

Decarbonization of the Electricity Sector Using Solar Photovoltaic and Wind Generation: A Systematic Review

Edwin Ramírez-Soto, Maestro¹, Luis Arellán-Yanac, Maestro², Javier Lucana-Jaramillo, Maestro³, Adolfo Rios-Velasco, Maestro⁴, Edison Espinoza-Rojas, Maestro⁵, Jose Garay-Torres, Maestro⁶ and Carlos Alfaro-Rodriguez, Maestro⁷.

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Universidad Nacional del Callao Lima – Perú, eramirezs@unac.edu.pe, laarellany@unac.edu.pe, jlucanaj@unac.edu.pe, ajriosv@unac.edu.pe, eespinozar@unac.edu.pe, jmgarayt@unac.edu.pe, chalfaror@unac.edu.pe

Abstract– From the review of the articles, it is confirmed that the insertion of renewable energies such as solar photovoltaic and wind energy, which, for the purpose of supplying the demand for electricity, contribute to reduce the greenhouse gases resulting from the environmental pollution generated by conventional power plants and thus decarbonize the electricity sector. Likewise, the State is required to implement training activities, promote a regulatory framework to encourage the massive use of renewable energies and evaluate the technical capacity of the facilities to absorb, without problems, the growth of these important projects that use natural resources.

Keywords-- decarbonization, energy transition, greenhouse gases (GHG), solar energy and wind energy.

Edwin Ramírez-Soto, Maestro¹, Luis Arellán-Yanac, Maestro², Javier Lucana-Jaramillo, Maestro³, Adolfo Rios-Velasco, Maestro⁴, Edison Espinoza-Rojas, Maestro⁵, Jose Garay-Torres, Maestro⁶ and Carlos Alfaro-Rodriguez, Maestro⁷.

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Universidad Nacional del Callao Lima – Perú, eramirezs@unac.edu.pe, laarellany@unac.edu.pe, jlucanaj@unac.edu.pe, ajriosv@unac.edu.pe; eespinozar@unac.edu.pe; jmgarayt@unac.edu.pe; chalfaror@unac.edu.pe

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Descarbonización del Sector Eléctrico Utilizando Generación Solar Fotovoltaica y Eólica - Revisión Sistemática

Edwin Ramírez-Soto, Maestro¹, Luis Arellán-Yanac, Maestro², Javier Lucana-Jaramillo, Maestro³, Adolfo Rios-Velasco, Maestro⁴, Edison Espinoza-Rojas, Maestro⁵, Jose Garay-Torres, Maestro⁶ and Carlos Alfaro-Rodriguez, Maestro⁷.

^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7} Universidad Nacional del Callao Lima – Perú, eramirezs@unac.edu.pe, laarellany@unac.edu.pe, jlucanaj@unac.edu.pe, ajriosv@unac.edu.pe, eespinozar@unac.edu.pe, jmgarayt@unac.edu.pe, chalfaror@unac.edu.pe

Abstract– *From the review of the articles, it is confirmed that the insertion of renewable energies such as solar photovoltaic and wind energy, which, for the purpose of supplying the demand for electricity, contribute to reduce the greenhouse gases resulting from the environmental pollution generated by conventional power plants and thus decarbonize the electricity sector. Likewise, the State is required to implement training activities, promote a regulatory framework to encourage the massive use of renewable energies and evaluate the technical capacity of the facilities to absorb, without problems, the growth of these important projects that use natural resources.*

Keywords-- *decarbonization, energy transition, greenhouse gases (GHG), solar energy and wind energy.*

I. INTRODUCCIÓN

El presente artículo tiene como finalidad, confirmar conceptos sobre la descarbonización del sector eléctrico debido a la reducción de las emisiones de GEI, producto de la incorporación de proyectos solares fotovoltaicos y eólicos y con ello incentivar la mayor participación de estos tipos de energías renovables no convencionales en la matriz eléctrica peruana.

La crisis energética mundial está impulsando una fuerte aceleración en las instalaciones de energía renovable, con un crecimiento de la capacidad total en todo el mundo que casi se duplicará en los próximos cinco años, superando al carbón como la mayor fuente de generación de electricidad en el camino y ayudando a mantener viva la posibilidad de limitar el calentamiento global a 1.5 °C. En el mismo sentido, se espera que la capacidad mundial de energía renovable crezca en 2 400 gigavatios (GW) durante el período 2022-2027 (AIE en Renewables 2022 Análisis y pronóstico para el 2027).

En el Perú actualmente, la generación de energía eléctrica con recursos energéticos renovables no convencionales (solar y eólico) tiene una participación de 5.5% en la matriz eléctrica; pero aún tenemos centrales termoeléctricas que están produciendo energía quemando combustibles fósiles; contribuyendo con ello con la emisión de GEI.

Para el desarrollo del trabajo planteamos la siguiente interrogante: ¿la incorporación de proyectos solares fotovoltaicos y eólicos en el Perú, producto de los procesos de Subastas de Energías Renovables, reducirán la emisión de GEI y coadyuvarán a la descarbonización del sector eléctrico peruano?

Las consecuencias del crecimiento industrial a nivel mundial, el aumento en la demanda de energía eléctrica y el uso de recursos fósiles han causado daños considerables al medio ambiente. Desde 1950 se están presentando cambios en el sistema climático en comparación con registros históricos. Producto de los altos niveles de emisión de GEI los glaciares se están derritiendo, el nivel del mar aumenta, las selvas se están secando y los cambios de temperatura son cada vez más bruscos. [1]

El deterioro de los ecosistemas; la emisión de GEI; el agotamiento de las fuentes convencionales; el alto costo del petróleo; la situación de inestabilidad política, institucional y social de los países productores y exportadores de energía fósil; y la crisis económica y financiera mundial, han constituido un conjunto de razones para que científicos, académicos, empresas y gobiernos se encuentren cada vez más interesados en destinar recursos con el objeto de encontrar alternativas energéticas que garanticen la seguridad de suministro y la sostenibilidad. [3]

El sector energético es uno de los principales contribuyentes al cambio climático debido a la combustión de hidrocarburos, por lo que la energía renovable se presenta como una alternativa para promover el desarrollo sustentable. [5].

El incremento en el precio de los combustibles fósiles y los problemas de contaminación derivados de su quema, han provocado la intensificación del aprovechamiento de las energías renovables para producir energía eléctrica limpia. [6]

Las plantas de generación de energía eléctrica, a partir de energía eólica y solar-fotovoltaica, son competitivas respecto a las plantas que utilizan recursos fósiles. A corto plazo, se esperan leyes regulatorias, con sanciones por contaminación, para limitar los efectos en el cambio climático, lo que elevará el costo de producción de las plantas convencionales,

favoreciendo el desarrollo de las plantas de energías renovables, principalmente la solar-fotovoltaica. [6]

Cerca del 65 % de las emisiones de GEI en el mundo corresponden al sector energético. El cambio climático es uno de los problemas más relevantes de la actualidad, por sus impactos en los recursos naturales, la biodiversidad, los procesos productivos, la infraestructura, la salud y, en general, el bienestar de la población. Su causa principal es el aumento en la concentración de GEI en la atmósfera, producto de la actividad industrial de los últimos 150 años (IPCC 2014). [7]

El número de desastres naturales causados por el calentamiento global se ha incrementado. A raíz de estos desastres se ha criticado el uso de combustibles fósiles para satisfacer la demanda mundial de energía, planteándose la alternativa de sustituir petróleo por energías más limpias como la solar, la eólica y la hidráulica. [7].

La creciente preocupación por el cambio climático, el acelerado aumento de la demanda energética, la variabilidad de precios y eventuales problemas de suministro de los combustibles fósiles, así como políticas implementadas en diferentes países, han fomentado el desarrollo de energías alternativas renovables. [9]

La utilización de combustibles fósiles tradicionales, como petróleo, gas natural o carbón, contribuye al calentamiento global, causado principalmente por las emisiones de GEI. Por lo anterior, debe considerarse la implementación de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de recursos naturales renovables que permitan aumentar la capacidad instalada de energía firme y ayuden a disminuir la emisión de GEI a la atmósfera. [9]

En Perú existe una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de generación eléctrica con energías renovables y la cantidad de GEI emitida. Por tanto, se debe considerar estos dos factores al momento de adoptar políticas en relación a la promoción de proyectos renovables. [21]

Los generadores de fuentes de energía renovables son una tecnología promisoría para reducir el consumo de combustible y los GEI. La generación distribuida permitirá reducir los GEI, ya que se estima que el 25 % del efecto global de estas emisiones son causados por la actual generación de energía eléctrica. Reducir los GEI tiene un costo muy alto por parte de los países, que deben ser apoyadas con políticas de Estado. [23]

Por todo lo expuesto anteriormente, la presente investigación plantea atender la siguiente interrogante ¿La incorporación de proyectos solares fotovoltaicos y eólicos en el Perú, producto de los procesos de Subastas de Energías Renovables, reducirán la emisión de GEI y coadyuvarán a la descarbonización del sector eléctrico peruano?, para lo cual se

planteó el siguiente objetivo: Confirmar conceptos relacionados a la reducción de GEI debido a la incorporación de proyectos solares fotovoltaicos y eólicos y su relación con la descarbonización del sector eléctrico.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se determinó utilizar el marco de trabajo PRISMA que permite realizar una secuencia ordenada de valoración de las actividades desarrolladas dentro del proceso de investigación.

Para lo cual, para responder la pregunta de investigación se han considerado los siguientes criterios de inclusión: artículos sobre centrales solares fotovoltaicas y eólicas publicados en el periodo 2014-2022 en Latinoamérica y Europa; artículos en idioma español, inglés y portugués; además los artículos deben tener de diez (10) o más páginas; siendo estas publicaciones de Ministerios, entidades públicas y privadas y universidades.

Luego se definieron las siguientes ecuaciones de búsqueda en español: ("ENERGIA SOLAR" Y "GASES DE EFECTO INVERNADERO") Y (LATINOAMERICA) Y (EUROPA), ("ENERGIA SOLAR" Y "CAMBIO CLIMATICO") Y (LATINOAMERICA) Y (EUROPA), ("ENERGIA EOLICA" Y "GASES DE EFECTO INVERNADERO") Y (LATINOAMERICA), ("ENERGIA EOLICA" Y "CAMBIO CLIMATICO") Y (LATINOAMERICA) Y (EUROPA), ("CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA" Y "GASES DE EFECTO INVERNADERO") Y (LATINOAMERICA) Y (EUROPA), ("CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA" Y "CAMBIO CLIMATICO") Y (LATINOAMERICA) Y (EUROPA), ("CENTRAL EOLICA" Y "GASES DE EFECTO INVERNADERO") Y (LATINOAMERICA) Y (EUROPA), ("CENTRAL EOLICA" Y "CAMBIO CLIMATICO") Y (LATINOAMERICA) Y (EUROPA).

En inglés se consideraron las siguientes ecuaciones: ("SOLAR ENERGY" AND "GREENHOUSE GASES") AND (LATIN AMERICA), AND (EUROPE), ("SOLAR ENERGY" AND "CLIMATE CHANGE") AND (LATIN AMERICA) AND (EUROPE), ("WIND ENERGY" AND "GREENHOUSE GASES") AND (LATIN AMERICA) AND (EUROPE), ("WIND ENERGY" AND "CLIMATE CHANGE" AND (LATIN AMERICA) AND (EUROPE), ("PHOTOVOLTAIC SOLAR POWER PLANT" AND "GREENHOUSE GASES") AND (LATIN AMERICA) AND (EUROPE), ("PHOTOVOLTAIC SOLAR POWER PLANT" AND "CLIMATE CHANGE") AND (LATIN AMERICA), ("WIND POWER PLANT" AND "GREENHOUSE GASES") AND (LATIN AMERICA) AND (EUROPE), ("WIND POWER PLANT" AND "CLIMATE CHANGE") AND (LATIN AMERICA) AND (EUROPE).

Se determinaron los siguientes motores de base de datos como Redalyc, Google Académico y Scielo, obteniéndose un total de 346 artículos, se excluyeron 100 artículos (duplicados, no aptos por herramientas de automatización, otros), luego de 246 que quedaron, se excluyeron 46 por estar fuera del contexto, luego de 200 artículos, 30 no se pudieron recuperar, quedando 170 artículos, de los cuales fueron eliminados 147 artículos por criterios de inclusión, quedando solamente 23 artículos para el proceso de revisión. No se consideraron reportes ni informes.

III. RESULTADOS

Con la finalidad de mostrar los resultados, a continuación, se incluye el Diagrama de Flujo (Figura 1), bajo el enfoque PRISMA:

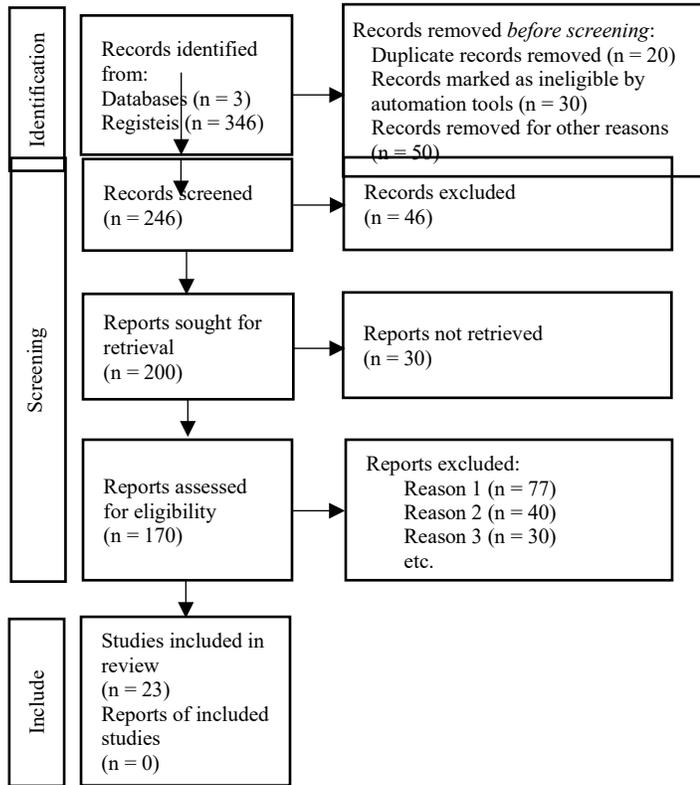


Figura 1. Diagrama de Flujo bajo el enfoque PRISMA

A continuación, se describen los resultados y hallazgos encontrados en los artículos del presente estudio.

Cuadro 1

RESULTADOS Y HALLAZGOS ENCONTRADOS EN LOS ARTÍCULOS

Autor	Variable Tipo Estudio	Aporte del Autor
[1]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar y Eólica ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analiza los diferentes tipos de tecnologías disponibles en Colombia para la generación de energía eléctrica con recursos renovables. Resultando la generación de energía eólica, la tecnología que más desarrollada está y en segundo nivel está la energía solar y que en conjunto aportan a la conservación del medio ambiente. ▪ Señala que la implementación de tecnologías con recursos renovables para la generación de energía eléctrica en Colombia está aún en desarrollo, y no ha sido posible su implementación debido a los altos costos en su puesta en marcha y al poco acompañamiento del gobierno en la implementación de estas tecnologías.

Autor	Variable Tipo Estudio	Aporte del Autor
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concluye que todas las tecnologías renovables analizadas necesitan de los incentivos para alcanzar la rentabilidad.
[2]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los autores indican que el Municipio de Alto Baudó y el Corregimiento de Boca de León (Colombia), han evidenciado un incremento en las emisiones de GEI debido al incremento de plantas generadoras de energía eléctrica que requieren de combustibles fósiles como el Diesel. El rápido aumento de las plantas ha generado aumento en las emisiones de GEI que contribuyen al cambio climático y a su vez alteran la calidad del aire. ▪ Por ello, diseñan un sistema solar fotovoltaico para atender la demanda energética de la población y reducir los GEI en el Corregimiento.
[3]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar y Eólica ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La autora indica, que la producción y utilización de energía renovable, es parte de la infraestructura ecológica que contribuye al objetivo de hacer sostenible la actividad del turismo comunitario. ▪ También analiza las experiencias y evidencias sobre la aplicación de las energías renovables para el cuidado del medioambiente, minimizando los impactos sobre el patrimonio natural y paisajístico.
[4]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar y Eólica ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evalúan la participación de países centroamericanos en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), instituido por el Protocolo de Kioto para mitigar las emisiones de GEI. ▪ Manifiestan que los diferentes resultados de evaluación de los países no muestran relación alguna con las diferencias económicas entre los mismos, pero existe cierta relación positiva con su generación de GEI. En efecto, los proyectos ubicados en los países con mayor grado de emisiones de GEI son los de mayores beneficios multicriterio.
[5]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar y Eólica ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los autores señalan que el sector energético es uno de los principales contribuyentes al cambio climático debido a la combustión de hidrocarburos, por lo que la energía renovable se presenta como una alternativa para promover el desarrollo sustentable. ▪ Aplicando una metodología comparativa, analizan las regulaciones sobre cambio climático y energía renovable en Argentina y Brasil, considerados los dos Estados política y económicamente más fuertes del Mercosur, los cuales están especialmente afectados por el cambio climático. ▪ En esa lógica, se examina si los Estados priorizan el desarrollo sustentable o la seguridad energética, de qué manera las políticas del Mercosur influyen las decisiones nacionales, y si existen estándares

Autor	Variable Tipo Estudio	Aporte del Autor
		comunes que posibiliten una futura integración regional en la materia.
[6]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar y Eólica ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinan el desarrollo de las energías renovables solar fotovoltaica y eólica, en la generación eléctrica, como fuentes alternativas a la energía obtenida mediante el uso de combustibles fósiles que son parte de la problemática del cambio climático. ▪ Plantean el establecimiento de leyes regulatorias, con sanciones por contaminación, para limitar los efectos en el cambio climático, favorecerán el desarrollo de las plantas de energías renovables, principalmente las fotovoltaicas, en el corto o mediano plazo.
[7]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abordan el origen de la sustitución desde un marco histórico, al postular que el auge tecnológico de las energías alternativas, en particular la energía solar, se vio inducido por el embargo petrolero que sufrieron los Estados Unidos en 1973 y que sirvió de aliciente para disparar la investigación en estas tecnologías. ▪ Sin embargo, la adopción e implementación de energías alternativas limpias enfrenta ventajas y desventajas, tanto de carácter económico como estructural. Entre las primeras están las crecientes innovaciones tecnológicas que aumentan su atractivo en términos de los costos de oportunidad, y en las segundas están la baja competitividad económica que aún ofrecen las tecnologías alternativas (o limpias) en comparación con el petróleo.
[8]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar y Eólica ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abordan el estado actual del sistema eléctrico interconectado de la República Dominicana y sus perspectivas para alcanzar las metas nacionales de reducción de emisiones de GEI establecidas en la Contribución Determinada Nacionalmente (DNC), así como los desafíos para la adaptación a los impactos del cambio climático. ▪ Indican que el sector eléctrico es el mayor emisor de GEI, con un volumen anual de 11 millones de toneladas métricas de CO₂, que representa el 30% del total de emisiones de GEI de República Dominicana. A partir de este punto, y bajo la premisa del escenario tendencial, la contribución del sector eléctrico aumentaría más de 35%, pasando de 11 millones de toneladas métricas de CO₂ en el 2010 a 18 millones de toneladas métricas de CO₂ en el 2030. ▪ El trabajo se divide en cuatro secciones. La Sección I, incluye una caracterización del sector eléctrico de la República Dominicana. En la Sección II, se analiza el rol de las energías renovables y el marco actual de políticas, inversiones y de proyectos de generación de energía eléctrica con fuentes renovables, así como las perspectivas del sector privado a mediano y largo plazo. En la Sección III, se describen los niveles actuales de emisiones de GEI del sector eléctrico y los planes bajo la DNC, para lo que se hace un análisis

Autor	Variable Tipo Estudio	Aporte del Autor
		exhaustivo de los instrumentos de política climática y de política energética disponibles. En la Sección IV se presenta una síntesis de los impactos del cambio climático sobre el sector eléctrico, tanto actuales como futuros, las opciones de adaptación disponibles a través de la cadena de valor de la generación (generación, transmisión, distribución y comercialización) así como las limitaciones, barreras y desafíos para las mismas.
[9]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar y Eólica ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abordan los temas referidos al diseño de mecanismos de contratación de largo plazo que aseguren las inversiones requeridas tanto en energías renovables como en tecnologías que provean capacidad firme de respaldo; mecanismos de contratación y gestión de la flexibilidad provista por recursos distribuidos a los operadores de redes tanto de transporte como distribución. ▪ Nuevos mecanismos para la regulación y remuneración de las actividades de las empresas de redes que incentiven la adopción de sus nuevos roles como operadores y facilitadores de la transición energética.
[10]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Eólica ▪ Cualitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Señalan que, a escala global, la energía eólica destaca por su contribución a la transición energética, cada vez más necesaria ante escenarios extremos de cambio climático. En América Latina, los principales productores de energía eólica son Brasil, México y Uruguay. ▪ la revisión de literatura arrojó cuatro ventajas y cinco desventajas de la industria eólica. Las primeras son la baja huella de carbono, los reducidos costos de producción, la creación de empleos y los ingresos por renta de tierras. Las desventajas incluyen la pérdida de cobertura forestal, el impacto en aves y fuentes de agua, la contaminación por derrames de aceite y desechos, y los daños a la salud.
[11]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar ▪ Cualitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El estudio se centra en las posibilidades del uso de aguas subterráneas para el sistema de riego con energía solar. Las primeras investigaciones de bombeo fotovoltaico (FV), fueron realizadas en 1978 (Barlow et al., 1991); hoy en día, el número de sistemas instalados en el mundo aumenta de forma exponencial. ▪ Indican que proyectos de este tipo también sirve para cuantificar la disminución del cambio climático en el país, con sistemas agrícolas más sustentables; y para mejorar la calidad y cantidad de los productos y subproductos obtenidos por los integrantes de las diferentes asociaciones, buscando con ello incrementar los indicadores de productividad, competitividad y Ciencia, Tecnología e Innovación en el departamento.
[12]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Eólica ▪ Cualitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los autores precisan que la energía eólica es una de las más importantes fuentes de energía renovable a nivel mundial y de mayor crecimiento en capacidad instalada durante la última década.

Autor	Variable Tipo Estudio	Aporte del Autor
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Además, debe considerarse que las implementaciones de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de recursos naturales renovables permiten aumentar la capacidad instalada de energía firme y ayudan a disminuir la emisión de GEI a la atmósfera.
[13]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energías Renovables ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El autor explica el efecto que tiene el uso de energías renovables y el crecimiento económico sobre las emisiones de GEI en México y Alemania, determinado que, un incremento del 1% en el consumo de Energía Renovable, los GEI se reducen 31 219.9 kt de CO₂ en México y 18 160.0 kt de CO₂ en Alemania. ▪ También indicaron que un incremento del 1% en el consumo de energías renovables reducen las emisiones de GEI en 0.0294% en el grupo de países con ingresos altos y 0.0171% en el grupo de países con ingresos bajos. Además, cuando aumenta el 1% en el ingreso per cápita, aumentan las emisiones de GEI en 3.5935% en los países con ingresos altos y 11.6974% en los países con ingreso bajos.
[14]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analizan la intervención de la percepción social en la factibilidad de una transición energética basada en tecnología fotovoltaica para el municipio, por medio de técnicas socio estadísticas. ▪ Indican que evaluaron las interacciones sociales y se analizó la estructuración de la percepción ambiental y económica sobre la energía solar. Se encontró que el nivel de marginación, los costos de la energía eléctrica y el conocimiento de nuevas tecnologías son factores que influyen la transición energética en el municipio. Existe desinformación sobre las consecuencias de una transición energética.
[15]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar y Eólica ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concluye con el control público a las energías verdes por las formas de gestión que la implementan para mitigar la contaminación y alcanzar el desarrollo sostenible, al modificarse la matriz energética, en relación con los Objetivos del Milenio para el 2030. ▪ En consecuencia, modificar la explotación de los recursos limitados establece un reto para la Administración Pública en su ejercicio público; para ello, se fomenta el uso de las fuentes de energías verdes, con el uso de la energía solar fotovoltaica, eólica, etc.
[16]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energías Renovables ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinan que el uso de las energías renovables es una alternativa sustentable para México. ▪ Además de que la inversión de capital mexicano como extranjero apuntala un interés creciente por la consolidación de este tipo de energías en relación con el creciente interés por parte de la sociedad, empresa y gobierno por minimizar el daño ocasionado al medio ambiente por tecnologías obsoletas.

Autor	Variable Tipo Estudio	Aporte del Autor
[17]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transición Energética ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indican sobre la utilización mayoritaria de fuentes fósiles, los impactos ambientales asociadas al uso de las mismas y el acceso energético desigual. ▪ Frente a este escenario, la transición energética contemporánea, comandada por tecnologías renovables y vinculada al modelo de Generación Distribuida con Energía No Convencional, abre un camino alternativo para avanzar hacia una mayor descarbonización y descentralización del sistema energético. ▪ En cuanto garantizar el acceso a una energía asequible y moderna para todos los habitantes del territorio nacional, si bien es un desafío latente, cabe destacar el Programa de Energías Renovables en Mercados Eléctricos Rurales (PERMER) por su trascendencia y continuidad desde fines de 1990 a la actualidad.
[18]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transición Energética ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indican que el Perú tiene un gran potencial energético para desarrollar energías renovables alternativas. En el corto plazo se debe convocar a una quinta subasta RER que permita atender el crecimiento de la demanda a partir del año 2022 e incrementar el porcentaje de participación de las tecnologías limpias a 15% hasta 2025 y trabajar en el objetivo de lograr que, en el año 2040 ▪ La promoción del uso de energía limpia es necesaria en el contexto de una ciudad en transición hacia un modelo resiliente al clima.
[19]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energías Renovables ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La autora señala que la dependencia mundial de los combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica contribuye al aumento de emisiones de GEI y, en consecuencia, al incremento de los impactos del cambio climático, por lo que es trascendental la implementación de medidas hacia una transición energética global que no dependa de los combustibles fósiles y que sea capaz de satisfacer las necesidades energéticas que demanda el actual crecimiento económico y demográfico. ▪ Incluir instrumentos económicos, tales como los certificados ambientales, constituye un complemento en la gestión ambiental para potenciar las energías renovables con objetivos nacionales que contribuyan a los compromisos internacionales en materia climática
[20]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energías Renovables ▪ Cuantitativa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Señalan que la elevada penetración de las renovables requiere de opciones de mercado que aporten flexibilidad, sin olvidar el fortalecimiento de la red, la gestión por el lado de la demanda, el almacenamiento de energía y el acoplamiento de los sectores (mayor electrificación en el sector del transporte en los sistemas de calefacción y refrigeración) con los objetivos de descarbonización. ▪ Muchas tecnologías de generación renovable en el sector energético ya son económicamente viables y la innovación junto con las economías de escala permitirá que sus costes continúen reduciéndose.

IV. DISCUSIÓN

Disponemos para el presente trabajo de una variedad de documentos sobre la utilización de sistemas de generación de electricidad utilizando fuentes de energía renovable como son el sol y el viento y su contribución a la reducción de los GEI, lo que repercute indudablemente en la descarbonización del sector eléctrico.

De acuerdo con la información analizada se puede afirmar que es de necesidad la reducción de los GEI para la descarbonización del sector eléctrico, y que para ello es importante los incentivos del Estado para su implementación.

Por otra parte, en la revisión de las bases de datos se verificó que existe importante información y documentación útil de casos que permitirán evaluar alternativas para el crecimiento de esta importante fuente de energía limpia y sirven de soporte para poder formular posibles soluciones regulatorias a mediano y largo plazo, por ejemplo:

Lady Viviana Beltrán Gómez [1] precisa que los incentivos de la Ley que promueve las energías renovables no son suficientes para apalancar las tecnologías estudiadas hasta una tasa de retorno atractiva para el mercado privado. *“Al respecto, podemos señalar que los costos actuales para la implementación de proyectos de generación solar fotovoltaica y eólica se han reducido, siendo ya muy atractiva su implementación”*.

Boris Andrés Salazar Blandón y Jeans Carlos Palacios Mosquera [2] señalan que, la principal barrera que se presenta en cuanto a desarrollo de sistemas fotovoltaicos es el poco conocimiento que tienen las personas acerca de los beneficios, cómo acceder a ellos y las aplicaciones de este recurso energético. *“Al respecto, confirmamos la necesidad de implementar proyectos pilotos que demuestren las bondades y beneficios de los sistemas solares fotovoltaicos y eólicos, su contribución a la reducción de los GEI y la consecuente descarbonización del sector”*.

Tania Jiménez Castilla [3] indica que, en cuanto al ámbito institucional, los desafíos y riesgos que plantean la puesta en marcha del turismo rural comunitario e implementar proyectos renovables, deben ser asumidos de forma concertada con todas las partes interesadas, en el marco de una política pública inclusiva que aborde todas las dimensiones de la sustentabilidad del desarrollo. *“Coincidimos que es tarea de todos contribuir con la sostenibilidad del sistema, para mitigar los GEI y descarbonizar el sector”*.

Aurelio Beltrán Telles, Mario Morera Hernández, Mario Morera Hernández y Rafael Villela Varela [6] nos dicen que, el establecimiento de leyes regulatorias, con sanciones por contaminación, para limitar los efectos en el cambio climático,

Autor	Variable Tipo Estudio	Aporte del Autor
[21]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energías Renovables ▪ Cualitativo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detallan los tipos de energías renovables y sus características, compara los beneficios y costos de cada una de ellas. Analiza la matriz energética peruana y su potencial de desarrollo, se detalla el marco normativo actual, los incentivos a las energías renovables, analiza los principales instrumentos internacionales y los objetivos de desarrollo del milenio. ▪ Si bien, el uso de energías RER era mínimo a inicios del siglo XXI, tras la publicación de una serie de paquetes normativos desde el 2008, este empezó a tener un mejor lugar en el cuadro de la matriz energética peruana. Para el 2020, la producción de energía por tipo de generación evidencia que las energías RER tenían un porcentaje de participación del 5.55% en la matriz energética.
[22]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energías Renovables ▪ Cualitativo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detallan en que consiste la “economía verde”, su crecimiento, la industria, el consumo y la producción sostenible. ▪ Trata de definir, la producción verde y la ecoinnovación, detalla los desafíos y oportunidades que enfrentan los países de América Latina. ▪ Plantea una propuesta de un marco analítico para el diseño y promoción de políticas sobre producción verde, explica las estrategias y planes, los instrumentos regulatorios y de información, así como las acciones para promover el enverdecimiento de las PYMES. ▪ El Estado debe lograr una diversificación de las opciones de energía promoviendo una menor dependencia del carbón, mayor incorporación del gas natural y aumento en la proporción de fuentes renovables en la matriz energética. Esto requiere inversiones públicas claves, por ejemplo, en infraestructura de transmisión eléctrica, o provisión de información sobre la disponibilidad de recursos renovables (solar, eólico, geotérmico). Para ello se necesitan políticas energéticas claras y un marco regulatorio e institucional fuerte para generar las condiciones para movilizar inversiones en infraestructura energética.
[23]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía Solar ▪ Cualitativo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analizan la situación actual del mundo en cuanto a la energía solar dando a conocer la importancia del marco regulatorio y el papel del estado colombiano en el despliegue y masificación de la tecnología. ▪ Se muestra también los costos de energía para diferentes fuentes de energía, analizando las diferencias entre la red eléctrica tradicional y la Smart Grid, así como los retos y barreras para su implementación. ▪ Las fuentes de energía renovables están generando cada vez más un mayor impacto en el mundo, y su incertidumbre viene disminuyendo. El sector energético es el responsable del 60% de las emisiones globales de GEI y la falta del servicio básico de energía impacta la cobertura de las necesidades de la población.

favorecerán el desarrollo de las plantas de energías renovables, principalmente las fotovoltaicas, en el corto o mediano plazo. *“Consideramos que esta propuesta podría ser aplicable en países desarrollados; en el Perú el Estado es quien debe ofrecer más incentivos para la descarbonización del sector eléctrico, antes que sanciones”*.

Andrés Felipe Rúa Ortiz, Humberto Merritt y Alejandro Valencia Arias [7] nos dicen que, el rápido deterioro del entorno ambiental justifica el empleo de enfoques alternos para reforzar el análisis del impacto de factores normalmente no considerados como causantes del cambio climático, tales como el aflojamiento de los esfuerzos de investigación derivados de la falta de incentivos y de los apoyos gubernamentales a campos específicos del conocimiento, como la energía solar. También, señalan que debido a que los efectos del cambio climático son cada vez más costosos y frecuentes, se ha intentado acordar mecanismos que fomenten la generación de energía limpia; igualmente destacan el caso de la energía solar, la cual se ha convertido en una de las fuentes alternativas más atractivas debido a la gran disponibilidad de luz solar en todo el planeta, por lo que el desarrollo de sistemas basados en la energía solar se está volviendo una alternativa cada vez más viable (Guangul y Chala, 2019). *“Coincidimos con lo expresado por los autores”*.

Gómez, Linares y Rodilla [9] manifiestan que las tecnologías que formarán parte del sistema eléctrico del futuro serán aquellas que permitan garantizar un suministro libre de emisiones de CO₂ y de otros contaminantes, pero también fiable y asequible en términos económicos. Precisan que las tecnologías solar fotovoltaica y eólica, presentan algunos retos técnicos relevantes: lo primero, son poco gestionables pues no pueden producir más allá de lo que permite el recurso disponible. Además, son energías variables, lo que le exige al resto del sistema disponer de flexibilidad para no comprometer el suministro. Por lo anterior, su utilización masiva será factible si se cuenta con una combinación adicional de generación de respaldo, de una demanda más flexible que se pueda acomodar a la producción de estas fuentes no gestionables, de una cierta capacidad de almacenar su producción o de un mayor nivel de interconexiones con otros sistemas eléctricos vecinos. *“Al respecto, coincidimos sobre los problemas técnicos por las inflexibilidades de estos sistemas de generación no convencional, y la necesidad de adaptar los sistemas eléctricos existentes a estas energías no gestionables”*.

Rubén Manuel Zepeda Cancino y Verónica Vázquez García [10] señalan que, en América Latina, Uruguay es reconocido por la diversificación de su matriz energética y la alta contribución a esta por parte de la energía eólica (un tercio de la capacidad eléctrica instalada), asimismo, indican que la energía eólica presenta mayores ventajas ambientales y económicas. En el artículo se analiza las ventajas y las desventajas que trae consigo la expansión de la energía eólica en América Latina; dan como dato la emisión de GEI de fuentes

de energía renovable y convencional. *“Confirmamos que la información revisada es de mucha utilidad para evaluar las bondades de la energía eólica e incentivar su inclusión, a través del Estado”*.

Benito Gustavo Guerrero Hoyos, Fabio de Jesús Vélez Macías y Diana Elizabeth Morales Quintero [12] indican que, durante la selección de las zonas a implementar proyectos eólicos a partir de criterios ambientales, técnicos y económicos, se evidenciaron algunas de las barreras que ha tenido que enfrentar la energía eólica para la entrada al país. La falta de un marco regulatorio robusto y el estudio del recurso viento fueron las que más afectaron el progreso de la investigación. *“Efectivamente, coincidimos en la necesidad de un marco regulatorio que incentive la implementación de proyectos de generación utilizando fuentes renovables”*.

Jonathan Hernández Pérez [13] indica que, la inversión, la innovación y el desarrollo de Energías Renovables contribuyen a la disminución de los GEI, mejora la calidad ambiental al reducir el consumo de otras fuentes de energías no renovables, además de que ayudan a satisfacer las crecientes demandas de energía de la población. *“Estamos de acuerdo en que la implementación de proyectos de energías renovables contribuye en mejorar la calidad ambiental, al reducirse los GEI”*.

Ángel Raúl Arenas Aquino, Yasuhiro Matsumoto Kuwabara y Mina Kleiche Dray [14] nos dicen que, la barrera más grande para la aceptación y propagación de la tecnología solar son los mitos e ideas falsas que existen en las mentes de los potenciales adoptadores, siendo las más comunes que las energías renovables son caras y que no son capaces de satisfacer la demanda energética. *“Al respecto consideramos que, en la actualidad, esta percepción ya se está superando, debido a la reducción de los costos de estas tecnologías”*.

Ingrid Yadibel Cuevas Zuñiga, Luis Rocha Lona y María del Rocio Soto Flores [16] nos dicen que al innovar a través de tecnologías verdes se reduce y evita la contaminación, al modificar el proceso y/o el producto al usar de manera eficiente y eficaz los recursos naturales y a su vez, se mitiga el daño ocasionado al medio ambiente. *“Estamos de acuerdo, al innovar a través de tecnologías verdes se reduce y evita la contaminación y a su vez, se mitiga el daño ocasionado al medio ambiente”*.

Nogar Ada Graciela, Clementi Luciana Vanesa y Decunto Elías Valentin [17] nos dicen que, en diferentes regiones del país se expanden proyectos e iniciativas de aprovechamiento de fuentes renovables fruto de los estímulos estatales dados en la última década a favor de un sistema eléctrico más sostenible. Es por ello que la implementación de tecnologías renovables es una de las estrategias para iniciar una transición energética que contribuya en la lucha contra el cambio climático. El artículo

tiene como objetivo explorar la crisis energética global, haciendo hincapié en los impactos asociados y las alternativas de tránsito hacia un sistema sostenible. Un compromiso político a mediano y largo plazo será fundamental para continuar favoreciendo la descarbonización y descentralización del sistema eléctrico argentino.

Urphy Vásquez Baca y Pedro Gamio Aita [18] nos dicen que, en el contexto nacional, se debe tomar a las energías renovables no solo como fuentes de energía limpia, que contrarrestan los efectos del cambio climático y la contaminación, sino también como herramientas que contribuyen a resolver problemas sociales y a desarrollar mecanismos productivos.

Rosalía Ibarra Sarlat [19] nos dice que sería favorable un ajuste al marco normativo, mediante la revisión de conceptos y criterios, para implementar una transición energética sostenible alineada con las disposiciones en materia climática internacional, cuya transición necesariamente implica la reducción de la dependencia hacia las fuentes fósiles; la promoción del uso de las energías renovables; el incremento de la investigación e inversión para el desarrollo y expansión de las energías renovables y tecnologías asociadas a nivel global, y el impulso de las energías renovables mediante su inclusión competitiva en el mercado.

Joan Batalla Benjarano y Elisenda Jové Llopis [20] nos dicen que, el sector energético requiere de tecnologías nuevas y más limpias, de las que ya están disponibles se necesita que sean más baratas y competitivas en los mercados, así como de un sistema inteligente y sostenible que permita crear nuevos modelos de negocio innovadores. La elevada penetración de las renovables requiere de opciones de mercado que aporten flexibilidad, sin olvidar el fortalecimiento de la red, la gestión por el lado de la demanda, el almacenamiento de energía.

José Antonio Del Risco Ramirez, Gerardo Falcón Rodríguez y Jorge Dextre [21] sostienen que la regulación peruana sobre las energías renovables debe ser analizado e interpretado a la luz de instrumentos normativos y no normativos que se han elaborado para la protección del medio ambiente.

Sebastián Rovira, Jorge Patiño y Marianne Schaper [22] sostienen que los desafíos globales hacen necesario y urgente un modelo de desarrollo que sitúe la sustentabilidad ambiental en el centro de la agenda política. América Latina y el Caribe, no es ajena a estos retos, y debe reorientar su actual paradigma del desarrollo con el fin de conciliar el crecimiento económico, con la igualdad y la protección al medioambiental.

Luis Humberto Berrío y Carlos Zuluaga [23] muestran no solo la necesidad de un marco regulatorio en cuanto a generación distribuida a partir de energías renovables, sino

cómo la energía solar fotovoltaica, potenciada dentro de las redes inteligentes, está siendo considerada una alternativa eficiente y económica para la generación de energía, utilizada cada vez más a nivel mundial.

Luego de la revisión a los veintitrés (23) artículos expuestos en el numeral 3 del presente documento, se encontró que seis (6) artículos, coinciden en precisar que la principal barrera que se presenta en cuanto al desarrollo de sistemas de generación solar, es el poco conocimiento de cómo acceder a ellos, las aplicaciones de este recurso energético y el poco acompañamiento del gobierno en la implementación de esta tecnología. [1] [2] [4] [5] [7] [14]

En los otros artículos restantes diecisiete (17), se encontró coincidencia en evaluar el uso de proyectos eólicos y solares para generar energía; contribuir a la descarbonización de las actividades eléctricas y así mitigar y/o disminuir la emisión de GEI.

Existen artículos donde es importante la participación del Estado, a través de normativa específica, para incentivar el crecimiento de las energías renovables en la matriz eléctrica. [5] [6] [9] [12] [17] [19] [21] [22] [23]

También se han identificado artículos en donde se explican temas técnicos como las inflexibilidades e intermitencias de los sistemas de generación de energía eléctrica no convencional (solar fotovoltaica y eólica) representan barreras para el posicionamiento de este tipo de tecnologías y afectan su crecimiento; por lo que es necesario estudiar la capacidad de las redes eléctricas actuales para evitar futuros problemas. [9] [20]

V. CONCLUSIONES

De los artículos antes expuestos, se confirma que, la inserción de energías renovables tales como; la energía solar y la energía eólica que, para fines de suplir la demanda de energía eléctrica, coadyuvan a disminuir los GEI producto de la contaminación ambiental generada por las centrales eléctricas que, para generar electricidad queman combustibles fósiles.

De la revisión de los artículos, se confirma que, la inserción de energías renovables tales como la energía solar fotovoltaica y eólica que, para fines de suplir la demanda de energía eléctrica, coadyuvan a disminuir los GEI producto de la contaminación ambiental generada por las centrales eléctricas convencionales y con ello descarbonizar el sector eléctrico. Asimismo, se requiere que el Estado implemente actividades de capacitación, propicie un marco regulatorio para incentivar la utilización masiva de las energías renovables y evalúe la capacidad técnica de las instalaciones para absorber, sin problemas, el crecimiento de estos importantes proyectos que utilizan recursos naturales.

AGRADECIMIENTO

Al profesor Dr. Edward J. Flores Masías, Catedrático de la Universidad Nacional del Callao, por sus enseñanzas, sugerencias y recomendaciones.

REFERENCIAS

- [1] L. Beltrán, «ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y SU IMPLEMENTACIÓN EN COLOMBIA,» UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, 2016.
- [2] B. Salazar y J. Palacios, «Diseño de un sistema solar fotovoltaico para atender la demanda energética y reducir los gases de efecto invernadero en la población del corregimiento de Boca de León - Alto Baudó,» Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba, 2022.
- [3] T. Jiménez, «Energías renovables y turismo comunitario: una apuesta conjunta para el desarrollo humano sostenible de las comunidades rurales,» Universidad Nacional de Colombia, 2014.
- [4] A. Mercado y C. Molina, «América Central en el mercado de emisiones: Una evaluación multicriterio de proyectos una evaluación multicriterio de proyectos,» Universidad Nacional Autónoma de México, 2020.
- [5] L. Casola y A. Freier, «El nexa entre cambio climático y energía renovable en el Mercosur. Un análisis comparativo de las legislaciones de Argentina y Brasil,» Universidad Externado de Colombia, 2018.
- [6] A. Beltrán, M. Morera, F. Eneldo y R. Villela, «Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica,» Universidad Autónoma de Zacatecas, 2017.
- [7] A. Rúa y A. Valencia, «Innovación tecnológica inducida: un análisis bibliométrico de la investigación en energía solar, 1960-2018,» ANÁLISIS ECONÓMICO, vol. XXXV, n° 89, p. 31, 2020.
- [8] R. Berigüete, O. Ramírez, L. M. Galindo y J. E. Alatorre, ¿Cómo las estrategias de descarbonización del sector eléctrico aceleran la participación del sector privado en la contribución determinada a nivel nacional CDN?, Santiago: Naciones Unidas, 2020.
- [9] T. Gómez, P. Linares y P. Rodilla, Propuestas para la reforma del sector eléctrico en España, Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2020.
- [10] R. Zepeda y V. Vázquez, «Potencial social y ambiental de la industria eólica para una transición energética en América Latina,» Letras Verdes, p. 21, 2021.
- [11] A. Valverde, G. Vargas y M. García, «Impacto de la implementación del sistema de riego con energía solar en cultivos de limón,» Revista Logos Ciencia & Tecnología, p. 18, 2022.
- [12] B. Guerrero, F. Vélez y D. Morales, «Energía eólica y territorio: sistemas de información geográfica y métodos de decisión multicriterio en La Guajira (Colombia),» AMBIENTE Y DESARROLLO, p. 20, 2019.
- [13] J. Hernández, «Efecto del consumo de energía renovable en las emisiones de gases de efecto invernadero en países con ingresos bajos y altos,» ACTA UNIVERSITARIA, p. 10, 2021.
- [14] Á. Arenas, Y. Matsumoto y M. Kleiche, «ENERGÍA SOLAR Y MARGINACIÓN. ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN SOCIAL SOBRE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA LA ARTICULACIÓN DE UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN EL MUNICIPIO DE NEZAHUALCÓYOTL, MÉXICO,» p. 13, 2017.
- [15] A. Antúnez, «Energías verdes y el control público: preocupación ambiental y ética de las empresas,» MERCADOS Y NEGOCIOS, p. 20, 2020.
- [16] I. Cuevas, L. Rocha y M. Soto, «Tecnologías verdes: energías renovables como una alternativa sustentable para México,» Memoria del XI Congreso de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad, p. 19, 2017.
- [17] A. Graciél, L. Vanesa y E. Valentín, «Argentina en el contexto de crisis y transición energética,» Universidad Nacional del Sur, vol. 30, n° 1, p. 18, 2021.
- [18] U. Vásquez y P. Gamio, «Transición energética con energías renovables para la seguridad energética en el Perú: una propuesta de política pública resiliente al clima,» Espacio y Desarrollo N° 31, p. 30, 2018.
- [19] R. Ibarra, «EL IMPULSO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DE LOS CERTIFICADOS AMBIENTALES EN EL SECTOR ELÉCTRICO MEXICANO,» Universidad Nacional Autónoma de México, p. 29, 2018.
- [20] J. Batalla y E. Jové, «Mercados eléctricos ante la transición energética: diseño y retos de futuro,» Instituto de Estudios Fiscales, p. 16, 2019.
- [21] J. Risco, G. Falcón y J. Dextre, «LAS ENERGIAS RENOVABLES Y SU RELACIÓN CON LA PROTECCIÓN JURÍDICA INTERNACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE,» Pontificia Universidad Católica del Perú, p. 58, 2021.
- [22] S. Rovira, J. Patiño y M. Schaper, «Ecoinnovación y producción verde,» Comisión Económica para América Latina y el Caribe, p. 105, 2017.
- [23] L. Humberto y C. Zuluaga, «Smart Grid y la energía solar fotovoltaica para la generación distribuida: una revisión en el contexto energético mundial,» Universidad del Norte Colombia, vol. 32, n° 2, p. 29, 2014.