativos, en consecuencia esta debilidad estructural no solo impide la evacuación de la energía generada, sino que también desincentiva la inversión (Morales,D., 2023).

Sumado a lo anterior, emergen complejas barreras socio-ambientales y regulatorias para implementación de proyectos eólicos en territorios como La Guajira se superpone con los resguardos de comunidades indígenas, como el pueblo Wayúu, por esta razón se hace indispensable la realización de procesos de consulta previa, los cuales han demostrado ser extensos, complejos y, en ocasiones, conflictivos, generando incertidumbre en el cronograma de los proyectos, la falta de un diálogo intercultural efectivo y de una distribución justa de los beneficios puede generar oposición local, frenando el desarrollo que se busca impulsar, (Sarmiento & Durán, 2021).

Aunque existen marcos normativos e incentivos para las energías renovables, persisten desafíos en la financiación y en la agilidad burocrática, de igual manera los altos costos iniciales de los proyectos de energía renovable y los riesgos percibidos, asociados a la inestabilidad regulatoria y a los retrasos mencionados, pueden dificultar el acceso al financiamiento competitivo, especialmente en el contexto de país en desarrollo (EAN, 2023).

Marco Teórico

Latinoamérica ha forjado su desarrollo energético históricamente sobre la base de fuentes no renovables como el petróleo y el gas natural, esta dependencia ha planteado importantes desafíos en términos de sostenibilidad ambiental y seguridad energética para la región, según lo documentado por la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2020) en su informe clave para comprender las dinámicas energéticas globales y regionales. El crecimiento económico sostenido y una acelerada urbanización han impulsado una demanda energética en constante ascenso, lo que, a su vez, ha generado una imperiosa necesidad de explorar alternativas más limpias y sostenibles, un análisis de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Pérez, M., 2021) sobre el papel de la transición energética en la recuperación sostenible de la región, también resalta la urgencia de diversificar las matrices energéticas para reducir la vulnerabilidad a los mercados de combustibles fósiles y enfrentar la crisis climática.

Desde la década de los 90, varios países latinoamericanos iniciaron una gradual, pero firme, incursión en la inversión en energía eólica, aunque la adopción inicial fue paulatina, los avances tecnológicos y la consecuente reducción de costos han sido determinantes para un notable incremento en la capacidad instalada, la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2015) ya destacaba en su publicación "Energía eólica en América Latina: 3 aspectos clave" cómo la reducción de costos de los aerogeneradores y la implementación de políticas de fomento, han sido cruciales. De acuerdo con el Global Wind Energy Council (GWEC, 2024) en su "Global Wind Report 2021" naciones como Brasil, México y Chile se han posicionado como líderes regionales, impulsando la inversión en energías renovables mediante la implementación de políticas y marcos regulatorios favorables, la energía eólica, en este contexto, ofrece múltiples beneficios, incluyendo una significativa disminución de las emisiones de gases de efecto

invernadero, la diversificación de la matriz energética y la creación de empleo en el sector de las energías renovables.

Un estudio realizado por (IRENA, 2020), a través de su informe "Renewable Power Generation Costs in 2019" subraya el papel crucial que la energía eólica puede desempeñar en la reducción de la huella de carbono en la región, contribuyendo directamente a los objetivos de mitigación del cambio climático, además, al ser una fuente de energía inherentemente local contribuye a mejorar la seguridad energética y a mitigar la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles, no obstante, a pesar de su vasto potencial, la implementación de la energía eólica en Latinoamérica no está exenta de desafíos, estos incluyen la variabilidad inherente del recurso eólico, la necesidad de desarrollar una infraestructura adecuada que soporte su expansión y, en algunos casos, la resistencia de ciertos sectores a la transición energética, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2020) en su publicación "Watts on: una mirada al sector energético de América Latina y el Caribe" discute los desafíos de la infraestructura de transmisión y la variabilidad de las energías renovables; superar estos obstáculos es imperativo y requiere del respaldo continuo de políticas públicas robustas, financiamiento internacional y una creciente conciencia sobre la trascendencia de la sostenibilidad.

En el panorama latinoamericano, Brasil y México emergen como los países con mayor capacidad de generación eólica, es así como Brasil se perfila como el líder indiscutible en Latinoamérica, seguido por México, con cifras que respaldan esta afirmación, en contraste, la situación en Colombia es particular; a pesar de contar con una capacidad instalada significativa, (Colombia, Ministerio de Minas y Energía de, 2022) indica que la capacidad de energía eólica aún no explota completamente el vasto potencial del país, adicionalmente, Colombia posee una normatividad que ofrece incentivos a las empresas que deciden invertir en este tipo de proyectos,

como la Ley 2099 de 2021 (Congreso de la republica de Colombia, 2021), que establece disposiciones para la transición energética, sin embargo, y en una decisión que parece contradecir la filosofía de las energías sustentables, en 2023 se incrementaron del 1% al 6% las transferencias eléctricas para la energía eólica y solar, medida establecida en el Artículo 233 de la Ley 2294 de 2023 (Prensa Jurídica, 2025), lo que, lamentablemente, reduce el atractivo del país para la inversión en proyectos de esta índole.

Para la comprensión de esta propuesta, es fundamental establecer una base conceptual sólida. Los términos que a continuación se definen son clave para la correcta interpretación de las ideas expuestas y, al mismo tiempo, delimitan el alcance y enfoque de este trabajo.

La energía eólica se define como aquella que se genera directamente de la fuerza del viento a través de un generador eólico, siendo inagotable y no contaminante (BBVA, 2025). La velocidad del viento es un factor determinante en la cantidad de electricidad que puede producir una turbina, siendo su análisis fundamental para evaluar el potencial eólico, el aerogenerador es el dispositivo esencial que transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica, empleando rotores con aspas diseñadas para maximizar la captación de energía, cuyo movimiento rotacional se transmite al generador (Endesa, 2021) en contraposición, los combustibles fósiles, como el petróleo, el gas natural y el carbón, son recursos energéticos de origen no renovable formados a partir de restos de organismos acumulados por millones de años (Universidad Europea, 2023).

Las energías renovables, comprenden aquellas fuentes naturales que se reponen a una velocidad superior a la de su consumo, asegurando su disponibilidad a largo plazo (Naciones Unidas, 2025) En suma, la normatividad se refiere a un conjunto de reglas que buscan encaminar el comportamiento social, estableciendo derechos y deberes, y siendo coercibles, esto se

materializa en la legislación, que representa el cuerpo de leyes por las cuales se rige un estado o una materia específica, y es creada por una autoridad competente como el Congreso (UNAL, 2021).

Metodología

La presente monografía se estructuró con base en las fases generales que caracterizan los procesos metodológicos de la investigación. Dichas fases o etapas se ilustran en el siguiente esquema que representa de manera genérica la secuencia lógica un proceso de investigación.

Figura 1

Esquema Genérico del Proceso Metodológico de la Investigación



Nota. Este esquema presenta los pasos a seguir para alcanzar el proceso metodológico.

Fuente. Autoría propia.

La metodología empleada para el cumplimiento del objetivo general adoptó un enfoque cualitativo, descriptivo y documental, y se desarrolló bajo un razonamiento inductivo. Esto implica que, a través de la recolección y análisis de información secundaria-artículos científicos, informes técnicos, marcos normativos y casos de estudio-, se construyó un panorama general sobre la evolución de la energía eólica en Latinoamérica y se contextualizó la situación de Colombia en este ámbito. El proceso se organizó en tres fases metodológicas alineadas con los

objetivos específicos; las técnicas empleadas, los instrumentos y el tipo de fuentes de información que se analizaron se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1

Cuadro Metodológico

Objetivo específico	Técnicas aplicadas	Instrumentos empleados	Fuentes de información
1. Caracterizar las tecnologías eólicas predominantes en América Latina y su relación con las condiciones territoriales que determinan su implementación.	- Revisión de información secundaria y sistematización de información. - Análisis de factores territoriales. - Integración de resultados en matrices comparativas.	- Matriz descriptiva de tecnologías (ventajas, desventajas, países predominantes). - Matriz comparativa de tecnologías LATAM (eficiencia, generación de energía, potencia instalada, integración a la red, costo). - Resumen analítico de hallazgos.	Literatura científica, informes técnicos, bases de datos especializados, publicaciones institucionales.
2. Analizar el marco normativo sobre energía eólica en Latinoamérica,	- Revisión del marco legal a nivel internacional, nacional y regional.	- Matriz normativa (país, emisor, descripción/título, articulado,	Páginas oficiales de ministerios y agencias regulatorias,

destacando el marco legal de Colombia frente a los avances de países referentes.	- Sistematización de la información en matriz normativa. - Análisis comparativo y contextual.	aplicabilidad). - Fichas de registro normativo. - Análisis comparativo narrativo.	organismos internacionales (IRENA, IEA, CEPAL), normas nacionales (ej. NTC en Colombia).
3. Realizar un análisis comparativo de casos de estudio en países latinoamericanos, con énfasis en México y Brasil, para establecer similitudes, diferencias y la posición de Colombia en el desarrollo de la energía eólica.	- Revisión documental de casos de estudio. - Análisis comparativo narrativo.	- Fichas descriptivas de casos de estudio. - Contrastación narrativa de hallazgos. - Síntesis de similitudes y diferencias frente a Colombia.	Documentos técnicos, literatura científica, informes oficiales, publicaciones académicas y reportes nacionales sobre energía eólica.

Nota. Esta tabla muestra el contenido de la metodología con sus técnicas, instrumentos y fuentes de información revisadas. *Fuente.* Autoría propia.

Metodología para el Desarrollo del Objetivo Específico 1

Para el alcance del primer objetivo específico se llevó a cabo la revisión documental en fuentes de información tales como: literatura científica, informes técnicos, entre otros. La información recopilada fue estructurada en matrices de análisis que permitieran organizar y comparar las variables de interés con el propósito de caracterizar las tecnologías eólicas empleadas en Latinoamérica integrando tanto sus atributos técnicos como los factores territoriales (meteorología, geomorfología y aspectos socioeconómicos).

Primera Técnica: Revisión de Información Secundaria y Sistematización de Información

Se realizaron las lecturas críticas de documentos técnicos y científicos para condensar la información de los diferentes tipos de tecnologías eólicas en los territorios (aerogeneradores de eje horizontal, vertical, parques Onshore, Offshore). Esta información se organizó en una matriz descriptiva de tecnologías en la cual se analizaron variables como su prevalencia, características técnicas y adopción en diversos países de la región (Guzman & Gonzales, 2019) posteriormente, los resultados fueron sintetizados en resumen analítico.

Segunda Técnica: Análisis de Factores Territoriales

De manera complementaria, se recopiló información secundaria en las zonas donde se han implementado las tecnologías. Este análisis permitió relacionar las características técnicas de cada tecnología con la viabilidad de su aplicación en contextos específicos, teniendo en cuenta factores tales como velocidad y constancia del viento, la topografía, la accesibilidad y su aceptación social.

Tercera Técnica: Integración de Resultados en Matrices Comparativas

Los resultados obtenidos en ambas fases se sistematizaron en matrices comparativas las cuales facilitaron la identificación de patrones, semejanzas y diferencias, entre diferentes países de Latinoamérica. Este proceso permitió construir un panorama integral sobre el estado de evolución de la energía eólica en Latinoamérica y su relación con los factores territoriales que determinan la aplicación de las tecnologías. A continuación, se presenta el formato de las matrices:

Tabla 2

Formato Matriz Ventajas y Desventajas

Tecnología	Descripción	Ventajas	Desventajas	Países
Eólica				predominantes
	Aerogeneradores			
	Eje Horizontal			
	Aerogeneradores			
	Eje vertical			
	Parques Eólicos			
	Onshore			
	Parques Eólicos			
	Offshore			

Nota. Formato que se empleará para encontrar las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de tecnologías. *Fuente.* Adaptada de Guzmán & González (2019).

Tabla 3*Formato matriz comparativa tecnologías LATAM*

Ítem	Nombre Tecnología	País que la Emplea	C1 Eficiencia	C2 Generación de Energía	C3 Potencia Instalada	C4 Red Eléctrica	C5 Costo
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Nota. Formato de matriz que se propone para comparar las diferentes tecnologías eólicas con respecto a la eficiencia, la potencia instalada, la red eléctrica y los costos. Fuente. Autoría propia.

Metodología para el Desarrollo del Objetivo Específico 2

Para el alcance del objetivo número dos se realizó una revisión documental del marco normativo orientado a la recopilación y análisis de disposiciones legales en diferentes escalas que incluyen: 1) Políticas públicas y marcos regulatorios, 2) Normatividad nacional y regional, 3) Normas internacionales aplicables.

Primera Técnica: Revisión del Marco Legal a Nivel Internacional, Nacional y Regional

Se consultó en las páginas oficiales de los ministerios, agencias regulatorias y organismos internacionales para recopilar el marco normativo relacionado con tecnologías de generación

eólica en distintos países de Latinoamérica. Esta revisión incluyó disposiciones de alcance internacional y normas certificables como las (NTC). A partir de esta revisión se consolidó un análisis completo que integró las bases regulatorias principales que constituyen la columna vertebral para la implementación de este tipo de tecnología en países latinoamericanos.

Segunda Técnica: Sistematización de la Información en Matriz Normativa

La información que se analizó fue sistematizada posteriormente en una matriz normativa que está estructurada de la siguiente manera:

Tabla 4

Formato matriz normativa

Norma – País	Emisor	Descripción/Título	Articulado	Aplicabilidad

Nota. Esta tabla es el formato que se empleará para hacer la revisión de la normatividad. *Fuente.*

Autoría propia.

Esta matriz permitió una lectura comparativa entre países y facilitó el análisis del nivel de avance de cada marco legal.

Tercera Técnica: Análisis Comparativo y Contextual

Finalmente, se realizó un análisis comparativo que permitió establecer los patrones comunes en la regulación, la existencia de desafíos normativos y las limitaciones que se pueden generar en la implementación de tecnologías eólicas en Latinoamérica. Adicionalmente, se profundizó en el estado de avance del marco regulatorio en Colombia en la materia, contrastando

su legislación con países referentes como Brasil y México, lo que permitió establecer fortalezas y áreas de mejora para el contexto nacional.

Metodología para el Desarrollo del Objetivo Específico 3

Para el cumplimiento del objetivo específico 3 se analizaron algunos casos de estudio con diferentes niveles de implementación de las tecnologías eólicas como: México, Brasil (referentes principales) y Chile, Uruguay y Argentina (ejemplos complementarios). Posteriormente, los hallazgos fueron comparados con lo que ocurre en el caso colombiano, y esto permitió establecer un panorama integral de similitudes y diferencias en el desarrollo del sector.

Primera Técnica: Revisión Documental de Casos de Estudio

Se recopilaron documentos técnicos que describían casos de estudios puntuales. La información obtenida a partir de esta revisión documental permitió que se llevara a cabo la identificación de aspectos técnicos territoriales y normativos asociados a cada caso.

Posteriormente, los hallazgos fueron comparados con la situación colombiana, lo que permitió establecer semejanzas, diferencias y oportunidades para el desarrollo de tecnologías eólicas en el país.

Resultados

Resultado Objetivo Específico 1: Tecnologías y Condiciones Territoriales

Tipos de Tecnologías

Tecnologías Eólicas Predominantes. A continuación, se presentarán los tipos de tecnologías predominantes en América Latina, así como sus aplicaciones, lo anterior, presentado en un cuadro que indica las naciones que las implementan y las ventajas y desventajas que presentan las mismas:

Tabla 5

Descripción tecnologías

Tecnología	Descripción	Ventajas	Desventajas	Países
Eólica				predominantes
Aerogeneradores Eje Horizontal	Horizontal, más comunes en el mercado	Alta eficiencia y capacidad de generación	Requieren vientos constantes y fuertes	Brasil, México, Chile
Aerogeneradores Eje vertical	Turbinas con rotor vertical, menos comunes	Menor impacto visual y pueden operar en vientos turbulentos	Menor eficiencia en comparación con los de eje horizontal	Uruguay, Colombia
Parques Eólicos Onshore	Instalaciones en tierra, donde se	Costos de instalación más bajos y	Dependencia de la ubicación	Argentina, México, Brasil

Tecnología	Descripción	Ventajas	Desventajas	Países
Eólica				predominantes
	ubican múltiples turbinas	mantenimiento accesible	geográfica y del terreno	
Parques Eólicos Offshore	Instalaciones en el mar, donde se aprovechan vientos más fuertes	Mayor capacidad de generación y menos interferencia con el uso del suelo	Altos costos de instalación y mantenimiento	Chile (en desarrollo).

Nota. La tabla presente las ventajas y desventajas que contiene cada una de las tecnologías eólicas presentes en Latinoamérica. *Fuente.* Adaptada de (Enel Green Power, 2024)

Aerogeneradores de Eje Horizontal (HAWT) y de Eje Horizontal (VAWT).

Aerogeneradores de Eje Horizontal (HAWT)

Son los más comunes y reconocidos, con el eje de rotación paralelo al suelo.

Ventajas: Suelen tener mayor eficiencia global, aprovechando mejor la velocidad y dirección del viento. Su tecnología está más desarrollada y son más económicos de fabricar y mantener a gran escala debido a la producción masiva (MINT, 2025). Son ideales para grandes parques eólicos y vientos constantes (Iberdrola, 2025).

Desventajas: Requieren sistemas de orientación para alinearse con el viento, pueden generar mayor ruido y tienen un impacto visual más significativo debido a su tamaño (Gonzalez, s.f). Suponen una amenaza para las aves.

Aerogeneradores de Eje Vertical (VAWT)

Su eje de rotación es perpendicular al suelo, con palas que giran alrededor de un eje vertical.

Ventajas: No necesitan orientarse al viento, lo que los hace versátiles para vientos variables y entornos urbanos (Iberdrola, 2025) Son más compactos, generan menos ruido y tienen un impacto visual más discreto (Gonzalez, s.f). Algunos modelos pueden arrancar con vientos de baja velocidad.

Desventajas: Generalmente tienen una eficiencia ligeramente inferior a los HAWT (Gonzalez, s.f). Suelen ser más costosos de fabricar y pueden requerir mantenimiento más especializado debido a su diseño si se busca gran potencia, su tamaño aumenta exponencialmente.

Parques Eólicos Terrestres y Marítimos.

Parques Eólicos Terrestres (Onshore).

Son los más extendidos, ubicados en tierra firme.

Ventajas: Son más fáciles y económicos de construir y mantener debido a su accesibilidad y cercanía a la red eléctrica (Segui, 2025). Permiten la coexistencia con actividades agrícolas o ganaderas.

Desventajas: Limitaciones de espacio, posible impacto visual y acústico en las comunidades cercanas (Segui, 2025). Los vientos en tierra pueden ser menos constantes y fuertes que en el mar., pueden generar compactación y erosión del suelo (Cruz.A, 2022).

Parques Eólicos Marítimos (Offshore)

Se construyen en el mar, generalmente cerca de las costas.

Ventajas: Aprovechan vientos más fuertes y constantes, lo que permite una mayor producción energética y el uso de aerogeneradores de mayor tamaño (Gonzalez, s.f). Reducen significativamente el impacto visual y acústico en zonas pobladas

Desventajas: Mayor costo y complejidad en su construcción, instalación y mantenimiento debido a las difíciles condiciones marítimas (Gonzalez, s.f). La tecnología es más emergente y los costos iniciales son más altos.

A continuación, se presenta un resumen ilustrativo de las tecnologías y tipos de parques expuestos en el presente numeral:

Tecnologías (tipos de turbinas)

Figura 2

Aerogenerador de Eje Horizontal



Nota. Turbina eólica o generador eólico de eje horizontal. Fuente. aerogenerador (Enel Green Power, 2024) [fotografía]

Figura 3

Aerogenerador de Eje Vertical



Nota. Las turbinas eólicas de eje vertical son aquellas en las que los ejes siempre están alineados con el viento. Tomado de (TotalEnergies, Sf) [fotografía]

Aplicaciones (Tipos de parques)

Figura 4

Parques Eólicos Onshore



Nota. Parque eólico onshore. Energía eólica. *Fuente.* Adaptado de *que es la energía eólica terrestre* (Iberdrola, 2025) [fotografía]

Figura 5

Parque eólico Offshore



Nota. Parque eólico en offshore. Energía eólica. *Fuente.* Adaptado de *que es la energía eólica terrestre* (Iberdrola, 2025) [fotografía]

La energía eólica en América Latina está en crecimiento, impulsada por la necesidad de diversificar las fuentes de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, los aerogeneradores de eje horizontal son la tecnología predominante, pero también se están explorando otras opciones, como los aerogeneradores de eje vertical y los parques eólicos offshore, para aprovechar al máximo el potencial eólico de la región.

Características de las Turbinas Eólicas Utilizadas en Latinoamérica. En el presente numeral se desarrollará un análisis técnico de los dos (2) tipos de turbinas eólicas implementadas en diferentes países de Latino América, en este se resaltarán las características principales de cada una de ellas:

Tecnología de Aerogeneradores de Eje Horizontal (HAWT).

La eficiencia energética de los aerogeneradores de eje horizontal (HAWT, por sus siglas en inglés) son ampliamente reconocidos por su alta eficiencia en la conversión de la energía

eólica en electricidad, su diseño, que permite a las palas capturar el viento de manera efectiva, los hace particularmente aptos para áreas con vientos constantes y fuertes (Council, 2022) . Esta eficiencia se traduce en un mejor rendimiento, con capacidades de conversión que pueden alcanzar hasta el 50-60%, lo que los posiciona como una opción preferida para proyectos de gran escala y contribuye significativamente a la producción de energía renovable a nivel global.

En cuanto a la Capacidad de generación en términos de capacidad de generación, los HAWT generalmente tienen potencias individuales que varían entre 1.5 y 3 MW, aunque existen modelos de mayor tamaño, lo que les permite generar grandes cantidades de energía en comparación con otras tecnologías eólicas, como los aerogeneradores de eje vertical (IRENA, 2023) esta mayor capacidad, junto con su diseño, facilita la escalabilidad de los proyectos. La instalación de múltiples unidades en parques eólicos maximiza la producción de energía y optimiza el uso del espacio disponible, lo que es crucial para la expansión de la energía eólica a gran escala (Global Wind Energy Council, 2024).

El desarrollo tecnológico de los aerogeneradores de eje horizontal (HAWT, por sus siglas en inglés) ha experimentado avances continuos en las últimas décadas, marcando una evolución significativa en la industria eólica, estas mejoras han abarcado el diseño de las palas, optimizando su aerodinámica para una mayor eficiencia en la captura del viento; el desarrollo de sistemas de control más sofisticados, capaces de adaptarse a diferentes condiciones de viento y maximizar la producción energética; y la implementación de materiales avanzados (como compuestos de fibra de carbono), que incrementan la eficiencia y durabilidad de las turbinas (Correa, J, & Isaza, J., 2021).

Estas innovaciones en diseño han dado lugar a turbinas más grandes y versátiles, capaces de operar eficazmente en una amplia variedad de entornos y velocidades de viento. Esto no solo

ha permitido aumentar la capacidad de generación individual de cada aerogenerador, sino que también ha ampliado las zonas aptas para la instalación de parques eólicos, incluyendo regiones con recursos eólicos moderados o complejos.

En cuanto a sus Costos de producción el creciente despliegue global de la energía eólica ha permitido alcanzar significativas economías de escala, este fenómeno ha resultado en una disminución sustancial de los costos de fabricación e instalación de los aerogeneradores de eje horizontal (HAWT), lo que los hace cada vez más competitivos en comparación con otras fuentes de energía, tanto renovables como convencionales (Quintana,J., 2024). Aunque los HAWT requieren mantenimiento periódico, sus costos operativos son relativamente bajos en comparación con otras tecnologías de generación eléctrica, especialmente en parques eólicos que implementan una gestión eficiente y programas de mantenimiento preventivo. La aplicación de estrategias como la monitorización continua y el mantenimiento predictivo contribuye a prolongar la vida útil de los equipos y a optimizar la producción energética, lo que, a su vez, mejora la rentabilidad a largo plazo de estos proyectos (Vectorenrenewables, 2023).

Desde una perspectiva de impacto ambiental, la energía eólica se erige como una fuente de energía inherentemente limpia, caracterizada por la ausencia de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante su operación (García,R, & Cervantes C., 2020). Esta característica la convierte en un pilar fundamental en la lucha global contra el cambio climático y un componente indispensable para la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles y descarbonizados, contribuyendo directamente a los objetivos de mitigación climática.

Además, los aerogeneradores de eje horizontal (HAWT) ofrecen una notable flexibilidad en el uso del suelo, a diferencia de otras infraestructuras, pueden ser instalados en terrenos agrícolas o ganaderos, permitiendo un uso dual del terreno, esta compatibilidad entre la

producción de energía y las actividades tradicionales primarias minimiza la competencia por el espacio, facilitando la coexistencia de la generación eólica con la producción de alimentos y el cuidado del ganado, un aspecto crucial para la planificación territorial y la aceptación social de los proyectos (Barral, M., 2023).

La adaptabilidad y flexibilidad de los HAWT son aspectos clave para su implementación global. Pueden ser instalados en diversas geografías, desde zonas costeras hasta áreas montañosas, siempre que exista un recurso eólico adecuado que garantice su viabilidad económica y operativa (González, 2020) su integración en redes eléctricas existentes es relativamente sencilla, lo que facilita su incorporación en la matriz energética de un país y contribuye a la diversificación de las fuentes de energía y a la seguridad del suministro.

Tecnología de Aerogeneradores de Eje Vertical (VAWT).

Diseño y funcionamiento

Orientación Independiente: Los aerogeneradores de eje vertical pueden captar el viento de cualquier dirección sin necesidad de un sistema de orientación. Esto los hace ideales para áreas donde los vientos son turbulentos o cambian de dirección con frecuencia (Iberdrola, 2025).

Menor Altura: Generalmente, los VAWT son más bajos que los aerogeneradores de eje horizontal, (Iberdrola, 2025), lo que facilita su instalación en espacios reducidos y en entornos urbanos.

Impacto visual y acústico

Menor Impacto Visual: Su diseño más compacto y su menor altura pueden ser menos intrusivos en el paisaje, lo que puede ser un factor importante en áreas donde la estética es una preocupación (Gonzalez, s.f).

Reducción del Ruido: Los VAWT tienden a generar menos ruido en comparación con los aerogeneradores de eje horizontal, lo que los hace más adecuados para entornos residenciales (Gonzalez, s.f).

Condiciones de viento

Eficiencia en Vientos Turbulentos: Los aerogeneradores de eje vertical son más eficientes en condiciones de viento variable y turbulento, lo que los hace ideales para áreas urbanas o regiones con vientos cambiantes.

Menor Riesgo de Daños: Al estar diseñados para operar en una variedad de condiciones de viento, tienen un menor riesgo de daños en situaciones de viento extremo (MINT, 2025).

Mantenimiento y operación

Accesibilidad para Mantenimiento: Su diseño permite un acceso más fácil para el mantenimiento, ya que muchas veces no requieren grúas grandes para su instalación o reparación.

Menor Complejidad Mecánica: Los VAWT suelen tener menos componentes móviles en comparación con los aerogeneradores de eje horizontal, lo que puede traducirse en menores costos de mantenimiento (MINT, 2025).

Aplicaciones diversas

Uso en Espacios Reducidos: Son ideales para aplicaciones en áreas urbanas, techos de edificios, y zonas donde el espacio es limitado. Esto permite aprovechar el potencial eólico en lugares donde no se pueden instalar turbinas más grandes.

Integración en Proyectos Pequeños: Pueden ser utilizados en proyectos de energía renovable a pequeña escala, como sistemas de energía para viviendas o comunidades (Iberdrola, 2025).

Sostenibilidad y energía renovable

Energía Limpia: Al igual que otros tipos de aerogeneradores, los VAWT generan energía sin emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la sostenibilidad y a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles.

Fomento de la Energía Local: Su uso en comunidades pequeñas puede fomentar la autosuficiencia energética y reducir la dependencia de la red eléctrica (Energía Evolucionada, 2024).

Parques Eólicos Onshore.

Costos de instalación y operación

Menor Costo Inicial: La construcción de parques eólicos onshore generalmente implica costos de instalación más bajos en comparación con los parques offshore. Esto se debe a la menor complejidad de la infraestructura necesaria y a la accesibilidad del terreno.

Mantenimiento Accesible: El mantenimiento de las turbinas en tierra es más fácil y menos costoso, ya que no se requieren embarcaciones especializadas ni equipos de

elevación complejos, lo que reduce los costos operativos a largo plazo (Crosby Airpes. (s.f.)).

Accesibilidad y logística

Facilidad de Acceso: Los parques eólicos onshore son más accesibles para la construcción y el mantenimiento, lo que permite una logística más sencilla en términos de transporte de materiales y equipos.

Menor Complejidad en la Construcción: La construcción en tierra no enfrenta los desafíos técnicos y logísticos que conlleva la instalación en el mar, como la necesidad de plataformas flotantes o la resistencia a las condiciones marinas (Repsol,sf).

Recursos eólicos

Ubicación Estratégica: Muchos parques eólicos onshore se instalan en áreas con recursos eólicos abundantes, como llanuras, colinas o zonas costeras, donde los vientos son más fuertes y constantes (Repsol,sf).

Optimización del Espacio: Los parques pueden ser diseñados para maximizar la producción de energía en función de las *características del terreno y los patrones de viento* (Gonzalez, s.f).

Impacto ambiental

Energía Renovable: Los parques eólicos onshore generan energía limpia y renovable, contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a la lucha contra el cambio climático (Grupo Forma-t, 2022).

Uso Dual del Suelo: En muchos casos, los terrenos utilizados para parques eólicos pueden seguir siendo utilizados para la agricultura o la ganadería, permitiendo un uso dual del suelo (Asociación Empresarial Eólica (AEE)., 2023).

Desarrollo económico local

Creación de Empleo: La construcción y operación de parques eólicos onshore generan empleo local, desde la construcción hasta el mantenimiento y la operación, lo que puede tener un impacto positivo en la economía regional.

Inversión en Infraestructura: La instalación de parques eólicos puede llevar a mejoras en la infraestructura local, como caminos y redes eléctricas, beneficiando a la comunidad en general (Grupo Forma-t, 2022).

Integración en la red eléctrica

Facilidad de Conexión: Los Parques Eólicos Onshore pueden conectarse más fácilmente a las redes eléctricas existentes, lo que facilita la integración de la energía generada en el sistema eléctrico nacional.

Estabilidad de la Red: La energía eólica puede contribuir a la estabilidad de la red eléctrica, especialmente cuando se combina con otras fuentes de energía renovable (IDAEE, 2011).

Parques Eólicos Offshore.

Mayor potencial de generación: Los vientos en el mar suelen ser más fuertes y constantes que en tierra, lo que permite que los parques eólicos offshore generen más energía. Esto se traduce en una mayor eficiencia y producción de electricidad (Vectorenrenewables, 2023).

Menor impacto visual y acústico: Al estar ubicados en el mar, estos parques son menos visibles desde la costa y generan menos ruido, lo que puede ser beneficioso para las comunidades cercanas y la vida silvestre en tierra (Vectorenrenewables, 2023).

Espacio disponible: En muchas regiones, el espacio en tierra es limitado y puede ser costoso. El mar ofrece una gran cantidad de espacio para instalar turbinas eólicas sin competir con otros usos del suelo (Gonzalez, s.f).

Reducción de emisiones de carbono: Al generar energía a partir de una fuente renovable como el viento, los parques eólicos offshore contribuyen a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, ayudando a combatir el cambio climático.

Desarrollo económico: La construcción y operación de parques eólicos offshore puede generar empleo y estimular la economía local, desde la fabricación de turbinas hasta la instalación y mantenimiento (Crosby Airpes. (s.f.)).

Diversificación de la matriz energética: Incorporar energía eólica offshore ayuda a diversificar las fuentes de energía de un país, lo que puede aumentar la seguridad energética y reducir la dependencia de combustibles fósiles.

Innovación tecnológica: La industria de la energía eólica offshore está en constante evolución, impulsando la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías que pueden hacer que la energía eólica sea aún más eficiente y accesible (Crosby Airpes. (s.f.)).

Innovaciones Tecnológicas y Tendencias.

Turbinas de mayor capacidad: En los últimos años, se ha visto un aumento en el uso de turbinas eólicas de mayor capacidad y eficiencia. Estas turbinas pueden generar más energía con menos unidades, lo que reduce los costos de instalación y mantenimiento (WWEA, 2021).

Tecnología de flotación: en países con costas extensas, como Chile y Brasil, se están explorando parques eólicos flotantes, esta tecnología permite instalar turbinas en aguas más profundas, donde los vientos son más fuertes y constantes, ampliando así el potencial de generación (WWEA, 2021).

Integración de energía renovable: se están desarrollando sistemas de gestión de energía que permiten integrar la energía eólica con otras fuentes renovables, como la solar, esto ayuda a optimizar la producción y el uso de energía, mejorando la estabilidad de la red eléctrica (IDAEE, 2011).

Almacenamiento de energía: la implementación de tecnologías de almacenamiento, como baterías de litio, está en aumento, esto permite almacenar la energía generada por los parques eólicos para su uso en momentos de baja producción, mejorando la confiabilidad del suministro (IDAEE, 2011).

Digitalización y monitoreo: la digitalización está transformando la operación y el mantenimiento de los parques eólicos, el uso de sensores y análisis de datos permite un monitoreo en tiempo real, lo que ayuda a predecir fallos y optimizar el rendimiento de las turbinas (WWEA, 2021).

Políticas de apoyo y financiamiento: varios países de la región están implementando políticas favorables y mecanismos de financiamiento para fomentar la inversión en energía eólica, esto incluye incentivos fiscales, subastas de energía y acuerdos de compra de energía a largo plazo (WWEA, 2021).

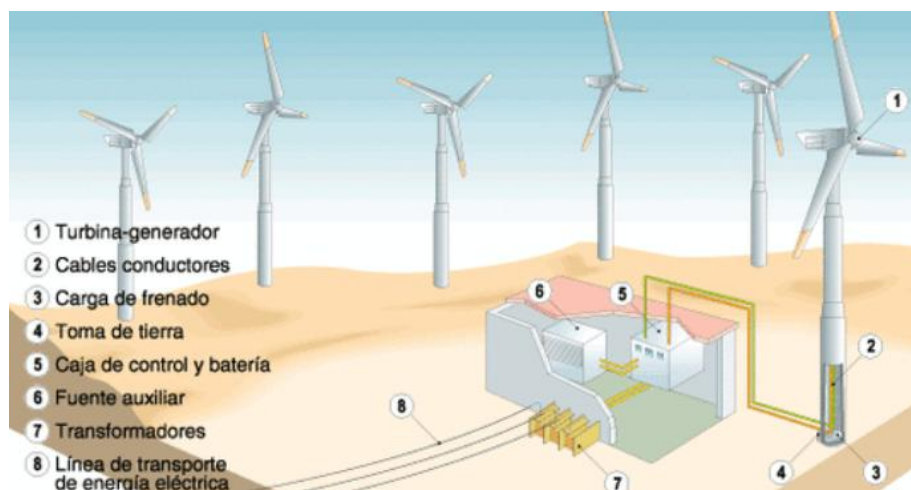
Proyectos comunitarios: hay un creciente interés en proyectos de energía eólica comunitaria, donde las comunidades locales participan en la planificación y operación de

parques eólicos, esto no solo promueve la aceptación social, sino que también genera beneficios económicos para las comunidades (Asociación Empresarial Eólica (AEE)., 2023).

Investigación y desarrollo: universidades y centros de investigación en América Latina están trabajando en el desarrollo de nuevas tecnologías y soluciones para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la energía eólica, adaptándolas a las condiciones locales (Barral, M., 2023).

Figura 6

Sistemas Eólico



Nota. Ilustración de un sistema Eólico. *Fuente.* Adaptado de que es la energía eólica terrestre (Pepeenergy, 2021) [fotografía].

Turbina generadora: es el componente principal que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica y, posteriormente, en energía eléctrica, está compuesta por las palas, el rotor y el generador.

Cables de conducción: son los conductores eléctricos que transportan la energía generada por la turbina hacia otros componentes del sistema, como la caja de control y la batería.

Carga de frenado: este componente se utiliza para disipar la energía eléctrica en caso de que la turbina esté generando más energía de la que se puede utilizar o almacenar. Ayuda a evitar daños en el sistema.

Toma de tierra: es un sistema de seguridad que conecta eléctricamente el sistema a la tierra. Protege a las personas y equipos de descargas eléctricas y sobrecargas.

Caja de control y batería: la caja de control gestiona el funcionamiento del sistema eólico, regulando la producción de energía y protegiendo los componentes, la batería almacena la energía generada para su uso posterior.

Fuente auxiliar: es un sistema que proporciona energía adicional para el funcionamiento de los componentes del sistema eólico, especialmente en momentos en que la producción de energía es baja.

Transformadores: estos dispositivos convierten la energía eléctrica de un voltaje a otro, permitiendo que la energía generada sea transportada de manera eficiente a largas distancias.

Línea de transporte de energía: son las líneas eléctricas que llevan la energía generada desde el sistema eólico hasta los consumidores o la red eléctrica.

Comparación de Características Técnicas y de Funcionalidad de las Tecnologías Eólicas

Comparación de Tipos de Turbina. A continuación, se presente un cuadro comparativo con de las tecnologías en Latinoamérica

Tabla 6

Comparativo características tecnologías LATAM

ITE	NOMBRE	PAIS	C1	C2	C3poten	C4 red	C5
M	TECNOLO	QUE	eficiencia	generació	cia	eléctrica	COSTOS
	GÍA	LA		n de	instalad		(Nivelados
		EMPL		energía	a		de
		EA					Electricid
							ad -
							LCOE)
1	Aerogenera dores de Eje Horizontal (HAWT)	Brasil	Entre 35% y 50% en las regiones con mejores recursos (especialm ente en el Nordeste).	Principalm ente a través de grandes parques eólicos terrestres (onshore) con turbinas de alta potencia (superiores a 4 MW).	29 GW	Sistema Interconect ado Nacional (SIN) con alta capacidad de integración de energías renovables	Entre \$25 y \$35 USD/MWh . Uno de los más competitiv os a nivel mundial.
2	Aerogenera dores de Eje	Colom bia	Alrededor del 40-	Proyectos a gran	0.5 GW (con una	Sistema Interconect	Se estima entre \$30 y

ITE	NOMBRE	PAIS	C1	C2	C3poten	C4 red	C5
M	TECNOLOGÍA	QUE LA EMPL EA	eficiencia	generación de energía	cia instalada	eléctrica	COSTOS (Nivelados de Electricidad - LCOE)
	Horizontal (HAWT)		60% en la región de La Guajira, una de las de mayor potencial a nivel mundial.	escala en desarrollo y operación, principalm ente en La Guajira, utilizando turbinas de última generación	cartera de proyecto s en construc ción y asignado s de más de 3 GW).	ado Nacional (SIN) en proceso de fortalecimi ento para evacuar la energía desde La Guajira.	\$45 USD/MWh para los nuevos proyectos.
3	Aerogeneradores de Eje Horizontal (HAWT)	Uruguay	Superior al 40% en promedio nacional.	Matriz eléctrica con una de las	1.5 GW	Red eléctrica robusta e interconect	Históricam ente entre \$60 y \$70 USD/MWh

ITE	NOMBRE	PAIS	C1	C2	C3poten	C4 red	C5
M	TECNOLOGÍA	QUE LA EMPLA	eficiencia	generación de energía	cia instalada	eléctrica	COSTOS (Nivelados de Electricidad - LCOE)
				mayores penetraciones de energía eólica del mundo, a través de parques eólicos distribuidos en el territorio.		ada que ha gestionado con éxito la alta variabilidad de la generación eólica.	en las primeras licitaciones. Los costos actuales de nuevos proyectos serían menores.
4	Aerogeneradores de Eje Horizontal (HAWT)	Argentina	Entre 35% y 55% en la Patagonia,	Desarrollo de grandes parques eólicos,	3.7 GW	Sistema Argentino de Interconexión	Las Licitaciones del programa

ITE	NOMBRE	PAIS	C1	C2	C3poten	C4 red	C5
M	TECNOLOGÍA	QUE LA EMPLA	eficiencia	generación de energía	cia instalada	eléctrica	COSTOS (Nivelados de Electricidad - LCOE)
			región con vientos de excepcion al calidad.	principalmente en las provincias del sur (Chubut, Santa Cruz) y en la provincia de Buenos Aires.		ión (SADI) con necesidad de ampliación y modernización para integrar un mayor volumen de energía renovable desde las zonas de recurso a	RenovAr han promediado entre \$40 y \$55 USD/MWh. La incertidumbre económica puede afectar los costos de financiamiento.

ITE	NOMBRE	PAIS	C1	C2	C3poten	C4 red	C5
M	TECNOLOGÍA	QUE LA EMPLA	eficiencia	generación de energía	cia instalada	eléctrica	COSTOS (Nivelados de Electricidad - LCOE)
						los centros de demanda.	
5	Aerogeneradores de Eje Horizontal (HAWT)	México	Alrededor del 35-45% en zonas estratégicas como el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca.	Concentración de parques eólicos a gran escala en regiones con alto potencial eólico.	7.3 GW	Sistema Eléctrico Nacional (SEN) con desafíos en la planificación de la transmisión para evitar la congestión y permitir	Subastas de largo plazo lograron precios muy competitivos, por debajo de los \$25 USD/MWh. Los costos

ITE	NOMBRE	PAIS	C1	C2	C3poten	C4 red	C5
M	TECNOLOGÍA	QUE LA EMPLA	eficiencia	generación de energía	cia instalada	eléctrica	COSTOS (Nivelados de Electricidad - LCOE)
						la conexión de nuevos proyectos.	actuales de desarrollo pueden ser mayores debido al marco regulatorio.
6	Aerogeneradores de Eje Horizontal (HAWT)	Chile	Entorno al 30-40%. Excelente recurso en la Patagonia (Magallanes) y en zonas	Combinación de grandes parques eólicos que abastecen al Sistema Eléctrico	4.8 GW	Sistema Eléctrico Nacional (SEN) robusto y en continua expansión, con un	Entre \$30 y \$40 USD/MWh. La competitividad del sector es alta.

ITE	NOMBRE	PAIS	C1	C2	C3poten	C4 red	C5
M	TECNOLOGÍA	QUE LA EMPL EA	eficiencia	generación de energía	cia instalada	eléctrica	COSTOS (Nivelados de Electricidad - LCOE)
			costeras del norte y centro del país.	Nacional y proyectos orientados a la producción de hidrógeno verde.		mercado eléctrico competitivo que incentiva la inversión en renovables	

Nota. Esta tabla muestra las diferencias técnicas en las tecnologías. *Fuente.* Adaptado de (IRENA, 2024), (MINENERGIA, 2023), (GWEC, 2024), (AMDEE, 2023),

Análisis Cuadro Comparativo.

Eficiencia (C1): la eficiencia está altamente ligada a la calidad del recurso eólico, países como Colombia y Argentina, con regiones de viento constante como La Guajira o la Patagonia,

logran eficiencias destacadas, la eficiencia técnica se mantiene relativamente homogénea por el uso generalizado de turbinas modernas.

Generación de Energía (C2): la estrategia de implementación varía ya que algunos países cuentan con ella, parques maduros, otros están en transición hacia una mayor incorporación Uruguay destaca por su alta penetración eólica, mientras que Colombia avanza hacia un cambio estructural.

Potencia Instalada (C3): Brasil lidera con gran diferencia, seguido por México. Colombia tiene actualmente poca capacidad instalada, pero cuenta con una cartera de proyectos muy prometedora.

Red Eléctrica (C4): la capacidad de la red es un factor crítico para la expansión de energías renovables. Las inversiones en infraestructura eléctrica son tan importantes como en generación.

Costos Nivelados de Electricidad (LCOE) (C5): México y Brasil presentan los costos más competitivos a nivel global. Colombia y Chile también están en niveles razonables. Argentina y Uruguay han tenido costos más altos, aunque se espera que nuevos proyectos los reduzcan, el marco regulatorio, estabilidad financiera y planificación influyen fuertemente en el LCOE.

Condiciones Geográficas y Climáticas. La energía eólica, ya sea en tierra o en el mar, necesita ciertas condiciones en el entorno geográfico y climático para ser realmente eficiente y sostenible, en Latinoamérica, la variedad de paisajes y climas brinda muchas oportunidades, pero también trae consigo desafíos que hay que tener en cuenta al planear y desarrollar estos proyectos, a continuación, se detallan las condiciones generales necesarias y las particularidades de Latinoamérica, una región del mundo con un gran potencial para la energía eólica.

Velocidad y Frecuencia del Viento en Tierra. Al igual que en otras partes del mundo, este es un factor clave, en Latinoamérica se encuentran regiones con un potencial eólico impresionante, como la Patagonia en Argentina con 9 y 11 m/s, el Istmo de Tehuantepec en México con 8 y 10 m/s y la región de La Guajira en Colombia con 6 y 8 m/s, estas áreas se destacan por tener altas velocidades promedio de viento durante todo el año y una buena consistencia, un estudio sobre el potencial eólico en América Latina resalta que países como Brasil, Argentina y México están a la vanguardia en capacidad instalada terrestre, gracias en gran medida a su habilidad para identificar y aprovechar regiones con vientos favorables. ***(CAF, Energía eólica en América Latina: 3 aspectos clave, 2015)*** de otro lado en Colombia, el Atlas de Viento del IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) identifica la región de La Guajira y la Isla de San Andrés como zonas con las velocidades de viento más altas del país (entre 6 y 8 m/s) (Albor, Y, 2022).

Topografía. La topografía plana o con suaves elevaciones que favorecen el flujo constante del viento es la más adecuada, sin embargo, hay algunas áreas con pasos montañosos que también pueden dirigir vientos fuertes, aunque es necesario realizar estudios detallados para reducir la turbulencia y asegurar la accesibilidad para poder llevar la Infraestructura, el acceso para el transporte de equipos y la conexión a la red eléctrica representan desafíos significativos en varias regiones de Latinoamérica.

Accesibilidad al Territorio. Latinoamérica, debido a su geografía y a una infraestructura menos desarrollada, la cercanía a carreteras ya existentes y la necesidad de construir nuevas líneas de transmisión afectan de manera considerable los costos del proyecto, de igual manera se deben tener en cuenta las consideraciones ambientales y sociales ya que Latinoamérica es hogar de una gran biodiversidad y de comunidades indígenas, por lo que la elección de lugares para parques eólicos terrestres debe llevarse a cabo con estudios de impacto ambiental y social, así como con procesos de consulta previa cuando sea necesario, es así como se encuentran estudios sobre los impactos de parques eólicos en el noreste de México que señala la importancia de considerar la biodiversidad local y los posibles efectos en las aves migratorias **(G, 2017)**.

En Colombia, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) ha dado viabilidad ambiental a proyectos eólicos en La Guajira tras un proceso de consulta previa con las comunidades Wayuu, el Parque Eólico Trupillo y la línea de conexión A 500 kV Casa Eléctrica-Colectora 1 y subestación Casa Eléctrica, son los dos proyectos viabilizados por la ANLA en la Alta Guajira, con los cuales la cifra asciende a 17 licencias otorgadas, este proyecto está ubicado exactamente en el municipio de Uribia lugar topográficamente apto para parques eólicos debido a su alta exposición a los vientos, característicos de la región, este municipio se encuentra en un

territorio agreste con bosque seco, lo que lo hace susceptible a los fuertes vientos que soplan en la zona, por esta razón allí se localizan los dos nuevos proyectos de energía renovable que la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) ha viabilizado mediante el otorgamiento de la licencia ambiental (ANLA, 2024).

Velocidad y Consistencia del Viento.**La Velocidad y Consistencia del Viento**

marino genera un potencial eólico en Latinoamérica el cual es realmente impresionante, ya que los vientos suelen ser más fuertes y constantes que los que encontramos en tierra, las regiones costeras, con sus vientos alisios robustos y persistentes, presentan una gran oportunidad para aprovechar esta energía, la energía eólica marina en América Latina señala que países como Colombia y Brasil están avanzando en la exploración de este recurso, reconociendo el potencial de sus costas, la energía eólica marina se distingue bastante de otras formas de energía renovable, ya que las turbinas en alta mar pueden girar más rápido y generar energía de manera constante y uniforme, gracias a la ausencia de obstáculos que se encuentran en tierra (Austrian,A, 2022) Colombia ha identificado varias zonas en el Caribe con velocidades de viento promisorias para el desarrollo de parques eólicos marinos, con proyectos en planificación en áreas como La Guajira, Santa Marta y Barranquilla, esto se debe a que Colombia, esta geolocalizada con accesos tanto al Océano Pacífico como al Mar Caribe y está posicionada de manera única para aprovechar estos vientos marinos, transformando brisas en energía sustentable (Bleger,M, 2024).

Efectividad Según Condiciones Territoriales y Capacidades Socioeconómicas.

Colombia. Tiene un gran potencial eólico, estimado en 30 GW, especialmente en áreas como La Guajira, donde las condiciones geográficas y los vientos son ideales para el desarrollo de esta energía, al poner en marcha la capacidad ya aprobada, podríamos ver un aumento significativo en la producción de energía eólica en los próximos años, se espera que para 2027, la energía eólica represente casi el 40% de la matriz de capacidad eléctrica del país. (Vega,A & Muñoz C., 2023). Sin embargo, los avances, la incorporación de energías renovables en el mercado energético colombiano, dicha tecnología ha tenido que lidiar con varios obstáculos entre estos desafíos, se puede mencionar: la elevada inversión inicial, un marco legal poco sólido, la ausencia de políticas energéticas claras, la falta de incentivos financieros, una infraestructura deficiente, el rechazo cultural o la falta de aceptación social, y la escasa información sobre el potencial del recurso eólico disponible, además la topografía diversa del país implica que la viabilidad de proyectos eólicos varíe considerablemente entre regiones, la distancia a la red eléctrica principal y la cobertura/uso del suelo son factores importantes a considerar en la planificación de estos proyectos (*Guerrero,Hoyos., 2019*).

A pesar de su potencial, la capacidad instalada de energía eólica en Colombia en 2022 fue de solo 18.4 MW, representando un porcentaje muy bajo de la capacidad eléctrica total del país (SEI, 2023) esto se debe a diversos factores, incluyendo aspectos legales, sociales, culturales, económicos y tecnológicos que han limitado su desarrollo (Sosapanta Salas, 2020). No obstante, se espera un aumento significativo en la capacidad eólica en los próximos cinco años, lo que podría impulsar la creación de empleo local y beneficios para las comunidades (SEI, 2023).

México. Cuenta con un potencial eólico máximo estimado en 40,000 MW, siendo uno de los más altos de Latinoamérica, en particular la región del istmo de Tehuantepec presenta velocidades de viento ideales para este tipo de generación con uno de los mayores potenciales de generación, de energía eólica en todo el mundo, calculado entre 5 000 y 7 000 MW de capacidad anual, suficiente para abastecer a 18 millones de habitantes del medio urbano, el enorme potencial del istmo de Tehuantepec se debe a la potencia del viento, que excede los 1 200 watts por metro cuadrado (W/m²) entre los meses de octubre y febrero; a su velocidad estimada en ocho metros sobre segundo (m/s) a 50 metros por arriba del suelo y a la presencia de crestas y cordilleras con elevaciones de terreno de 500 a 1 000 metros sobre todo en las zonas de La Mata, La Venta y La Ventosa (**SEGOB, S.F**) . Regiones como Oaxaca y Yucatán han experimentado un desarrollo significativo de parques eólicos. Sin embargo, la instalación de estos parques ha generado controversias sociales y ambientales debido al acceso a los territorios y los impactos en la propiedad social de la tierra (**ZARATE E, 2020**).

En 2022, la capacidad instalada de energía eólica en México alcanzó los 7,317 MW, generando más del 6% de la electricidad del país, México ha logrado costos de operación bajos en sus parques eólicos, lo que permite ofrecer electricidad asequible. Se espera que la capacidad instalada se duplique en los próximos 10 años, superando los 15,000 MW y gracias al avance tecnológico, el precio de la generación ha experimentado una reducción considerable, en los últimos 12 años el costo de energía se redujo en 72% gracias al avance tecnológico, convirtiéndose en una de las fuentes de energía más baratas a diferencia de otras tecnologías, los parques eólicos generan pocos residuos y no producen gases tóxicos ni radiaciones que afecten a su entorno, además, el área en la que se encuentran es compatible con otras actividades, como la agricultura y la ganadería, y sus instalaciones pueden volver a recuperarse (**AMDEE, 2023**)

Chile. Presenta condiciones geográficas y climáticas favorables para el desarrollo de la energía eólica, especialmente en el sur del país (ICEX, 2024). La Patagonia, en el extremo sur, tiene algunos de los vientos más fuertes del planeta, la costa chilena y las diferencias de altitud también ofrecen excelentes condiciones para la instalación de parques eólicos, se estima un potencial técnico de miles de MW de capacidad instalable. debido a sus condiciones geográficas y meteorológicas la costa chilena, las diferencias de altitud y el desierto de Atacama ofrecen excelentes condiciones para la instalación de plantas de energía eólica entre otras, En Chile, el 45 por ciento del total de la corriente eléctrica es generado con energías renovables (*Farmbauer, 2019*)

Chile cuenta con una cartera de proyectos eólicos de 29.4 GW, lo que representa casi la capacidad de generación total del país que es de que asciende a 36,5 GW (ICEX, 2024). La tecnología eólica ha madurado, impactando positivamente en la confiabilidad y los costos de inversión (SANTANA, 2006). El país está explorando el potencial de la energía eólica marina para apoyar la transición energética (ICEX, 2024).

Brasil. Se destaca como el país más avanzado en energía eólica en América Latina, con un potencial superior a los 1200 GW, incluyendo un gran potencial para la energía eólica marina debido a su extensa costa con de más de 7,400 kilómetros, vientos favorables y áreas con profundidades adecuadas para cimientos fijos y flotantes, Brasil cuenta con un entorno ideal (*PEÑA, 2024*) Regiones como Rio Grande do Norte, Bahía y Piauí son importantes centros de generación eólica (*ICEX & Neoenergia, s.f*).

La energía eólica representa el 11% de la matriz eléctrica de Brasil, siendo la segunda fuente de generación de energía del país (ICEX & Neoenergia, s.f) en 2021, la energía eólica representó más del 50% de la nueva potencia instalada en el país (ICEX, 2022) Brasil cuenta con

una mano de obra calificada y experiencia en la gestión de energías renovables (PEÑA, 2024) sin embargo, la instalación de parques eólicos ha generado conflictos socioambientales con comunidades campesinas e indígenas (BESSI, 2025).

Uruguay. Está situado en una región con vientos constantes y velocidades promedio que hacen posible y eficiente la generación de energía eólica. La falta de grandes barreras montañosas permite un flujo de viento relativamente uniforme. La predominancia de terrenos llanos y ondulados facilita la instalación y el acceso a los parques eólicos, lo que reduce los costos de construcción y mantenimiento en comparación con terrenos más accidentados. La topografía suave del país simplifica el despliegue de la infraestructura necesaria para los parques eólicos, gracias su paisaje de penillanuras y cientos de millas de costa oceánica y fluvial, Uruguay tiene una ubicación ideal para la generación de energía solar, eólica (*CAF, 2021*)

El proyecto eólico en Uruguay se consolida en los años 2009-2010, se introducen las energías renovables no convencionales en la matriz eléctrica, explícitamente eólica, fotovoltaica y biomasa, las centrales eólicas se construyeron entre 2013 y 2017. Para comienzos de 2018 estaban todos operativos (.G, 2020). Uruguay cuenta con un total de 43 parques eólicos que generan energía. Eso representa, hoy, un 33% del origen de la energía eléctrica (BORDABELI, 2020).

Argentina. Posee un excelente potencial eólico, especialmente en la región patagónica, que cuenta con niveles de viento excepcionales (*JONES, 2021*) la expansión de la capacidad eólica se ha concentrado en el sur de Buenos Aires, el noreste de Chubut y el Golfo de San Jorge, el Centro Regional Patagónico-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), realizó el Atlas del Potencial Eólico del Sur Argentino en 1986, este permitió caracterizar el recurso eólico patagónico, con vientos constantes Oeste-Este, a velocidades medias entre 9 y 12m/s y con un factor de capacidad que en muchos sitios supera el 35% , Los resultados arrojados alentaron las instalaciones eólicas (*Clementi, 2021*).

A partir de 2016, se observa un renovado interés en el aprovechamiento del viento, con numerosos proyectos que han reconfigurado el mapa eólico argentino (*Clementi, 2021*) Argentina posee uno de los mayores potenciales eólicos terrestres del mundo. Más de la mitad del territorio está cubierto por vientos cuya velocidad media anual – medida a 50m de altura – supera los 6m/s. La capacidad eólica acumulada experimentó un salto significativo entre 2017 y 2020, representando un porcentaje importante de la capacidad renovable nacional Los nuevos proyectos reconfiguran el mapa eólico argentino, en los cuales se consolidan tres epicentros: 1) el Sur bonaerense (13 proyectos por 1009MW), 2) el Noreste de Chubut (10 por 862MW) y 3) el Golfo de San Jorge (cuatro por 321MW). A su vez, la frontera eólica se expande hacia nuevos territorios en La Pampa, Mendoza, Córdoba y Río Negro, cuyo potencial es puesto en valor a través de una o dos iniciativas. (*Clementi, 2021*).

En base en el análisis anteriormente descrito, respecto a los países que tienen mayores porcentajes de implementación y funcionamiento de energías limpias se puede afirmar que: aquellos territorios que se encuentran geográficamente cerca de la línea del Ecuador presentan mayores desafíos a nivel socio-ambiental, no obstante la diferencia significativa radica en las

necesidades propias de las sociedades junto con las desigualdades de orden económico y territorial que no han entrado en conciliación con las nuevas tecnologías y que requieren una mayor acción gubernamental.

Para enfrentar estos desafíos en clave Invertir en infraestructura de transmisión eléctrica ya que la capacidad de la red de transmisión es, sin duda, un cuello de botella, por ello, se recomienda, desarrollar planes maestros de expansión de la red eléctrica que prioricen la integración de la energía eólica en las zonas de mayor recurso, ir de la mano de la inversión público-privada para fomentar modelos de inversión conjunta entre el sector público y privado para financiar la construcción y modernización de líneas de transmisión, también es fundamental, implementar sistemas de redes inteligentes que permitan una gestión más eficiente de la intermitencia de la energía eólica y optimicen la integración.

Así mismo, se requiere diversificar y facilitar el acceso a la financiación para dar viabilidad económica a los proyectos y esto requiere de promover la colaboración con entidades como el BID, el Banco Mundial y la CAF para acceder a financiación a largo plazo y con tasas preferenciales, al mismo tiempo que impulsar la creación de bonos verdes y otros instrumentos financieros que atraigan inversión privada nacional e internacional y explorar seguros y garantías que reduzcan los riesgos percibidos por los inversores, especialmente en mercados emergentes.

Respecto a los desafíos sociales, es de gran importancia promover la participación y aceptación social para evitar conflictos y asegurar el éxito a largo plazo requiere de establecer canales de comunicación abiertos y honestos con las comunidades locales desde las primeras etapas de los proyectos, así como de implementar iniciativas que aseguren que las comunidades anfitrionas se beneficien directamente de los proyectos (ej. empleo local, desarrollo de

infraestructura, participación en ingresos) y realizar estudios exhaustivos que identifiquen y mitiguen los posibles impactos negativos sobre las comunidades y el medio ambiente.

Resultado de Objetivo Específico 2: Normatividad de Tecnologías Eólicas en Latinoamérica

Como parte de la presente monografía, se ha considerado de gran importancia mencionar la normatividad existente a nivel nacional e internacional, para el impulso y regulación a la aplicación de este tipo de tecnologías.

Organismos Internacionales y su Influencia en Latinoamérica

OLADE (Organización Latinoamericana de Energía). promueve la integración. energética regional y la cooperación entre los países de América Latina y el Caribe en materia de energía, incluyendo las renovables.

IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables). apoya a los países en su transición hacia un futuro energético sostenible, proporcionando información, análisis y recomendaciones sobre políticas y tecnologías de energías renovables, incluyendo la eólica.

CONVENIO 169 OIT. El convenio obliga a los estados a llevar a cabo en proyectos que afecten a las comunidades étnicas procesos de Consulta Previa esta se debe realizar de buena fe, en un proceso libre e informado.

Políticas Públicas y Marcos Regulatorios

Colombia.

Marco Regulatorio.

Ley 1715 de 2014: regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014.

Resolución MME 40368 de 2024: modifica la Resolución 40284 de 2022, definiendo el proceso competitivo para permisos de ocupación temporal en áreas marítimas para proyectos eólicos costa afuera. Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014.

Políticas Públicas.

Política de Energías Renovables 2019: promueve la diversificación de la matriz energética mediante incentivos a energías limpias, con énfasis en eólica. Regula la generación y distribución de energía Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2019). Política de Energías Renovables.

México.

Marco Regulatorio.

Ley de la Industria Eléctrica 2019: priorizando las energías renovables y estableciendo mecanismos de apoyo. Cámara de Diputados de México. (2019). Ley de la Industria Eléctrica.

Programa Nacional de Energías Limpias (PRONEL) 2014: promueve el desarrollo de energías renovables, incluyendo la eólica, para reducir emisiones y diversificar la matriz energética. Secretaría de Energía de México. (2014). PRONEL.

Políticas Públicas.

Se enfoca en la diversificación de la matriz energética a través de energías renovables.

Chile.

Marco Regulatorio.

D.F.L. N.º 4/20.018: fija el texto refundido de la Ley General de Servicios Eléctricos. Congreso Nacional de Chile. (2008). Ley 20.257.

Ley 20.257 de Energías Renovables 2008: establece metas de participación de energías renovables en la matriz energética y crea incentivos para su desarrollo, incluyendo la eólica. Congreso Nacional de Chile. (2008). Ley 20.257.

Ley 20.698 2007: propicia la ampliación de la matriz energética mediante fuentes renovables no convencionales. Ministerio de Energía Chile 2007.

Políticas Públicas.

Política Energética 2050 2018: define una hoja de ruta para alcanzar una matriz energética sostenible, con fuerte impulso a la energía eólica y solar. Ministerio de Energía de Chile. (2018). Política Energética 2050.

Brasil.

Marco Regulatorio.

Ley nº 10.438/2002 - Política Nacional de Energía: establece incentivos para su desarrollo, incluyendo la energía eólica. Congreso Nacional de Brasil. (2002). Ley nº 10.438/2002.

Proinfa (Programa de Incentivos a las Fuentes Alternativas de Energía): incentiva la generación de energía a partir de fuentes renovables, con énfasis en eólica, biomasa y pequeña hidroeléctrica. Ministerio de Minas y Energía de Brasil. (2002). Proinfa.

Políticas Públicas.

Las políticas locales buscan promover la fabricación nacional y la creación de empleo en el sector de energía eólica marina.

Uruguay.

Marco Regulatorio.

Ley 18.889 (Ley de Urgente Consideración - LUC): otorga mayor independencia administrativa, financiera y técnica a Ursea.

Ley 18.600 de Energías Renovables: establece metas de participación de energías renovables en la matriz energética y fomenta proyectos eólicos mediante incentivos. Congreso Nacional de Uruguay. (2009). Ley 18.600.

Ley Nacional de Electricidad, N° 14.694: establece que la generación de energía eléctrica es libre. Ministerio de industria y energía Uruguay 1977.

Plan Nacional de Energías Renovables 2015: define estrategias para ampliar la generación eólica y solar, promoviendo su integración en el sistema eléctrico. Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay. (2015). *Plan Nacional de

Políticas Públicas.

La Política Energética 2005-2030 busca alcanzar el nivel óptimo en el uso de energías renovables, incluyendo la eólicas.

Argentina.

Marco Regulatorio.

Ley 25.019: régimen Nacional de Energía Eólica y Solar, La Secretaría de Energía de la Nación, propiciará que los distribuidores de energía comprenden a los generadores de energía eléctrica de origen eólico, el excedente de su generación con un tratamiento similar al recibido por las centrales hidroeléctricas de pasada. Ministerio de justicia de la Nación septiembre 23 de 1998.

Ley 27.191: régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica.

Políticas Públicas.

Programa Argentina Renovable, que incluye el programa RENOVAR y el Mercado a Término de Energía Eléctrica de Fuente Renovable (MATER).

Normativas Nacionales y Regionales (Colombianas)

Ley 1715 de 2014: regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Esta ley 1 establece el marco general para el desarrollo de proyectos de energía eólica en Colombia, incluyendo incentivos fiscales y regulatorios. Congreso de la República de Colombia 13 mayo de 2014

Resolución MME 40368 de 2024: modifica la Resolución 40284 de 2022, definiendo el proceso competitivo para permisos de ocupación temporal en áreas marítimas para proyectos eólicos costa afuera. Esta resolución es crucial para el desarrollo de la energía eólica marina en Colombia. Ministerio de Minas 2022.

Normativa Regional (La Guajira)

Planes de Ordenamiento Territorial (POT): los POT de los municipios de La Guajira, como Uribia, Manaure y Maicao, incluyen disposiciones sobre el uso del suelo para proyectos de energía renovable, incluyendo la eólica. Es importante revisar los POT específicos de cada municipio para conocer las regulaciones detalladas.

Corporación Autónoma Regional de La Guajira (CORPOGUAJIRA): esta entidad es responsable de la gestión ambiental en La Guajira y establece regulaciones para la obtención de licencias ambientales para proyectos eólicos.

Consideraciones Adicionales

Licencias Ambientales. Todos los proyectos eólicos en Colombia requieren una licencia ambiental otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

Conexión a la Red. Los proyectos deben cumplir con los requisitos técnicos para la conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Desafíos Normativos y Regulatorios

Incertidumbre Regulatoria.

Descripción. La falta de marcos regulatorios claros y estables en algunos países de la región dificulta la inversión a largo plazo en proyectos eólicos, los cambios frecuentes en las políticas energéticas y la falta de reglas claras sobre la conexión a la red, los permisos y las tarifas generan incertidumbre para los inversores (OLADE, 2023).

Impacto. Retraso o cancelación de proyectos, menor inversión extranjera directa y dificultad para alcanzar los objetivos de energía renovable.

Barreras Burocráticas.

Descripción. Los procesos de obtención de permisos y licencias para proyectos eólicos pueden ser largos y complejos, involucrando a múltiples agencias gubernamentales y requiriendo numerosos estudios y evaluaciones (BID, 2020).

Impacto. Aumento de los costos de los proyectos, retrasos en la puesta en marcha y desincentivo para el desarrollo de nuevos parques eólicos.

Falta de Armonización Regional.

Descripción La ausencia de una normativa regional armonizada dificulta el comercio transfronterizo de energía eólica y la integración de los mercados energéticos (OLADE, 2023).

Impacto. Limitación del potencial de la energía eólica para contribuir a la seguridad energética regional y la diversificación de la matriz energética.

Competencia con Fuentes de Energía Convencionales.

Descripción. En algunos países, las políticas energéticas favorecen a las fuentes de energía convencionales (combustibles fósiles) a través de subsidios o regulaciones que no reflejan los costos ambientales y sociales (Ackermann, 2017).

Impacto. Dificultad para que la energía eólica compita en igualdad de condiciones, menor inversión en proyectos eólicos y mantenimiento de una alta dependencia de los combustibles fósiles.

Desafíos Socioambientales.

Descripción. La construcción de parques eólicos puede generar impactos socioambientales, como la afectación de la avifauna, el ruido y la alteración del paisaje. La falta de regulaciones claras y mecanismos adecuados para la participación de las comunidades locales puede generar conflictos y retrasos en los proyectos (Gilio-Pérez, 2023).

Impacto. Oposición de las comunidades locales, judicialización de los proyectos y daños a la biodiversidad.

Fortalezas de la Normatividad Actual

Marcos Regulatorios Promotores en Algunos Países.

Descripción. Algunos países de la región, como Brasil, Chile y Uruguay, han implementado marcos regulatorios sólidos y estables que fomentan la inversión en energía eólica. Estos marcos incluyen incentivos fiscales, subastas de energía renovable y reglas claras para la conexión a la red (GWEC, 2024).

Impacto. crecimiento significativo de la capacidad instalada de energía eólica, atracción de inversión extranjera y reducción de los costos de generación.

Conciencia sobre el Cambio Climático.

Descripción. La creciente conciencia sobre los impactos del cambio climático y los compromisos internacionales de reducción de emisiones (Acuerdo de París) están impulsando la adopción de políticas energéticas más favorables a las energías renovables, incluyendo la eólica (Naciones Unidas, 2015).

Impacto. Mayor apoyo gubernamental a los proyectos eólicos, establecimiento de metas de energía renovable más ambiciosas y desarrollo de incentivos para la inversión.

Potencial Eólico de la Región.

Descripción. Latinoamérica cuenta con un gran potencial eólico, con regiones como la Patagonia argentina y chilena, el noreste de Brasil y la costa de Colombia que presentan condiciones de viento excepcionales (IRENA, 2023).

Impacto. Atracción de inversores interesados en aprovechar este recurso natural, desarrollo de proyectos eólicos a gran escala y contribución a la seguridad energética regional.

Madurez Tecnológica y Reducción de Costos.

Descripción. La tecnología eólica ha alcanzado un alto grado de madurez, lo que ha permitido una significativa reducción de los costos de generación. La energía eólica es cada vez más competitiva con las fuentes de energía convencionales (Lazard's, 2024).

Impacto. Mayor viabilidad económica de los proyectos eólicos, aumento de la inversión y diversificación de la matriz energética.

Debilidades de la Normatividad Actual

Falta de Aplicación y Cumplimiento de las Normas.

Descripción. En algunos países, a pesar de existir una normativa favorable a la energía eólica, la falta de capacidad institucional y la corrupción dificultan su aplicación y cumplimiento (Transparencia Internacional, 2023).

Impacto. Incertidumbre jurídica, menor protección de los inversores y retrasos en los proyectos.

Regulaciones Desactualizadas.

Descripción. En algunos casos, las regulaciones existentes no se adaptan a las particularidades de la energía eólica, como su intermitencia y la necesidad de una planificación a largo plazo (BID, 2020).

Impacto. Dificultad para la integración de la energía eólica en la red eléctrica, menor eficiencia de los proyectos y limitaciones al desarrollo de nuevas tecnologías.

Falta de Participación de las Comunidades Locales.

Descripción. En muchos países, la normativa no garantiza una adecuada participación de las comunidades locales en la planificación y desarrollo de los proyectos eólicos, lo que puede generar conflictos y retrasos (Guerrero,Hoyos., 2019).

Impacto. Oposición de las comunidades, judicialización de los proyectos y daños a la reputación de la industria eólica.

Falta de Incentivos para la Innovación:

Descripción. La normativa actual no siempre ofrece incentivos suficientes para la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías eólicas, como la energía eólica marina o los sistemas de almacenamiento de energía (IRENA, 2024).

Impacto. Limitación del potencial de la energía eólica para contribuir a la descarbonización del sector energético y la creación de empleo.

Conclusiones desafíos normativos

Lo que se puede evidenciar después de todo el análisis normativo, es que el desarrollo de la energía eólica en Latinoamérica presenta desafíos legislativos y regulatorios importantes, pero también cuenta con fortalezas significativas, lo anterior debido a que la tecnología avanza a mayor velocidad que los organismos que crean las leyes en la región.

Por lo anterior, es importante destacar que para aprovechar el potencial eólico de la región y contribuir a la transición energética, es fundamental que los países implementen marcos regulatorios claros, estables y adaptados a las particularidades de dichas tecnologías, para tal efecto, se hace necesaria la asesoría de protocolos de acción (entidades, personas y organizaciones) que faciliten la creación de marcos normativos flexibles que vayan de la mano con la tecnología y no la anclen al pasado o la estancuen en el presente y en consecuencia no pueda avanzar hacia el futuro.

En resumen, es de vital importancia fortalecer las instituciones gubernamentales y del sector dedicados a estas tecnologías para garantizar el cumplimiento de las normas, promover la participación de las comunidades locales e incentivar la innovación a través de alianzas que propendan por espacios en donde la creatividad e innovación tengan un lugar para prosperar en energías limpias y herramientas eficientes que acompañen dichos procesos, se quedan cortas las conclusiones.

Así mismo, en cuanto a los marcos regulatorios y políticos es fundamental que los gobiernos de Latinoamérica implementen y mantengan marcos regulatorios estables, transparentes y predecibles, esto incluye:

Crear planes energéticos con horizontes de al menos 10 a 20 años, que brinden certeza a los inversores y desarrolladores, reducir la burocracia y los tiempos de espera para la aprobación de proyectos eólicos, ofrecer exenciones fiscales, créditos o subsidios que hagan más atractiva la inversión en proyectos eólicos, continuar y perfeccionar los mecanismos de subastas competitivas para la asignación de contratos de suministro de energía eólica.

Resultados Objetivo Específico 3: Análisis de Casos de Estudio en Latinoamérica

Casos de Estudio de Proyectos Exitosos

Colombia.

Nombre del Caso. Parque Eólico Jepírachi

País. Colombia

Cobertura de la Energía Generada. 20 MW

Población Beneficiada. aproximadamente 100,000 habitantes en la región de La Guajira.

Análisis. Jepírachi fue el primer parque eólico a gran escala en Colombia, marcando un hito en el desarrollo de energías renovables en el país. A pesar de los desafíos iniciales, demostró la viabilidad técnica y económica de la energía eólica en la región de La Guajira, caracterizada por fuertes vientos. Su éxito sentó las bases para futuros proyectos eólicos en Colombia. *"El Parque Eólico Jepírachi, con sus 20 MW de capacidad instalada, ha sido fundamental para diversificar la matriz energética de Colombia"* (UPME, 2021).

Figura 7

Parque Eólico Jeparachi



Nota. Parque Eólico Jepirachi en la Guajira Colombia (El tiempo, 2023)[fotografía]

México.

Nombre del Caso. Complejo Eólico Eurus

País. México

Cobertura de la Energía Generada. 250 MW

Población Beneficiada. Suministra energía a diversas industrias y hogares en el estado de Oaxaca, contribuyendo a la red nacional.

Análisis. Eurus fue en su momento el parque eólico más grande de América Latina. Su gran capacidad de generación y su ubicación estratégica en el Istmo de Tehuantepec, una zona con excelentes recursos eólicos, lo convierten en un proyecto emblemático. Demostró la capacidad de México para desarrollar proyectos eólicos a gran escala y atraer inversión en el sector. *"El Complejo Eólico Eurus, ubicado en Oaxaca, representa un ejemplo del potencial eólico de México y su capacidad para generar energía limpia a gran escala. (CEMEX, 2009)*

Figura 8**Parque Eólico Eurus**

Nota. Parque Eólico Eurus Oaxaca México (Acciona, s.f) [fotografía]

Chile.

Nombre del Caso. Parque Eólico Canela I y II

País. Chile

Cobertura de la Energía Generada. Canela I: 18.15 MW, Canela II: 60 MW (Total: 78.15 MW)

Población Beneficiada. suministra energía al Sistema Interconectado Central (SIC), beneficiando a millones de habitantes en la zona central de Chile.

Análisis. los parques eólicos Canela I y II fueron pioneros en el desarrollo de la energía eólica en Chile. Su éxito demostró la viabilidad de la tecnología en el país y contribuyó a la diversificación de la matriz energética, históricamente dependiente de la hidroelectricidad y los combustibles fósiles. Estos proyectos allanaron el camino para el auge de la energía eólica en Chile.

" Chile con 2 MW, recordando que la potencia total instalada en nuestro país para la generación de energía en 2006 fue de 12.370 MW." (Chable,C, 2008)

Figura 9

Parque Eólico Canela I y II



Nota. Parque eólico Canela I y II en Coquimbo Chile (Enel Green Power, 2024)

Brasil.

Nombre del Caso. Complejo Eólico Alto Sertão I, II y III

País. Brasil

Cobertura de la Energía Generada. Aproximadamente 386 MW (combinación 3 fases)

Población Beneficiada. Suministra energía al Sistema Interconectado Nacional (SIN), beneficiando a una amplia población en todo el país.

Análisis. el Complejo Eólico Alto Sertão es uno de los mayores complejos eólicos de América Latina. Su desarrollo en la región de Bahía, con fuertes vientos, ha impulsado el crecimiento de la energía eólica en Brasil. Este proyecto ejemplifica la capacidad de Brasil para desarrollar proyectos eólicos a gran escala y su compromiso con la diversificación de su matriz energética.

" Situado en los municipios de Caetit , Guanambi e Igapor  del Estado brasileño de Bahía, el complejo eólico Alto Sertao tiene 293,6 MW. de potencia instalada."

(EUROGRUAS, 2012)

Figura 10

Parque Eólico Alto Sertão I, II y III



Nota. Parque eólico Alto Sertão I, II y III (Medinilla, 2023), [fotografía]

Uruguay.

Nombre del Caso. Parque Eólico Valentines

País. Uruguay

Cobertura de la Energía Generada 70 MW

Población Beneficiada. contribuye significativamente al suministro eléctrico nacional, beneficiando a la totalidad de la población uruguaya al integrarse a la red nacional.

Análisis. el Parque Eólico Valentines es un ejemplo del ambicioso programa de Uruguay para integrar energías renovables en su matriz energética. Uruguay ha logrado una de las mayores penetraciones de energía eólica en el mundo, y proyectos como Valentines han sido

fundamentales para alcanzar este éxito, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y estabilizando los precios de la electricidad.

Figura 11

Parque Eólico Valentines



Nota. Parque Eólico Valentines departamento la treinta y tres en Uruguay (Ambito, 2023),

[fotografía]

Argentina.

Nombre del Caso. Parque Eólico Rawson

País. Argentina

Cobertura de la Energía Generada. 97.2 MW

Población Beneficiada. suministra energía al Sistema Argentino de Interconexión (SADI), beneficiando a una amplia población en la Patagonia y el resto del país.

Análisis: El Parque Eólico Rawson, ubicado en la provincia de Chubut, una región con excelentes recursos eólicos fue uno de los primeros proyectos eólicos a gran escala en Argentina.

Marcó el inicio del desarrollo significativo de la energía eólica en el país y demostró el potencial de la Patagonia como una región clave para la generación de energía limpia.

Figura 12

Parque Eólico Rawson



Nota. Parque Eólico Rawson en la provincia de Chubut Argentina (Diario Jornada, 2015)

Si bien todos los países antes mencionados tienen casos de éxito, es de gran importancia que se logre impulsar la integración energética regional y para esto la colaboración transfronteriza tiene un potencial inmenso en aspectos como trabajar hacia la estandarización de normativas y procedimientos que faciliten la interconexión de redes y el comercio de energía eólica entre países y crear espacios para que los países compartan experiencias exitosas, lecciones aprendidas y mejores prácticas en el desarrollo eólico.

Factores Clave de Éxito y Fracaso

Este estudio ha permitido evidenciar los factores clave que han impulsado y, en ocasiones, dificultado el crecimiento de la energía eólica en América Latina, a continuación, se presentan los identificados:

El Potencial es Inmenso y Sobreexplotado. Latinoamérica posee un recurso eólico vastísimo, con países como Brasil, México, Argentina y Chile a la vanguardia en capacidad instalada. Sin embargo, en muchos lugares, este potencial sigue sin ser aprovechado al máximo, lo que representa una gran oportunidad para la transición energética.

Marcos Regulatorios Estables Son Cruciales. Los países que han logrado un mayor desarrollo eólico, como Brasil y México, se beneficiaron de políticas gubernamentales claras y estables, que ofrecieron seguridad a los inversionistas. La incertidumbre regulatoria, por el contrario, frena significativamente la inversión.

Financiación Pilar Fundamental. La disponibilidad de mecanismos de financiación adecuados, tanto públicos como privados, ha sido determinante. Los proyectos eólicos requieren una inversión inicial considerable, y el acceso a créditos blandos, garantías y otros instrumentos financieros es vital para su viabilidad.

Diversificación de la Matriz Energética. La energía eólica ha demostrado ser una alternativa efectiva para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, mejorando la seguridad energética y disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Aquellos países que han diversificado su matriz han logrado una mayor resiliencia energética.

La Infraestructura de Transmisión es el Cuello de Botella. A menudo, el problema no es la falta de viento, sino la insuficiencia de redes de transmisión para llevar la energía generada a los centros de consumo, la expansión y modernización de la infraestructura eléctrica es un desafío y una necesidad urgente.

Participación Comunitaria y Aceptación Social son Vitales. Los proyectos eólicos pueden generar reticencias en las comunidades locales, la inclusión, el diálogo y la compensación justa son esenciales para asegurar la aceptación social y evitar conflictos que puedan paralizar o retrasar las iniciativas.

La Integración Regional puede Potenciar el Desarrollo. La colaboración entre países latinoamericanos en el ámbito de la energía eólica, a través de la armonización de normativas, el intercambio de conocimientos y la interconexión de redes, puede acelerar el desarrollo y maximizar los beneficios de esta tecnología.

Tecnología y costos: una curva de aprendizaje positiva: la reducción significativa en los costos de la tecnología eólica y el avance en su eficiencia la han convertido en una opción cada vez más competitiva frente a las fuentes de energía tradicionales. La continua innovación es clave para su futuro.

Conclusiones

Esta investigación confirma que Latinoamérica posee un recurso eólico excepcional y ampliamente distribuido, lo que la posiciona como un actor clave en la transición energética global. Países como Brasil, México, Chile y Argentina han liderado la instalación de capacidad eólica, demostrando un compromiso creciente con las energías limpias. Sin embargo, el análisis revela una disparidad significativa en el nivel de desarrollo entre las naciones, influenciada por factores económicos, políticos y tecnológicos.

Se ha identificado que la existencia de marcos regulatorios y políticas de fomento estables y a largo plazo es el catalizador principal para el crecimiento del sector eólico, aquellos países que han implementado subastas de energía, incentivos fiscales y mecanismos de inversión claros, han logrado atraer capital y generar confianza en los desarrolladores, por el contrario, la inestabilidad política y la falta de previsibilidad regulatoria han sido barreras importantes para la inversión y el progreso en otras naciones.

De igual manera, persisten desafíos importantes, la infraestructura de transmisión eléctrica sigue siendo un cuello de botella crítico, muchos de los sitios con mayor potencial eólico se encuentran lejos de los centros de consumo, y la falta de líneas de transmisión adecuadas limita la capacidad de integrar esta energía a las redes existentes, además, la necesidad de modernizar y expandir las redes para manejar la intermitencia de la energía eólica es un aspecto que requiere atención urgente.

Otro aspecto por resaltar se refiere a la importancia de la participación y aceptación de las comunidades locales, los proyectos eólicos, aunque beneficiosos a nivel macro, pueden generar impactos a nivel local, la implementación de mecanismos de consulta transparente, la

compensación justa y la distribución equitativa de los beneficios son esenciales para asegurar la sostenibilidad social de estos proyectos.

En definitiva, la energía eólica en Latinoamérica se encuentra dentro de una trayectoria ascendente, impulsada por un vasto recurso, costos competitivos y un creciente reconocimiento de su valor estratégico, no obstante, para desatar su potencial completo, es imperativo abordar los desafíos regulatorios, fortalecer la infraestructura y fomentar la participación comunitaria.

Recomendaciones

Este trabajo de grado tiene como finalidad presentar algunas recomendaciones derivadas del proceso investigativo, orientadas a promover el desarrollo y la expansión de la energía eólica como fuente limpia y sostenible en América Latina, mismas en las cuales la academia es clave.

En primer lugar, se considera clave fomentar la investigación, desarrollo e innovación ya que aunque la tecnología eólica está madura, la mejora continua es clave, por ello es vital destinar recursos para el desarrollo de investigaciones en universidades y centros tecnológicos de la región, realizar investigaciones y adaptar tecnologías eólicas a las condiciones específicas de cada país (terrenos, vientos, normativas) e invertir en programas de educación y capacitación técnica para desarrollar la fuerza laboral especializada que requiere el sector.

En segundo lugar, se considera clave la generación de alianzas entre las administraciones públicas Territoriales y la academia, para que los procesos de investigación no queden destinados a repositorios, si no que trasciendan y logren ser de utilidad para el fortalecimiento de los procesos que deriven en proyectos para el fomento y el fortalecimiento de la implementación de energías renovables en los territorios.

Por último, pero no menos importante, si bien los procesos de investigaciones técnicos y las alianzas academia – administración son claves, es de vital importancia generar procesos académicos aplicados a lo social, que deriven en estrategias generadoras de puentes de comunicación y concertación entre los administradores de los proyectos y los pueblos que habitan los territorios, así lograr procesos responsables socio-ambientalmente.

Referencias Bibliográficas

- Diario Jornada. (2015). El Parque Eólico de Rawson marcó un nuevo récord. Jornada.
https://www.diariojornada.com.ar/134433/economia/El_Parque_Eolico_de_Rawson_marco_un_nuevo_record
- .Dosil, G (2020). Uruguay revela su secreto: cómo alcanzar una matriz eólica que todos los años supera el 30% de abastecimiento energético total. ENERGIA ESTRATEGICA.
<https://www.energiaestrategica.com/uruguay-revela-su-secreto-como-alcanzar-una-matriz-eolica-que-todos-los-anos-supera-el-30-de-abastecimiento-energetico-total/#>
- A, A. (2022). ¿Las plantas eólicas offshore son el futuro de la energía en Latinoamérica?
<https://dialogue.earth/es/energia/56207-las-plantas-eolicas-offshore-son-el-futuro-de-la-energia-en-latinoamerica/>
- Acciona. (s.f). ¿Qué beneficios tiene la energía eólica? ACCIONA.
<https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/>
- Ackermann, T. (2017).
- AIE. (2020). Perspectivas energéticas mundiales 2020. Energía, Agencia Internacional de.
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>
- Albor-Yepes, Y. P. (2022). Análisis de factibilidad de la instalación de un parque eólico en la isla de San Andrés, Colombia (Tesis de maestría). Universitat de Barcelona.
<https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/194028/4/Albor%20Y.pdf>
- Álvarez, C. (2022). Energía eólica y aerogeneradores de eje vertical y horizontal. Revistas UGCA. <https://sophia.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/login>
- Ambito. (2023). El parque eólico Valentines de UTE repartirá dividendos por u\$6,8 millones entre sus accionistas. <https://www.ambito.com/uruguay/el-parque-eolico-valentines-ute-repartira-dividendos-us-68-millones-sus-accionistas-n5712917>
- AMDEE. (2023). La energía eólica se obtiene a partir de convertir la energía del viento en energía eléctrica. Asociación Mexicana de Energía Eólica .
https://amdee.org/es_es/home-2/
- ANLA. (2024). La ANLA da viabilidad ambiental a dos proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) en La Guajira.
<https://www.anla.gov.co/noticias-anla/la-anla-da-viabilidad-ambiental-a-dos-proyectos-de-fuentes-no-convencionales-de-energia-renovable-fncer-en-la-guajira>
- Asociación Empresarial Eólica (AEE). (2023). Anuario Eólico. Asociación Empresarial Eólica.
https://aeeolica.org/wp-content/uploads/2023/07/AEE_ANUARIO-EOLICO_2023_LIBRO-DIGITAL.pdf

- Barral, M. R.-J.-M. (2023). Energías renovables y cambios de usos. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. doi:<https://doi.org/10.21138/bage.3356>
- BBVA. (2025). Energía eólica: ¿qué es, cómo funciona y cuáles son sus ventajas? <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-eolica-la-importancia-del-viento-como-renovable/>
- BESSI, R. (2025). Brasil: Campesinos e indígenas se levantan contra proyectos eólicos en sus territorios. KAOSNLARED. <https://kaosenlared.net/brasil-campesinos-e-indigenas-se-levantan-contra-proyectos-eolicos-en-sus-territorios/>
- BID. (2020). Ruta hacia la descarbonización del sector energético en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/es/ruta-hacia-la-descarbonizacion-del-sector-energetico-de-america-latina-y-el-caribe>
- Bleger, M. (2024). Crecimiento de energías renovables: oportunidades y desafíos para América Latina. Cambio. Obtenido de <https://cambio.com.co/articulo/crecimiento-de-energias-renovables-oportunidades-y-desafios-para-america-latina/>
- BORDABELI, F. (2020). Cómo Uruguay se convirtió en el segundo país del mundo en energía eólica. INFOBAE. <https://www.infobae.com/america/america-latina/2021/10/17/como-uruguay-se-convirtio-en-el-segundo-pais-del-mundo-en-energia-eolica/>
- CAF. (2015). Energía eólica en América Latina: 3 aspectos clave. Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/energia-eolica-en-america-latina-3-aspectos-claves-a-conocer/>
- CAF. (2015). Energía eólica en América Latina: 3 aspectos clave. Banco de desarrollo de América Latina. <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/energia-eolica-en-america-latina-3-aspectos-claves-a-conocer/>
- CAF. (2021). Uruguay: líder en el uso de fuentes renovables en América Latina. Banco de desarrollo de América Latina y el Caribe. <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/uruguay-lider-en-el-uso-de-fuentes-renovables-en-america-latina/>
- CAF. (2023). La demanda eléctrica de América Latina y el Caribe se duplicará a 2050. (Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe). https://www.oecd.org/content/dam/oecd/es/publications/reports/2023/12/latin-american-economic-outlook-2023_3f49ef87/5cf30f87-es.pdf
- CEMEX. (2009). Inaugura Presidente de México primera etapa de Parque Eólico EURUS. <https://www.cemex.com/es/w/inaugura-presidente-de-mexico-primer-etapa-de-parque-eolico-eurus>

- CHABLE C, P. (2008). <https://catalogo.extension.cchc.cl/documentos/documentos/21184.pdf>
<https://catalogo.extension.cchc.cl/documentos/documentos/21184.pdf>
- Chelsea Bruce-Lockhart, N. F. (2022). La energía eólica y solar superan al carbón en Chile. Ember. <https://ember-energy.org/app/uploads/2024/10/Ember-Espanol-La-energia-eolica-y-solar-superan-al-carbon-en-Chile.pdf>
- Clementi, L. V. (2021). GENEALOGÍA EÓLICA ARGENTINA (1990-2020). CENTRO DE ESTUDIOS GEOGRAFICOS.
<https://www.ghtps://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/20078/18541>
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía de. (2022). La Transición Energética de Colombia #EsConHechos. Lista la hoja de ruta para la incorporación de energía eólica costa afuera. <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/la-transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica-de-colombia-esconhechos-lista-la-hoja-de-ruta-para-la-incorporaci%C3%B3n-de-energ%C3%ADa-e%C3%B3lica-costa-afuera/>
- Congreso de la republica de Colombia. (2021). Ley 2099 de 2021. RÉGIMEN LEGAL DE BOGOTÁ D.C. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=114997>
- Correa, J. (2021). Análisis del impacto de las nuevas tecnologías en la eficiencia y ubicación de proyectos eólicos. TECNURA. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/17498>
- Council, G. (2022). ESTADO D ELA ENERGIA EOLICA A NIVEL MUNDIAL. GWEC. doi:<https://gwec.net/global-wind-report-2022/>
- Crosby Airpes. (s.f.). (s.f.). Diferencia Parques Eólicos Terrestres y Marítimos. Crosby Airpes. <https://www.airpes.com/es/diferencia-entre-los-parques-eolicos-terrestres-y-maritimos/>
- EAN, U. (2023). energias renovables en Colombia. doi:<https://universidadean.edu.co/noticias/3-desafios-para-las-energias-renovables-en-colombia>
- El tiempo. (2023). Parque Jepírachi EPM: 20 años transformando el viento y el sol wayú en energía. Diario el Tiempo. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/mas-contenido/parque-jepirachi-epm-20-anos-transformando-el-viento-y-el-sol-wayu-en-energia-814351>
- Endesa. (2021). Conoce la energía eólica: sus ventajas, qué es y cómo funciona. <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-eolica>
- Enel Green Power. (2024). <https://www.enelgreenpower.com/>. Obtenido de <https://www.enelgreenpower.com/learning-hub/renewable-energies/wind-energy>

- Energia Evolucionaria. (2024). Aerogeneradores verticales; partes, ventajas y desventajas. <https://energiaevolucionaria.org/energias-renovables/eolica/aerogeneradores/verticales/>
- EUROGRUAS. (2012). EUROGRUAS finaliza la instalación de Alto Sertao, el mayor parque eólico de latinoamérica. http://www.eurogruas.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=176&lang=es#:~:text=Situado%20en%20los%20municipios%20de,mayor%20parque%20e%C3%B3lico%20de%20Latinoam%C3%A9rica.
- Farmbauer, M. (2019). Energía verde para Chile. deutschland.de. <https://www.deutschland.de/es/topic/medio-ambiente/chile-promueve-las-energias-renovables>
- Gonzalez, R. (2017). Impactos a la biodiversidad por parques eólicos en el noreste de México. Política, Globalidad y Ciudadanía , vol. 3 , núm. 6 , 2017. <https://www.redalyc.org/journal/6558/655869487003/html/>
- García,C. (2020). Impacto ambiental de los parques eólicos en México: un análisis multicriterio. Sielo. ORG. Obtenido de . <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v36n3/0188-4999-rica-36-03-757.pdf>
- Gilio, A. (2023). Reseñas de energía renovable y sostenible. Renewable and Sustainable Energy Reviews. <https://www.sciencedirect.com/journal/renewable-and-sustainable-energy-reviews/vol/183/suppl/C>
- Global Wind Energy Council. (2024). INFORMES Y RECURSOS. Global Wind Energy Council. <https://www.gwec.net/reports>
- Global Wind Energy Council. (2024). La voz global de la industria eólica. Global Wind Energy Council. <https://gwec.net/global-wind-report-2024/>
- Gonzalez, D. (s.f). Aerogenerador de eje vertical y horizontal: principales diferencias. INESEM. <https://www.inesem.es/revistadigital/gestion-integrada/aerogenerador-de-eje-vertical-y-horizontal/>
- González, R. (2020). Energías renovables. Universidad de Cantabria. <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2822/course/section/2771/Apuntes%20EyT%20Eolica%202223b.pdf>
- Grupo Forma-t. (2022). Parques eólicos: ventajas y desventajas. Grupo Forma-t. <https://www.grupoforma-t.com/2022/11/24/parques-eolicos-ventajas-y-desventajas/>
- Guerrero Hoyos, B. G. (2019). Energía eólica y territorio: sistemas de información geográfica y métodos de decisión multicriterio en La Guajira (Colombia). Revista javeriana.edu.co, 23. [https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/AyD/23-44%20\(2019-I\)/151561629005/](https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/AyD/23-44%20(2019-I)/151561629005/)

- Guterres, A. (2024). La adicción a los combustibles fósiles. Naciones Unidas.
<https://www.un.org/es/climatechange>
- Guzman, & Gonzales. (2019). Tecnologías de energía eólica: Comparativa de sistemas y su aplicación en América Latina. *Revista de Energía Renovable*, págs. 39(2), 45-59.
- GWEC. (2024). INFORMES Y RECURSOS. GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL.
<https://www.gwec.net/reports>
- Hernández Alvarado, Á. (2023). Parques eólicos: ¿desarrollo para todas las personas? Ibero.
<https://ibero.mx/prensa/parques-eolicos-desarrollo-para-todas-las-personas>
- Iberdrola. (2025). iberdrola.com. <https://www.iberdrola.com/innovacion/nuestros-negocios>
- ICEX, 2., & Neoenergía. (s.f). ENERGIA EOLICA. Neoenergía.
<https://www.neoenergia.com/es/energia-eolica>
- IDAEE. (2011). Guía Técnica para la Conexión de Parques Eólicos a la Red Eléctrica. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11406_Guia_Practica_Energia_3e_d_A2010_509f8287.pdf
- IRENA. (2020). Renewable Power Generation Costs in 2019. International renewable energy agency. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf
- IRENA. (2023). Energía eólica. IRENA. Obtenido de <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Wind-energy/>
- IRENA. (2024). Estadística de capacidad renovable 2024. INERA.ORG. Obtenido de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Mar/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2024.pdf
- JONES, R. D. (2021). UN ACERCAMIENTO AL. AARGENTINAPCIENCIAS.ORG, 43.
<https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2021/05/05-Jones-CeI71-1.pdf>
- Lazard's. (2024). Costo nivelado de energía. Levelized Cost of Energy Analysis. Obtenido de <https://www.lazard.com/research-insights/levelized-cost-of-energyplus/>
- M, B. (2024). Energía eólica costa afuera: Colombia busca ser pionera en la región.
<https://cambio.com.co/articulo/energia-eolica-costa-afuera-colombia-busca-ser-pionera-en-la-region/>

- Medinilla, M. (2023). Renova Energía subasta parte de un complejo eólico en Brasil de casi 200 MW de capacidad. Energías Estratégicas. <https://www.energiaestrategica.com/renova-energia-subasta-parte-de-un-complejo-eolico-en-brasil-de-casi-200-mw-de-capacidad/#>
- MINENERGIA. (2023). Fuentes No Convencionales de Energía Renovable - FNCER. Ministerio de Energía Colombia. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fncer/>
- MINT. (2025). Generador eólico vertical vs. horizontal: una comparativa. mintforpeople. <https://mintforpeople.com/noticias/generador-eolico-vertical-vs-horizontal/>
- Morales Soler, D. (2023). Atrasos en obras eólicas llevan a mover equipos a otras zonas. Portafolio. <https://www.portafolio.co/energia/lo-problemas-logisticos-derivados-de-atrasos-en-obras-de-eolica-592575>
- Naciones Unidas. (2015). Acuerdo de París. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- Naciones Unidas. (2025). ¿Qué son las energías renovables? <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>
- OLADE. (2023). Panorama energético de América Latina y el Caribe 2023. Organización Latinoamericana de Energía. <https://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2023/>
- OLADE, I. &. (2023). Perspectivas de la Integración Energética Regional: Beneficios de la Colaboración para la Transición Energética en América Latina. International Renewable Energy Agency y Organización Latinoamericana de Energía. Obtenido de <https://www.irena.org/Publications/2023/Oct/Regional-Energy-Integration-Outlook>
- Paz, J., Del Jesús, M., Kelman, R., Navas, S., Okamura, L., & Feliu, E. (2019). Vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación de los sistemas hidroeléctricos en los países andinos. BID. <https://publications.iadb.org/es/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-y-medidas-de-adaptacion-de-los-sistemas-hidroelectricos-en-los>
- PEÑA, D. (2024). El potencial de Brasil como líder mundial en energía eólica marina. MARSH. <https://www.marsh.com/es/industries/energy-and-power/insights/brazil-potential-as-world-leader-in-offshore-wind-energy.html>
- Pepeenergy. (06 de 04 de 2021). <https://www.pepeenergy.com>. <https://www.pepeenergy.com/blog/como-funcionan-parques-eolicos-terrestres/>
- Pérez Urdiales, M. Y.-G. (2021). El papel de la transición energética en la recuperación sostenible de América Latina y el Caribe. Banco Interamerica de Desarrollo. Obtenido de

- <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El-papel-de-la-transicion-energetica-en-la-recuperacion-sostenible-de-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Potencia, v. (2025). La Energía Eólica en América Latina: Una Historia de Innovación. Potencia, verde. <https://potenciaverde.com/blog-verde/f/la-energ%C3%ADa-e%C3%B3lica-en-am%C3%A9rica-latina-una-historia-de-innovaci%C3%B3n?blogcategory=Energ%C3%ADa+E%C3%B3lica>
- Prensa Jurídica. (2025). Texto del decreto que regula las transferencias del sector eléctrico hacia municipios y distritos que se benefician de zonas con un gran potencial de energía solar y eólica. Obtenido de <https://www.prensajuridica.com/details/item/32728-texto-del-decreto-que-regula-las-transferencias-del-sector-el%C3%A9ctrico-hacia-municipios-y-distritos-que-se-benefician-de-zonas-con-un-gran-potencial-de-energ%C3%ADa-solar-y-e%C3%B3lica.html>
- Quintana, J. (2024). “El impacto de las energías renovables sobre el precio mayorista de la electricidad”. Boletín Económico De España. <https://www.bde.es/f/webbe/SES/Secciones/Publicaciones/InformesBoletinesRevistas/BoletinEconomico/24/T3/Fich/be2403-art09.pdf>
- Repsol,sf. (s.f.). ¿Cómo aprovechamos la energía del viento? REPSOL GLOBAL. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/parques-eolicos/index.cshtml>
- SANTANA, C. (2006). Energía eólica en Chile:. <https://catalogo.extension.cchc.cl/documentos/documentos/20205b.pdf>
- SEGOB. (S.F). LA ENERGIA EOLICA EN MEXICO. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/31621/eolico.pdf>
- Segui, P. (2025). Parques eólicos: cómo funcionan, tipos, beneficios y desventajas ¡Guía detallada! OVACEN. <https://ovacen.com/energias-renovables/eolica/parques-eolicos/>
- SEI. (2023). Energía Solar y Eólica en Colombia. Stockholm Environment institute. doi:<https://www.sei.org/wp-content/uploads/2023/03/solar-eolica-colombia-sei2023.016.pdf>
- Sosapanta, J. (2020). Energía eólica en Colombia: panorama y perspectivas bajo la triple cuenta de resultados. UNAD, 25. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38193/jcsosapantas.pdf?sequence=>
- Transparencia Internacional. (2023). Índice de Percepción de la Corrupción. <https://www.transparency.org/en/cpi/2023>
- UNAL, P. (2021). ¿Qué son las leyes y por qué es importante respetar su constitucionalidad? Universidad Nacional de Colombia. Periodico Univesidad Nacional de Colombia.

<https://periodico.unal.edu.co/articulos/que-son-las-leyes-y-por-que-es-importante-respetar-su-constitucionalidad/>

Universidad Europea. (2023). ¿Qué son los combustibles fósiles?.

<https://universidadeuropea.com/blog/que-son-combustibles-fosiles/>

UPME. (2021). ENERGIA EOLICA EN COLOMBIA. Obtenido de <https://www.upme.gov.co/>

Vectorenrenewables. (2023). Plan de mantenimiento de un parque eólico: qué tener en cuenta al diseñarlo. Obtenido de <https://www.vectorenrenewables.com/es/blog/plan-de-mantenimiento-de-un-parque-eolico>

Vega, A(2023). Energía solar y eólica en Colombia: panorama y resumen de políticas 2022. SEI. Obtenido de https://www.sei.org/publications/energia-solar-eolica_colombia-2022/

WWEA. (2021). World Wind Energy Report 2020. World Wind Energy Association. https://wwindea.org/wp-content/uploads/publications/WWER_2020_web.pdf

ZARATE, J. (2020). La política eólica mexicana: Controversias sociales y ambientales debido a su implantación territorial. Estudios de caso en Oaxaca y Yucatán. OPENEDITION. Obtenido de <https://journals.openedition.org/trace/2137>