

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“IDENTIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LOS  
SISTEMAS DE ENERGÍA EÓLICA PARA DETERMINAR LA EVOLUCIÓN  
DEL CAMPO DE INVESTIGACIÓN”



INFORME FINAL DEL INVESTIGACIÓN

AUTORES:

DR. ING. JUAN HERBER GRADOS GAMARRA

MG. ING. ELISEO JUAN ZARATE PEREZ

Two handwritten signatures in black ink. The top signature is for Juan Herber Grados Gamarra and the bottom one is for Eliseo Juan Zarate Perez.

Callao, 2021 PERÚ



## DEDICATORIA

A Dios quien nos ha permitido sobrellevar la actual pandemia, es quien siempre nos cuida y protege A mi familia quienes siempre me motivan y alientan a continuar con mi vocación de investigador.

A mis colegas y amigos Unacinos Los cuales confían en mi labor como docente investigador.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'Jesús'.A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'Cristóbal'.

## AGRADECIMIENTO

A nuestros docentes de la Facultad de Ingeniería eléctrica y electrónica de la Universidad Nacional del Callao, porque sus enseñanzas son la base e inspiración de este trabajo de investigación.

Al Instituto de investigación de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica por permitirnos fortalecer este trabajo de investigación, alcanzando un nivel profesional adecuado.

A la Biblioteca Virtual de CT por el servicio de información que brinda el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONCYTEC), con el objetivo de poner a disposición de sus usuarios, el acceso gratuito a los recursos de información suscritos por el CONCYTEC en las diferentes áreas del conocimiento.

Autores



## ÍNDICE

RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
INTRODUCCIÓN .....	11
CAPÍTULO I .....	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.1. Determinación de la realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivos .....	13
1.4. Justificación .....	13
1.5. Limitantes de la investigación .....	14
CAPÍTULO II .....	15
II. MARCO TEÓRICO .....	15
2.1 Antecedentes del estudio.....	15
2.2 Bases Teóricas .....	16
1.1 Marco Conceptual.....	17
1.2 Definición de términos básicos .....	19
CAPÍTULO III .....	21
III. HIPÓTESIS.....	21
3.1. Hipótesis .....	21
3.2 DEFINICION DE VARIABLES .....	21
CAPÍTULO IV.....	22
IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	22
4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	22
CAPÍTULO V .....	27
V. RESULTADOS .....	27
5.1. Resultados DE mapeo científico conceptual.....	27

CAPÍTULO VI.....	29
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	29
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis ..... 29	
6.1.2. Mapa estratégico para el periodo 2016 – 2021.....	45
VII. CONCLUSIONES .....	63
VIII. RECOMENDACIONES .....	64
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
ANEXOS .....	73

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Jewel'.A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Crosby', written over a rectangular stamp with a decorative border.

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Visualización de temas de investigación y red temática.....	24
Figura 2. Ejemplo de red temática.....	25
Figura 3: Mapeo científico conceptual.....	27
Figura 4. Mapa estratégico para el periodo 2007 - 2015.....	29
Figura 5: Red temática de impacto ambiental .....	30
Figura 6: Red temática de recursos renovables .....	32
Figura 7: Red temática de eficiencia energética.....	37
Figura 8: Red temática del cambio climático .....	40
Figura 9: red temática de impacto económico.....	43
Figura 10: Mapa estratégico para el periodo 2016 – 2021 .....	45
Figura 11: Red temática impacto medioambiental (periodo 2016 – 2021). .....	47
Figura 12: Red temática de parques eólicos .....	48
Figura 13: red temática de inversiones .....	53
Figura 14: Red temática de inversiones .....	55
Figura 15: Red temática de gases de invernadero.....	58







## RESUMEN

La energía eólica desempeña un papel clave en la combinación de generación de energía renovable. Sin embargo, ellos enfrentan diferentes tipos de problemas como el equilibrio en la adecuación de los recursos, confiabilidad de la red, estabilidad y eficiencia económica. En tal sentido, el objetivo de este trabajo es realizar un análisis de mapeo científico conceptual de los sistemas de energía eólica. Los resultados muestran que los sistemas de energía eólica se relacionan con el cambio climático, el impacto económico, la eficiencia energética, el impacto medioambiental, los recursos renovables, la política energética, el impacto medioambiental, los gases de invernadero, las inversiones y los parques eólicos. Por consiguiente, las turbinas eólicas marinas enfrentan un desafío importante de alto costo nivelado de la electricidad (LCOE). A diferencia de los recursos energéticos convencionales, la tecnología eólica marina aún no se encuentra en la etapa comercial, lo que permitiría reducir el LCOE. Dentro de los métodos para reducir el LCOE se destaca la reducción del costo total o la optimización de la producción de energía. Por lo tanto, un diseño óptimo con un enfoque de control adecuado es la solución para abordar los desafíos.

Palabras clave: Wind energy

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Jesús'.A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Cristóbal'.

## ABSTRACT

The Wind power plays a key role in the implementation of renewable energy generation. However, they face different types of problems such as balance in resource adequacy, network reliability, stability, and economic efficiency. In this sense, the objective of this work is to carry out a conceptual scientific mapping analysis of wind energy systems. The results show that wind energy systems are related to climate change, economic impact, energy efficiency, environmental impact, renewable resources, energy policy, environmental impact, greenhouse gases, investments and parks and wind power. Consequently, offshore wind turbines face a significant level-cost-of-electricity (LCOE) challenge. Unlike conventional energy resources, offshore wind technology is not yet in the commercial stage, which would allow the LCOE to be reduced. Among the methods to reduce LCOE, the reduction of the total cost or the optimization of energy production stands out. Therefore, an optimal design with a proper control approach is the solution to address the challenges.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. J. J.' or similar, written in a cursive style.A handwritten signature in black ink, appearing to be 'G. G. G.', written in a cursive style. The signature is enclosed within a faint, dotted outline of a map of the state of Michigan.

## INTRODUCCIÓN

Debido a la responsabilidad medioambiental de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la tasa de crecimiento anual de la capacidad renovable instalada aumenta constantemente [1]. Es así como los sistemas de energía se están alejando de los combustibles fósiles y partiendo hacia las tecnologías renovables. Existen diferentes tipos de energía sustentable en la cual se están proponiendo en la actualidad con la finalidad de contribuir con la reducción de los efectos de los gases de efecto invernadero; consecuentemente, contribuyendo contra el cambio climático. Es por ello por lo que la capacidad mundial recién instalada de energía renovable estableció un récord en 2016, con un aumento de casi un 9% con respecto a los años anteriores [2].

De esa forma, la energía solar y la energía eólica desempeñan un papel clave en la combinación de generación de energía renovable, representando el 47% y 34% de la capacidad renovable instalada total, respectivamente [3]. En tal sentido, estos recursos energéticos desempeñan un papel fundamental en la transición del uso y generación de la energía eléctrica a nivel mundial. El desarrollo de la energía eólica recibe un amplio apoyo, pero a menudo se opone a nivel local debido a preocupaciones molestas e incertidumbres sobre cómo afecta a los propietarios que viven debido a las turbinas y a la comunidad en general.

Por lo tanto, es necesario desarrollar y adoptar fuentes de energía que no emitan carbono para mitigar los impactos del cambio climático en todo el mundo. Esta producción de recursos de energía eólica es aún más interesante debido a la aceptación general del desarrollo de la energía eólica a nivel mundial. A medida que aumenta la penetración de las energías renovables y se retiran las plantas existentes a gran escala, se espera que la tecnología eólica y solar proporcione casi el 50% de la electricidad total a nivel mundial para el 2050 [4]. Por lo tanto, se requiere realizar conceptualizar las metodologías de viabilidad aplicadas en la evaluación de estas tecnologías de generación renovable.



# CAPÍTULO I

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Determinación de la realidad problemática

Los sistemas eólicos también se han considerado soluciones de transmisión prometedoras para la integración de recursos renovables a gran escala [5]. Sin embargo, estos sistemas eléctricos enfrentan diferentes tipos de problemas, como el equilibrio en la adecuación de los recursos, confiabilidad de la red, complementariedad, resiliencia, estabilidad y eficiencia económica [6].

Por ese motivo, la adopción de soluciones para implementar las redes de energía eólica demanda de la determinación de variables, metodologías o conceptos que contribuyan la asimilación y desenvolvimiento de productos de esa índole. Por tanto, el objetivo principal de esta contribución es realizar un análisis de mapeo científico conceptual de la investigación realizada por los investigadores en este campo. De otro modo, se realizará un análisis bibliométrico utilizando el software SciMAT (*science mapping analysis tool*) [7].

### 1.2. Formulación del problema

De lo expuesto en la sección anterior se formulan las siguientes preguntas de investigación.

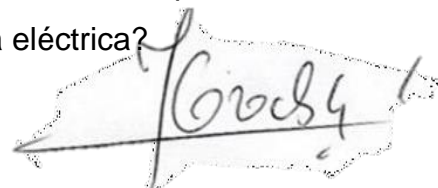
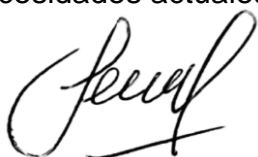
#### 1.2.1. Problema General

¿Se podrá identificar los métodos de evaluación para realizar un análisis de mapeo científico conceptual de los sistemas de energía eólica?

#### 1.2.2. Problemas Específicos

PE1: ¿Es posible determinar técnicas para la evaluación de la viabilidad de aplicaciones en sistemas de energía eólica?

PE2: ¿Los métodos encontrados de aplicaciones de energía eólica se podrá adecuar a las necesidades actuales de producción de energía eléctrica?



PE3: ¿Cuál es el desempeño del campo de investigación de los métodos encontrados en las aplicaciones de sistemas de energía eólica?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Realizar un análisis de mapeo científico conceptual de los sistemas de energía eólica.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

OE1: Determinar las técnicas para la evaluación de viabilidad de aplicaciones de sistemas de energía eólicos.

OE2: Adecuar a las necesidades actuales de producción de energía, el análisis de desempeño de los documentos establecidos con respecto a la producción de la energía eléctrica.

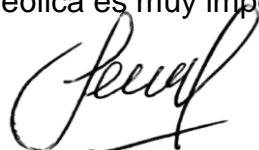
OE3: Determinar el desempeño del campo de investigación de los métodos encontrados en las aplicaciones de sistemas de energía eólica.

### **1.4. Justificación**

La energía eólica es uno de los tipos más comunes de recursos energéticos renovables. Por su sostenibilidad y beneficios ambientales, es una fuente emergente para la generación de energía eléctrica [8]. De esa forma, es importante verificar el estado de arte de este tipo de sistema de energía el cual contribuirá con el desarrollo sostenible, en la cual se está optando en todo el planeta.

#### **a) Teórica**

Los informes en reflejan que la generación total de energía eléctrica a partir de recursos renovables aumenta en un 2,9% anual. Como resultado, la contribución de la energía renovable para la generación mundial de electricidad, especialmente la eólica es muy importante [8].



### ***b) Tecnológica***

Los cambios rápidos y aleatorios de la velocidad del viento a la energía eólica lo convierten en una fuente de energía irregular e inconsistente cuando se conecta a la red, causando diferentes problemas técnicos en protección, calidad de energía y control de despacho de generación [8].

### ***c) Económica***

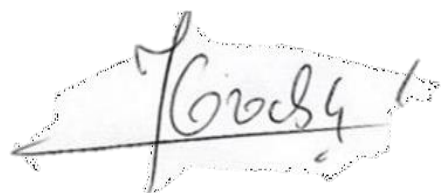
La energía eólica por ser una fuente de energía emergente se considera aun económicamente no viable en algunos casos. De esa forma, determinar los métodos de evaluación permitirá establecer la forma como se están abordando este tipo de inconvenientes específicamente en esta forma de producir energía.

### ***d) Social***

El presente trabajo tiene un impacto en la sociedad actual debido a que al descubrir los métodos de evaluación más eficientes de los sistemas de energía eólicos permitirá aplicarlos en proyectos donde la red tradicional no esté disponible. De esa forma, se tendrá mejor criterio y viabilidad aplicando las técnicas adecuadas en los proyectos de aplicación.

## **1.5. Limitantes de la investigación**

Esta investigación está delimitada al uso de palabras clave para realizar la búsqueda de documentos relevantes. De la misma forma, se establecerá un periodo temporal que depende de la tendencia de publicación de los artículos originales en este campo. Finalmente, la búsqueda se realizará en la base de datos SCOPUS que reúne documentos de alto impacto a un nivel internacional.



## CAPÍTULO II

### II. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del estudio

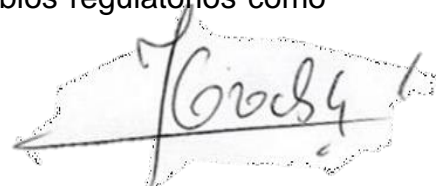
##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Para la formulación del presente trabajo de investigación se han tomado como referencia de antecedentes de los métodos de evaluación de los sistemas de energía eólicos. En ese sentido, se tiene por ejemplo el estudio de exploración de la energía eólica en la India [9]. Así mismo, el trabajo de revisión de los beneficios económicos y el potencial de la energía eólica en Pakistán [10].

Los resultados en el trabajo de Hu et al., 2020 reveló que la energía eólica es la mejor fuente entre todas las opciones de fuente de generación de energía, seguida de la solar. El Petróleo, gas y carbón, las otras tres alternativas, estaban muy por debajo en un análisis comparativo. El gas logró un mejor desempeño general si solo se consideran criterios económicos, pero debido a la escasez de disponibilidad y la disminución de las reservas, esta fuente tampoco es factible.

También se realiza un estudio de la evaluación espacial del potencial eólico a escala global con un enfoque geográfico [11]. En esta investigación se mostraron que, a nivel mundial, hay cinco puntos principales de abundantes recursos eólicos, delimitados en función de la presencia a gran escala de las clases de potencial más favorables. En [2] presentaron las experiencias con subastas de energía eólica en Brasil. Los precios de subasta ajustados a la inflación en ese país disminuyeron un 54% hasta finales de 2012, antes de volver a crecer posteriormente al 87% del precio de primera ronda.

La caída de los precios se puede atribuir a la experiencia cada vez mayor de los actores y al creciente nivel de competencia entre los desarrolladores de proyectos, los inversores y los fabricantes de turbinas. Varios factores jugaron un papel en el aumento de precios, incluidos tanto cambios regulatorios como



una modificación de los términos de conexión a la red, como factores externos de la caída del valor del real brasileño frente al dólar estadounidense.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En Perú se realizó un estudio de estimación del potencial energético eólico para la ciudad de Juliaca. En este trabajo se concluyó que para un generador de Black 300 se requiere una velocidad de arranque mínima de 1.8 m/s, con la potencia nominal del dispositivo de 334 W. Finalmente, se presentó como estudio a la estimación del potencial de energía eólica como un estudio de caso para un lugar en la región sur del Perú [12].

Se está estudiando la disponibilidad del recurso eólico en Perú para su potenciación, por lo que ese artículo analizó el potencial de la energía eólica de un sitio ubicado en el sur del Perú (Juliaca), utilizando datos de viento de 2018 a una altura de 10 metros sobre el nivel del suelo. Para ese estudio, se utilizaron dos métodos numéricos para estimar los parámetros de la función de distribución de Weibull y se calculó la densidad de potencia para cada mes. Los resultados de ambos métodos fueron validados y mostraron buen ajuste y poca diferencia, esto de acuerdo con el estadístico Chi-cuadrado y el coeficiente de correlación de Pearson [12].

## **2.2 Bases Teóricas**

La energía eólica es una de las fuentes de energía renovable que se ha desarrollado ampliamente en los últimos años. La energía eólica tiene muchas ventajas, como la ausencia de contaminación, el coste de capital relativamente bajo y el corto período de gestación. La primera turbina eólica para la generación de electricidad se desarrolló a finales del siglo XIX [13].

De 1940 a 1950, dos tecnologías importantes, es decir, estructura de tres palas de turbina eólica y se desarrolló el generador de CA que reemplazó al generador de CC. Durante el período de 1973 a 1979, las crisis del petróleo llevaron a muchas investigaciones sobre la generación eólica. A finales de la década de 1990, la energía eólica tenía un papel importante en la energía sostenible. Al





mismo tiempo, se desarrollaron tecnologías de aerogeneradores en todo el mundo, especialmente en Dinamarca, Alemania y España [14].

Hoy en día, la energía eólica es la fuente de energía de más rápido crecimiento. Según el Consejo Global de Energía Eólica (GWEC), la capacidad mundial de energía eólica ha aumentado de 7600 MW a finales de 1997 a 195,2 GW en 2009. Sin embargo, la energía eólica representa menos del 1,0% de la demanda eléctrica mundial.

A medida que se despliegan más recursos energéticos distribuidos en los sistemas de redes eléctricas en todo el mundo, es importante identificar, caracterizar y cuantificar los elementos de valor de los diferentes tipos de recursos energéticos distribuidos. Ello es importante para que los encargados de formular políticas, los desarrolladores y las empresas de servicios públicos puedan tomar decisiones informadas sobre el despliegue de energía.

## **2.3. Marco Conceptual**

### ***2.3.1 Consideraciones de diseño de aerogeneradores***

Una turbina eólica consta de rotor, tren de potencia, sistema de control y seguridad, estructura de góndola, torre y cimientos, entre otras partes. Por lo cual, el fabricante de la turbina eólica debe considerar muchos factores antes de seleccionar una configuración final para el desarrollo. Ello puede variar básicamente en función a la aplicación de instalación, capacidad y necesidades en el proyecto.

En primer lugar, el entorno de ubicación del viento previsto es el aspecto más importante. Las turbinas para sitios con mucho viento turbulento deben tener rotores robustos y de menor diámetro. Es por ello por lo que la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) especificó criterios de diseño, que se basan en las cargas de diseño en la velocidad media del viento y el nivel de turbulencia [13].

En segundo lugar, minimizar el costo es el siguiente criterio de diseño más importante. De hecho, la electricidad generada por el viento es más cara que la



energía eléctrica de los generadores a base de combustible. Por tanto, el coste es un factor muy importante que impide que la generación de energía eólica se diversifique. Si el costo de la energía eólica pudiera reducirse entre un 30% y un 50% adicional, entonces podría ser globalmente competitivo. Para reducir el costo de la energía eólica, los diseñadores de energía eólica pueden aumentar el tamaño de la turbina eólica, adaptar las turbinas para sitios específicos, explorar nuevos conceptos dinámicos estructurales, desarrollar generadores personalizados y electrónica de potencia [15].

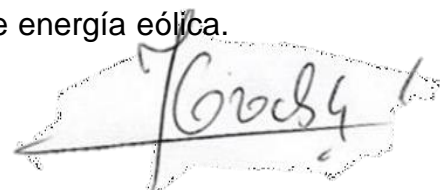
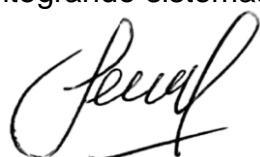
### **2.3.2 Parques eólicos conectados a la red**

Hoy en día, una sola turbina eólica solo se usa para cualquier sitio en particular, como una casa fuera de la red en lugares rurales o en áreas marinas. En un buen sitio con viento, normalmente habrá muchas turbinas eólicas que a menudo se denominan parque eólico. Las ventajas de un parque eólico son costos reducidos de desarrollo del sitio, conexiones simplificadas a líneas de transmisión y acceso más centralizado para la operación y mantenimiento [16].

Si las turbinas eólicas están ubicadas demasiado cerca, resultará en que la turbina contra el viento interfiera con el viento recibido por aquellos ubicados a favor del viento. Sin embargo, si las turbinas eólicas están ubicadas demasiado lejos, significa que el espacio del sitio no se utiliza correctamente. Cuando el viento pasa por el rotor de la turbina, la energía será extraída por el rotor y la potencia disponible para las máquinas a favor del viento se reducirá [13].

### **2.3.3 Sistemas de energía híbridos**

Todavía hay muchas ubicaciones en diferentes partes del mundo que no tienen conexión eléctrica a la red eléctrica. Un sistema de energía que puede generar y suministrar energía a tales áreas se denomina sistema de energía remoto, descentralizado, autónomo, aislado, etc. Es una forma común de suministrar electricidad a estas cargas mediante plantas de energía Diesel. El sistema Diesel es altamente confiable, lo que se ha demostrado durante muchos años. Los principales problemas de los sistemas Diesel son que el costo de combustible, transporte, operación y mantenimiento son muy altos. El costo de la electricidad se puede reducir integrando sistemas Diesel con generación de energía eólica.



Este sistema tiene otra ventaja de las reducciones en el tamaño del motor Diesel y el sistema de almacenamiento de la batería, lo que puede ahorrar combustible y reducir la contaminación.

Estos sistemas que tienen un funcionamiento en paralelo de Diesel con una o más fuentes de energía renovable (eólica, fotovoltaica, micro hidráulica, biomasa, etc.) para satisfacer la demanda eléctrica de un área aislada se denominan sistemas de energía híbridos autónomos. Un sistema híbrido puede tener varias opciones como eólica-diésel, eólica-diésel-fotovoltaica, eólica-diésel-micro hidráulica, etc.

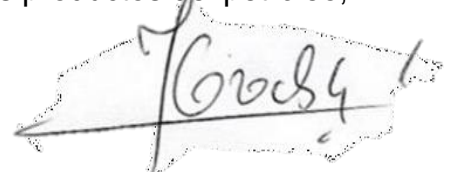
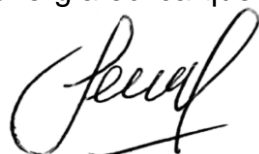
#### **2.4. Definición de términos básicos**

Los conceptos principales, expresiones o variables involucradas en el problema formulado se presentan a continuación.

Evolución del campo de la investigación: La evolución temática de un campo de investigación determinado combina el análisis del desempeño y el mapeo científico para detectar y visualizar subdominios conceptuales (temas particulares o áreas temáticas generales). Este permite cuantificar y visualizar la evolución temática de un determinado campo de investigación. Para ello, se utiliza el análisis de palabras conjuntas en un marco longitudinal para detectar los diferentes temas tratados por el campo de investigación a lo largo del período de tiempo determinado.

Análisis de desempeño en un campo de investigación: El análisis de desempeño utiliza diferentes medidas bibliométricas, incluido el índice h, con el propósito de medir el impacto tanto de los temas detectados como de las áreas temáticas. El enfoque presentado incluye un método de visualización para mostrar la evolución temática del campo estudiado.

Energía eólica: El viento es una fuente de energía gratuita, limpia e inagotable. Ha servido bien a la humanidad durante muchos siglos propulsando barcos y moviendo turbinas eólicas para moler granos y bombear agua. Sin embargo, el interés por la energía eólica quedó rezagado cuando los productos del petróleo,



baratos y abundantes, estuvieron disponibles después de la Segunda Guerra Mundial. Los altos costos de capital y la incertidumbre del viento colocaron a la energía eólica en desventaja económica.

Luego, en 1973, las naciones árabes pusieron un embargo sobre el petróleo. Los días del petróleo barato y abundante estaban llegando a su fin. La gente empezó a darse cuenta de que los suministros de petróleo del mundo no durarían para siempre y que los suministros restantes deberían conservarse para la industria petroquímica.

SciMAT: Es un software libre que realiza análisis de mapas científicos dentro de un marco longitudinal. Proporciona diferentes módulos que ayudan al analista a realizar todos los pasos del flujo de trabajo del mapeo científico. Además, SciMAT presenta tres características clave que son notables con respecto a otras herramientas de software de mapeo científico: (a) un poderoso módulo de preprocesamiento para limpiar los datos bibliográficos sin procesar, (b) el uso de medidas bibliométricas para estudiar el impacto de cada elemento estudiado y (c) un asistente para configurar el análisis.

Scopus: Scopus es la base de datos de resúmenes y citas de Elsevier lanzada en 2004. Scopus cubre casi 36,377 títulos de más de 11 mil editoriales, de las cuales, un poco más de 34 mil son revistas revisadas por pares en campos temáticos de alto nivel: ciencias de la vida, ciencias sociales, ciencias físicas y ciencias de la salud. Cubre tres tipos de fuentes: series de libros, revistas y revistas especializadas.

Todas las revistas incluidas en la base de datos Scopus, independientemente de con quién se publiquen, se revisan cada año para garantizar que se mantengan altos estándares de calidad. Las búsquedas en Scopus también incorporan búsquedas en bases de datos de patentes. Scopus ofrece cuatro tipos de medidas de calidad para cada título; estos son h-Index, CiteScore, SJR (SCImago Journal Rank) y SNIP (Source Normalized Impact per Paper).



## CAPÍTULO III

### III. HIPÓTESIS

#### 3.1. Hipótesis

##### **3.1.1. Hipótesis Principal**

Identificando los diferentes métodos de evaluación de los sistemas de energía eólica se podrá determinar la evolución del campo de la investigación.

##### **3.1.2 Hipótesis Específica**

Adecuando la necesidad actual de producción energía eléctrica, Se podrá determinar el desempeño de producción de las fuentes de energía eólica.

Se podrá determinar la red temática estratégica de los métodos de evaluación de las fuentes de energía sustentable

Determinar el desempeño del campo de investigación de los métodos encontrados en las aplicaciones de sistemas de energía eólica.

#### 3.2 DEFINICION DE VARIABLES

##### **3.2.1. Variables Dependiente:**

Métodos de evaluación de los sistemas de energía eólica.

##### **3.2.2. Variables Independientes:**

Evolución del campo de la investigación.



## CAPÍTULO IV

### IV. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

##### ***4.1.1. Tipo de Investigación***

Según el objeto de estudio la presente investigación es corresponde a un estudio de revisión de un campo especializado de investigación. Según la fuente de información es Investigación de revisión sistemática de la literatura, porque utiliza un conjunto de datos científicos por medio de revistas y bases de datos de alto impacto. De esa forma, el nivel de la investigación es Descriptivo-Explicativa realizando un análisis con un enfoque tanto cualitativo y cuantitativo.

##### ***4.1.2. Diseño de Investigación***

Se realizó un análisis dual integrado para lograr los objetivos de este estudio. Consiste en (i) una revisión sistemática de la literatura (SLR) de los registros bibliográficos sobre los sobre los sistemas de energía eólica y (ii) una revisión basada en el análisis bibliométrico de los registros seleccionados.

#### ***4.2. Revisión sistemática de la literatura (SLR)***

Para generar la SLR se realizó un procedimiento que define la estrategia de búsqueda, los criterios de exclusión y los métodos de extracción de datos para sintetizar los resultados. Varios autores han implementado una SLR en su investigación considerando diferentes etapas, con el objetivo de desarrollar un proceso de investigación científica transparente y replicable [17], [18], [19]. El objetivo de este enfoque es evitar cualquier posibilidad de sesgo o prejuicio que pueda derivarse de la aplicación de criterios preestablecidos [20]. En este trabajo, la secuencia metodológica de una SLR se basa en [21], desarrollado en las siguientes etapas.



#### **4.2.1. Selección de bases de datos**

Se seleccionó la base de datos de resúmenes y citas de Elsevier (Scopus), que contiene varias publicaciones científicas y técnicas internacionales de alto impacto relevantes para el tema y problema abordado.

#### **4.2.2. Selección de palabras clave**

Las palabras clave han sido seleccionadas para incluir solo aquellos estudios que están relacionados con los sistemas de energía eólica. La búsqueda se realizó utilizando el campo "Título / Resumen / Palabra clave" utilizando los operadores inclusive AND, OR. Las palabras clave utilizadas en el SLR fueron ("wind energy" OR "wind power" OR "wind-generated") AND "assessment methods," "assessment tools," "assessment systems," "environmental impact," "social impact" and "economic impact." La secuencia metodológica para identificar los sistemas de energía eólica consiste en los siguientes pasos:

#### **4.2.3. Selección final de la literatura**

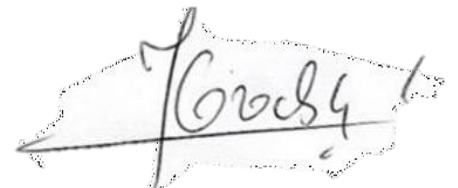
Los documentos fueron seleccionados en función de su relevancia, es decir, en función de si contienen los datos necesarios para abordar el tema tratado en la SLR, siguiendo los lineamientos del diagrama de flujo PRISMA [22].

#### **4.2.4. Identificación del horizonte temporal**

Una vez seleccionados los documentos relevantes, se seleccionó el horizonte temporal y los períodos para su análisis. Se establecieron de acuerdo con varios criterios, como el número de registros, elementos relevantes y puntos de inflexión en el campo de investigación [23].

### **4.3. Análisis bibliométrico**

El análisis bibliométrico se realizó utilizando el software SciMAT (herramienta de análisis de mapeo científico), que es una herramienta científica gratuita para analizar la evolución social, intelectual y conceptual en un campo científico [7]. SciMAT se ha aplicado con éxito en múltiples áreas, como ciencias de la computación, ingeniería, negocios y administración, y ciencias ambientales [24], [25], [21], [26].



Esta herramienta utiliza una serie de publicaciones científicas para construir una base de conocimiento en la que se almacena la identidad de cada publicación. Se basa en el análisis de palabras conjuntas y el índice h. Asimismo, incorpora métodos, algoritmos y medidas para todos los pasos del flujo de trabajo del mapeo científico general, desde el preprocesamiento hasta la visualización de resultados [7]. El método de análisis se estableció en las siguientes etapas.

#### **4.3.1. Detección de temas de investigación**

SciMAT aplica un análisis de palabras conjuntas a los datos brutos de todos los documentos publicados en el campo de investigación. Luego, la herramienta usa un índice de equivalencia, que construye una red bibliométrica estandarizada de palabras clave, y finalmente aplica el algoritmo básico simple para agrupar las palabras clave en temas.

#### **4.3.2. Visualización de temas de investigación y redes temáticas:**

En esta etapa, los temas detectados se muestran mediante diagramas estratégicos bidimensionales en función del grado de interacción entre los temas de investigación, como se muestra en la Figura 1. Además, la herramienta considera los valores de fuerza del tema de investigación.



*Figura 1. Visualización de temas de investigación y red temática*

Los temas motores se encuentran en el cuadrante superior derecho de la Figura 1, están bien desarrollados y son importantes para la estructura del campo de investigación. De igual forma, los temas muy desarrollados y aislados: se ubican en el cuadrante superior izquierdo en la Figura 1; están bien desarrollados, pero son de poca importancia para el campo de la investigación. Temas emergentes



o en declive: se ubican en el cuadrante inferior izquierdo en la Figura 1; están poco desarrollados y no tienen mucha importancia en el campo de la investigación.

Por otro lado, los temas básicos y transversales: Se ubican en el cuadrante inferior derecho de la Figura 1; representan temas importantes en el campo de la investigación, pero aún no están bien desarrollados. Como complemento a los diagramas de estrategia, las redes temáticas muestran la relación de cada tema de estos diagramas con las palabras clave y sus interconexiones. Cada red temática está etiquetada con el nombre de la palabra clave más significativa del tema. Aquí, varias palabras clave están interconectadas, donde el tamaño del círculo es proporcional al número de documentos correspondientes a cada palabra clave, y el grosor del vínculo entre dos círculos es proporcional al índice de equivalencia. La figura 2 muestra un ejemplo de red temática.

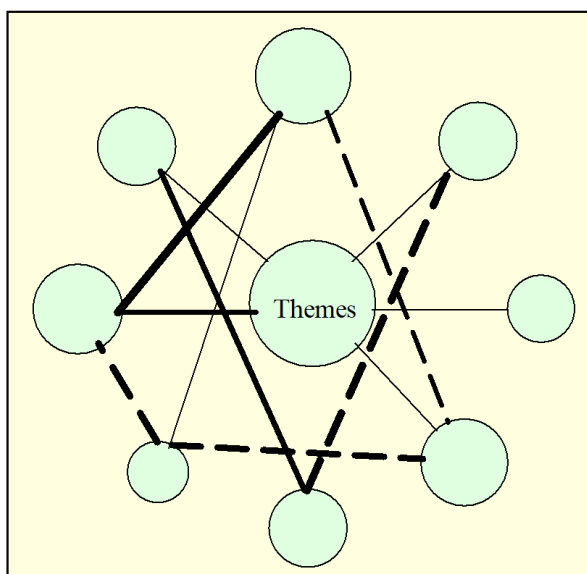


Figura 2. Ejemplo de red temática

### ***iii) Descubrimiento de la evolución de los temas de investigación***

En esta etapa se detectan y analizan las áreas evolutivas del campo de investigación, sus orígenes e interrelaciones. El índice de inclusión [27] se utiliza para detectar vínculos conceptuales entre temas de investigación en diferentes períodos y medir la fuerza de la asociación entre ellos. Este análisis está representado por dos gráficos: En el gráfico superpuesto la flecha horizontal representa el número de elementos compartidos por ambos períodos de tiempo.

La flecha de entrada superior representa el número de nuevos elementos en el período 2, la flecha de salida superior representa los elementos mostrados en el período 1 pero no en el período 2, y así sucesivamente, para los n períodos, según lo establecido para el análisis.

En el mapa de evolución las líneas continuas indican que los temas relacionados comparten un nombre, es decir, ambos temas tienen el mismo nombre, o el nombre de uno de los temas es parte de otro. De manera similar, una línea de puntos indica que los temas comparten elementos que no son necesariamente el nombre del tema; sin embargo, existe una relación conceptual entre los temas. Finalmente, el grosor de la línea es proporcional al índice de inclusión y el tamaño del círculo es proporcional al número de documentos asociados a cada tema.

iv) Análisis de desempeño: Este análisis mide cualitativa y cuantitativamente la contribución de los temas de investigación a todo el campo a través de medidas bibliométricas, como el número de documentos publicados, el número de citas y diferentes variantes del índice h. V) Fase de visualización: Siguiendo el flujo de trabajo del mapeo científico, se utilizan técnicas de visualización para producir un mapa científico y mostrar los resultados de los diferentes análisis.

# CAPÍTULO V

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados del mapeo científico conceptual

En este apartado se presenta el análisis de mapeo científico conceptual de los sistemas de energía eólica. Los resultados muestran que los sistemas de energía eólica se relacionan con el cambio climático, el impacto económico, la eficiencia energética, el impacto medioambiental, los recursos renovables, la política energética, el impacto medioambiental, los gases de invernadero, las inversiones y los parques eólicos. En la Figura 3 (a) se muestra el mapa superpuesto, mientras que en la Figura 3 (b) se muestra el mapa de evolución.

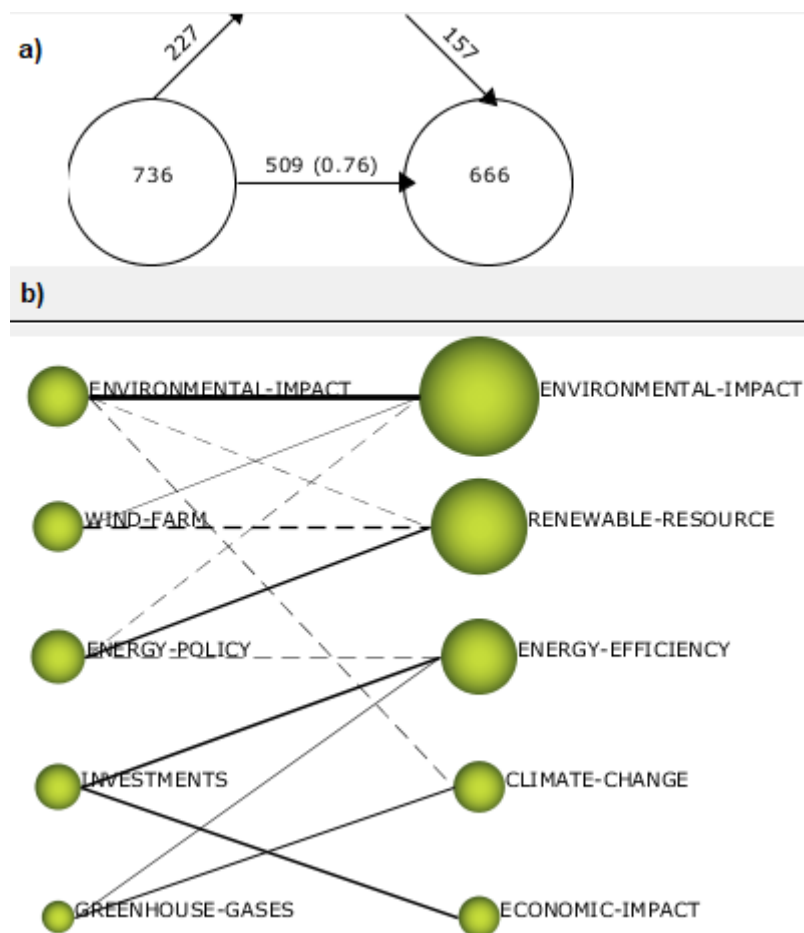


Figura 3: Mapeo científico conceptual

El mapa superpuesto indica que el 76% de términos se mantienen de un periodo a otro. Ello significa que el estudio en el campo evaluado presenta una base sólida de investigación. Por ende, los sistemas de energía eólica están consolidando paulatinamente frente al desarrollo sostenible. Ello se relaciona con las diferentes propuestas realizadas por medio de investigadores a un nivel global que están optando por este tipo de recurso energético sustentable. La energía eólica, considerada una forma eficiente y sostenible de producir energía, generalmente se ve favorablemente con respecto a los impactos sobre el cambio climático y cuando se ubican y operan adecuadamente, los proyectos de energía eólica minimizan también los impactos en la vida silvestre y pueden tener un impacto positivo general en la conservación de la biodiversidad.

De la misma forma, se aprecia también una cantidad de términos nuevos que se suman por medio de las nuevas propuestas para hacer frente al cambio climático. El mapa de evolución muestra el aborde de los temas importantes dentro del campo de investigación. Siendo los temas más relevantes el impacto medioambiental, los recursos renovables y la política energética dentro del campo de investigación. Los conceptos de concreción y coproducción encuentran cada vez más su camino en la investigación sobre el desarrollo de energías eólicas. Como paradigma de innovación, se cree que la concreción produce procesos de innovación más legítimos e inclusivos, sin embargo, en el contexto de las transiciones energéticas todavía no existe una comprensión coherente de lo que significa e implica el concepto.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Jesús'.A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Gordy', written over a faint map outline.

## CAPÍTULO VI

### VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

##### 6.1.1. Mapa estratégico para el periodo 2007 – 2015

En la Figura 4 se muestra el mapa estratégico para el periodo 2007 – 2015. La Figura muestra 5 temas fundamentales dentro del campo de investigación para este periodo. El impacto medioambiental, los recursos renovables y la eficiencia energética están dentro del cuadrante 1. Estos tópicos representan a los temas motores y fundamentales del campo de la investigación, considerándose muy importantes para la especialidad. Mientras que el cambio climático y el impacto económico se encuentran en el tercer cuadrante, representando los temas en declive de la especialidad. Por lo tanto, son aquellos que cada vez están siendo menos importantes en el campo de investigación abordado.

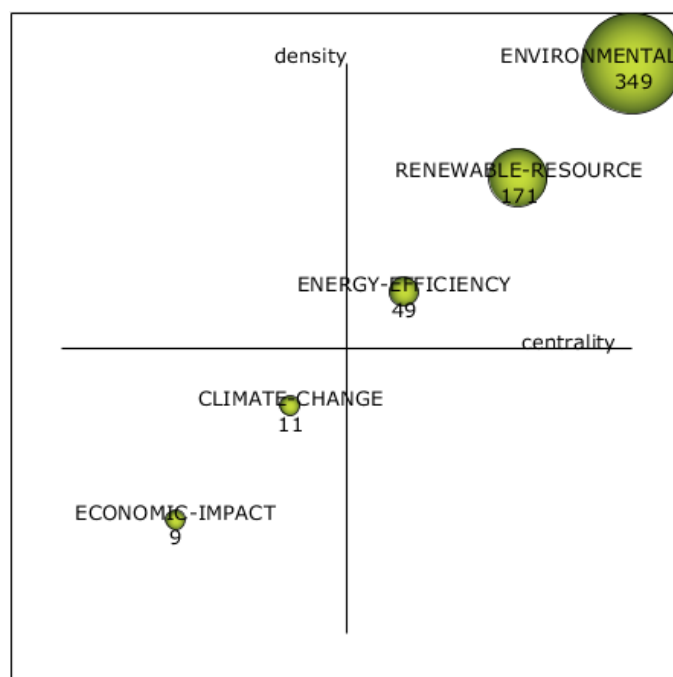
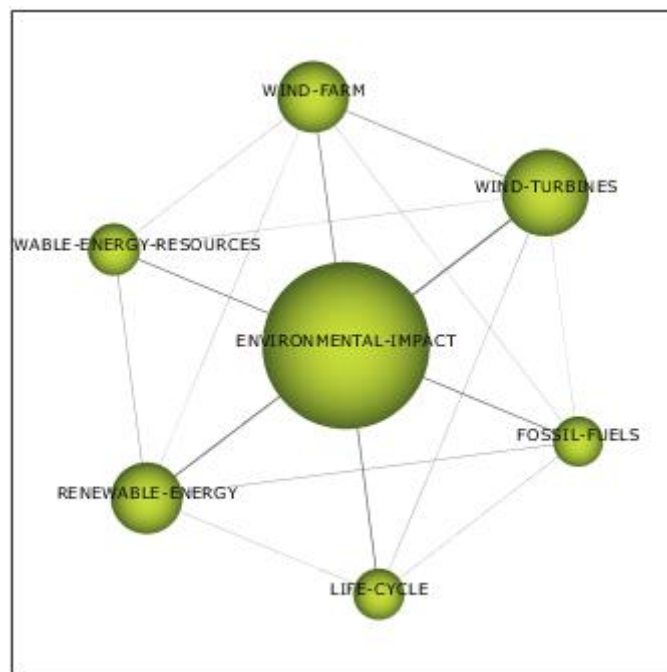


Figura 4. Mapa estratégico para el periodo 2007 - 2015

### **a) Impacto medioambiental**

El impacto ambiental, como se muestra en la Figura 5 de la red temática, se relaciona con otros temas de investigación como el impacto ambiental, combustibles fósiles, ciclo de vida, energías renovables, recursos de energías renovables, parque y turbinas eólicas. A través del desarrollo industrial, la producción de energía se considera un desafío importante, en particular porque la población mundial está aumentando exponencialmente. La expansión de la comunidad y la migración hacia espacios antes deshabitados y el crecimiento de la tecnología aumentan la demanda de energía en general y de electricidad en particular [28].



*Figura 5: Red temática de impacto ambiental*

Por lo tanto, una sociedad sostenible, estable, fuentes de energía limpias, amigables con el medio ambiente y eficientes son importantes y fundamentales. Los combustibles fósiles y los procesos de producción de energía convencional dominan el suministro de carbón, petróleo crudo y gas natural, y representan más del 80% de las fuentes de energía primaria en 2018 [29]. Sin embargo, el uso generalizado de combustibles fósiles fue un arma de doble filo, lamentablemente perjudicial para el medio ambiente y el clima. La inmensa dependencia de los combustibles fósiles y su uso indebido a gran escala en casi

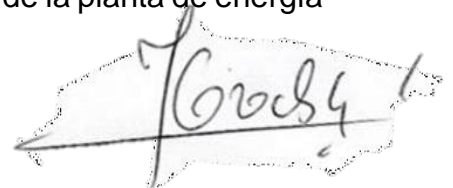
todas las aplicaciones han traído graves problemas ambientales, como olas de calor, incendios forestales, niveles elevados del mar, inundaciones, entre otros.

Se han realizado amplios esfuerzos de investigación y desarrollo para mejorar la eficiencia de los procesos actuales a través de la recuperación de calor residual, desarrollando dispositivos de conversión de energía que sean amigables con el medio ambiente y eficientes. Los recursos de energía renovable se han impulsado a un nivel que permite a los países avanzados convertir su combinación de energía existente en más acciones de energía renovable, exigiendo una reducción y neutralización global del carbono. Según el informe de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), soluciones energéticas seguras para el clima, como la manera efectiva estos importantes objetivos y restringir adecuadamente los impactos negativos sobre el cambio climático, la descarbonización máxima del suministro de energía debe lograrse en menos de 50 años. Sin embargo, eso no se puede lograr sin al menos siete veces la tasa de crecimiento actual de las fuentes de energía renovable para 2060, cuando la economía mundial se triplica [30].

### ***b) Recursos renovables***

Dentro de la red temática que se muestra en la Figura 6 los recursos renovables se relacionan con los métodos de evaluación, la generación de electricidad, la política energética, los recursos energéticos, la evaluación de impacto ambiental, los recursos renovables y la energía eólica. La energía renovable fluctuante (solar fotovoltaica y eólica) tiene actualmente un costo competitivo con la generación de energía convencional de nueva construcción en grandes partes del mundo [31]. Además, el apoyo político hacia la descarbonización de la energía está impulsando la adopción incluso en áreas que no son tan competitivas en costos. La planificación de la expansión de la generación (GEP) en su naturaleza es un problema dinámico no lineal que debe resolverse bajo determinadas restricciones y limitaciones.

En general, el propósito de GEP es minimizar la inversión requerida para la nueva capacidad de generación y los costos operativos, incluidos los costos de combustible para maximizar las ganancias del propietario de la planta de energía



bajo un objetivo de métrica de confiabilidad definida. El papel de las fuentes de energía renovable (FER) en la mitigación del consumo de combustible es bien conocido. Además, se comprende bastante bien el papel adicional de las fuentes de energía renovable para contribuir al cumplimiento de la demanda máxima del sistema eléctricas. Es decir, evitar la construcción de centrales eléctricas convencionales adicionales para satisfacer la misma demanda máxima.



Figura 6: Red temática de recursos renovables

El cumplimiento de la demanda máxima se mide por la capacidad de carga efectiva (ELCC) de la capacidad de RES agregada [32]. Se sabe que el ELCC de RES disminuye a medida que aumenta su penetración en la capacidad del sistema. Por lo tanto, es importante comprender el compromiso de costo entre el ahorro de combustible con el aumento de la penetración y el ELCC de la capacidad adicional agregada bajo el mismo objetivo de confiabilidad [33].

Todos y cada uno de los sistemas energéticos se evalúan en el triángulo de la seguridad energética (guiado a través de políticas y regulaciones), finanzas (dirigido a través de la economía) y mitigación del cambio climático (dirigido a través de evaluaciones de impacto ambiental) para alcanzar la justicia energética (dirigido a través de leyes y políticas) [34]. La seguridad del suministro es la disponibilidad de generación de energía para satisfacer la demanda de los



clientes en todo momento o como máximo [35]. La medida de confiabilidad no lineal como, por ejemplo, la pérdida de horas de carga (LOLH) no puede considerarse en los enfoques de optimización tradicionales (por ejemplo, programación lineal) [36].

Los costos totales del ciclo de vida del sistema de un sistema de energía deben considerar los costos socioeconómicos, que surgen de los costos potenciales planteados por la sociedad durante los períodos de energía no servida por el sistema. Por lo tanto, se define dos enfoques principales para estimar los costos socioeconómicos causados por la interrupción del servicio de energía: implícito y explícito [37]. En el enfoque explícito, son comunes dos puntos de vista sobre el costo de las interrupciones: (i) el punto de vista del usuario, que implica que el costo de las interrupciones puede variar ampliamente entre el tipo de consumidor, y (ii) el punto de vista del usuario.

En casi todos los enfoques de optimización, la seguridad del suministro se cubre implícitamente a través de perfiles horarios de demanda de energía y generación de energía renovable, una suposición explícita de un RM y / o energía esperada no servida (EENS). Desafortunadamente, este enfoque no cubre el aspecto de confiabilidad probabilística horaria dentro de GEP en comparación con TEP. Se especifica criterios explícitos comunes como, por ejemplo, energía esperada no servida (EENS, expresada en MWh / año) y pérdida de frecuencia de carga (LOLF, expresada en ocurrencias / año) [38].

EENS representa la suma de la energía no servida, LOLF representa la cantidad de horas que la energía requerida no se puede suministrar según lo solicitado. Si bien el criterio EENS no puede proporcionar ninguna información sobre la frecuencia con la que no se puede suministrar energía, LOLF no agrega información sobre cuánta energía no se puede proporcionar dentro de un período de tiempo específico. Además de estas desventajas, ambos criterios no proporcionan ninguna información sobre las probabilidades de ocurrencia. Las herramientas de simulación como HOMER y ENERGYPLAN ignoran estas medidas, ya que asumen que la electricidad que no se genera dentro de los

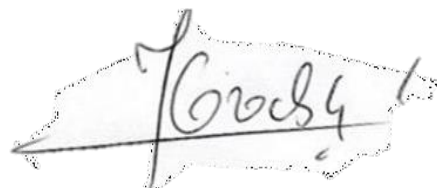


límites del sistema de energía evaluado se puede comprar en el exterior fácilmente [39].

La medida LOLF no se puede replicar en programación lineal (LP). Por lo tanto, herramientas de optimización conocidas como DER-CAM y PyPSA no consideran ninguno de estos enfoques explícitos. Se destaca también que, en general, solo hay un criterio considerado en los modelos de optimización económica: el costo [40]. Se argumenta que la seguridad energética debe considerarse por encima de las consideraciones económicas, ya que la disponibilidad de energía es crucial en la sociedad y la economía de hoy. Indican que los resultados del estudio de caso son muy sensibles al tamaño del sistema y la especificidad del sistema evaluado.

Los autores agregaron más detalles al Sistema de Modelado de Energía de Código Abierto (OSeMOSYS) para incorporar la seguridad del suministro. Los autores introdujeron la definición de su propio indicador clave de rendimiento (KPI): el coeficiente de seguridad energética (ESC, entre 0 y 1). El ESC incorpora el EENS, el aumento de costo y cuánto duró la perturbación. Un ESC de 1 es un sistema de resiliencia perfecto donde una perturbación no tiene ningún impacto en los precios de la energía ni en la calidad del suministro de energía. Desafortunadamente, no evalúan la importancia de la calidad de las RES a lo largo del tiempo.

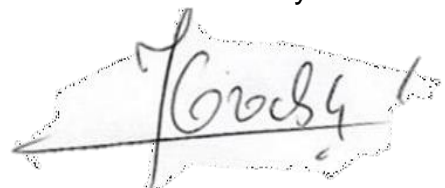
También se presentó un documento de orientación sobre cómo deberían utilizarse los modelos de optimización de sistemas energéticos (ESOM) para optimizar sus resultados en función de su experiencia colectiva en modelos [41]. Dos de sus principios rectores son: (a) hacer el análisis lo más simple posible y tan complejo como sea necesario, y (b) reevaluar el enfoque y los objetivos de modelado a lo largo del análisis. Si bien los marcos de optimización de código abierto de última generación utilizan RM y EENS, no evalúan la individualidad del sistema, ni validan sus suposiciones de entrada en ese sentido. Aquí es exactamente donde este estudio agrega su valor, ya que las cualidades de múltiples RES se evalúan en un enfoque combinado RM-EENS-LOLH.



En mostrar una vista genérica de cómo el margen de reserva (RM) se correlaciona con la confiabilidad del sistema (medido en LOLH), así como la energía no servida esperada (EENS), medida en porcentaje de la demanda anual de energía, también conocida como energía no servida esperada (EUE). El RM define cuánto debe estar la flota total de plantas de energía instalada, incluidos todos los tipos de tecnologías de generación de energía a ser despachada, por encima de la demanda máxima esperada para garantizar una operación de energía confiable y segura en todas las circunstancias. Como se mencionó anteriormente, RES contribuye a la RM de alguna manera. Desafortunadamente, su publicación no arroja luz sobre el impacto de una alta proporción de energías renovables en el MR requerido, así como en el EUE.

Las fuentes de energía renovable (FER) son cada vez más competitivas en costos a nivel mundial. Generalmente, los métodos de optimización se utilizan para identificar la configuración más económica de los sistemas de energía individuales dadas ciertas limitaciones. Según el leal saber y entender del autor, ninguna de las herramientas de optimización de energía de fuente abierta disponibles puede considerar los costos socioeconómicos de manera explícita asumiendo que la energía no suministrada tiene un valor económico predefinido. La forma explícita no es capaz de definir de antemano cuánto tiempo no se puede suministrar energía por completo ni cuánta electricidad no se suministrará. Hasta el día de hoy, la mayoría de los sistemas eléctricos globales tienen una contribución limitada de FER.

Por lo tanto, utilizar el margen de reserva como suposición para la optimización no es apropiado. Un supuesto demasiado alto sobre el margen de reserva aumentaría innecesariamente la capacidad de generación convencional requerida. Usando LOLH como la única métrica para la planificación del sistema de energía, la EENS aumentará con la creciente capacidad renovable instalada. Esto se debe a que LOLH no cubre la cantidad de electricidad no suministrada, solo cuenta las horas en las que la energía no se puede satisfacer por completo. Por otro lado, una suposición estricta y constante de EENS sería demasiado restrictiva para GEP. Por lo tanto, la recomendación es usar LOLH y EENS

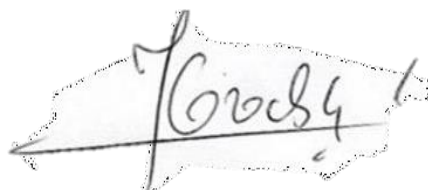


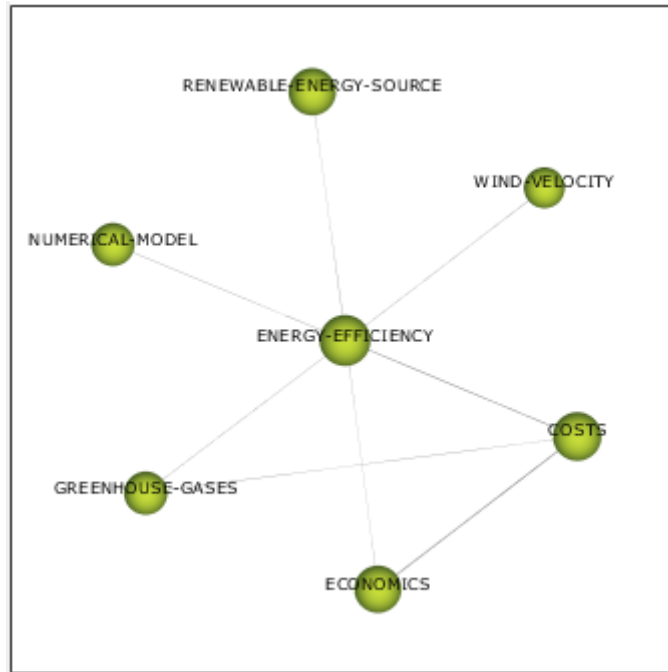
simultáneamente para incorporar un margen de reserva adecuado en un solo marco de optimización como se hace en este estudio.

### ***c) Eficiencia energética***

En la Figura 7 se muestra la red temática de eficiencia energética. Esta red se relaciona con los temas de costos, economía, eficiencia energética, gases de efecto invernadero, modelo numérico, fuente de energía renovable y velocidad eólica. El repentino aumento en el uso de energía y la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en los últimos tiempos es alarmante. Muchos creen que el aumento del nivel de población en las áreas urbanas es el motivo detrás del aumento, mientras que otros argumentaron que la producción de bienes y servicios podría ser la causa. Cualquiera que sea el caso, la energía ha llegado para quedarse como factor determinante del desarrollo sostenible. Por lo tanto, se ha proyectado que el uso de energía del sector industrial global aumentará a alrededor del 30% para 2050, mientras que se prevé que el consumo de productos finales crezca y supere la cifra aproximada de 310 cuatrillones de unidades térmicas británicas (BTU) [42]. Dada la proyección, es probable que el aumento del uso de energía afecte la actividad económica, la sociedad y el medio ambiente. Por lo tanto, los gobiernos y los formuladores de políticas deben prestar atención a las políticas de energía más limpia para reducir las emisiones de dióxido de carbono.

Hay dos formas posibles de abordar estos problemas: el financiamiento sostenible y el desarrollo económico. La energía ha sido impulsada por el desarrollo y el crecimiento sostenibles, lo que significa que el crecimiento de una economía aumenta la demanda de energía. Si la energía está limitada, el crecimiento económico retrocede a su vez. Esto muestra la relación bidireccional que existe entre el desarrollo sostenible y el crecimiento de la eficiencia energética. Además, el desarrollo financiero podría afectar la demanda de energía al proteger a los clientes de pedir dinero prestado para comprar artículos como automóviles, casas, refrigeradores, acondicionadores de aire y lavadoras. En otras palabras, el desarrollo financiero proporciona un camino más fácil para que los clientes satisfagan sus necesidades y deseos, lo que puede afectar la demanda general de energía de un país [43].





*Figura 7: Red temática de eficiencia energética*

Siguiendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), existe la necesidad de una energía más barata, asequible y limpia. Dicho de otra manera, la provisión de eficiencia energética y la reducción de las emisiones de dióxido de carbono se vuelven necesarias para 2030 [44]. Se sustenta que la eficiencia energética, tan a menudo utilizado como el término para tecnología, parece comportamental en la práctica, pero se refiere al valor económico del consumo de combustible. Por otro lado, la eficiencia energética proporciona un coste energético eficaz y eficiente para la producción de productos y servicios. Más importante aún, reduce las emisiones de dióxido de carbono, reduce la demanda de importación de energía y reduce el costo para el hogar individual y la economía en su conjunto. Más allá de esto, los sectores de edificios, transportes, industrias y generación de energía se benefician de la eficiencia energética.

En este contexto, nos centramos en la eficiencia energética y el desarrollo sostenible como factores económicos y financieros vitales para la eficiencia energética. Los países con previsión de desarrollo sostenible deben adoptar políticas de eficiencia energética y reducción de dióxido de carbono. Sin embargo, estudios encontrados se centraron en el crecimiento económico y el desarrollo financiero como determinantes de la eficiencia energética. Por lo tanto, el crecimiento económico se enfoca en producir bienes y servicios sin

*Seval*

*Corobly*

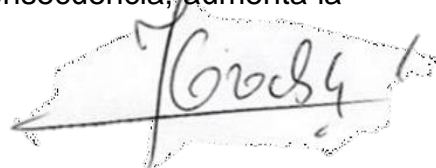
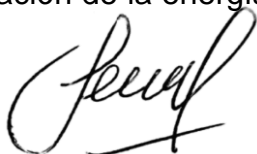
considerar las consecuencias ambientales que exponen los lapsos de utilizar el crecimiento económico como determinante de la eficiencia energética.

En segundo lugar, la literatura reciente consideró el desarrollo financiero para determinar la eficiencia energética. Este indicador refleja el crecimiento de la base financiera, mientras que la generación futura está expuesta a la incertidumbre. Dado este hecho, se considera 20 países de Asia y el Pacífico asumiendo el papel de los objetivos de desarrollo sostenible (es decir, el desarrollo económico y financiero sostenible) en la promoción de la eficiencia energética. En segundo lugar, se estima el impacto de la innovación verde en el logro de la eficiencia energética.

Se desprende claramente de la meta de las Naciones Unidas, ONU-ODS, que se está volviendo aceptable a nivel mundial el suministro de energía limpia asequible y accesible. El clima global y los problemas ambientales son las principales razones detrás del repentino aumento de la eficiencia energética. Sin embargo, otros creen que la búsqueda de beneficios por parte de empresas es también la razón unilateral de la eficiencia energética. Un factor que puede mejorar la eficiencia energética es el sostenimiento del desarrollo económico. Por ejemplo, implementar energía renovable tiene una carga de costos significativa; sin embargo, la venta de créditos de carbono puede compensar esta carga de costos y generar beneficios indirectos para la salud.

Otra forma de lograr la eficiencia energética en un país es sobrecargar sus actividades económicas, considerando la salud de nuestro medio ambiente. Eso significa que promover el crecimiento económico y el consumo de energía no está fuera de lugar al considerar la eficiencia energética. En [45] se argumentó que los países con un desarrollo económico sostenible sólo podrían aprovechar su éxito si se centraran en el descubrimiento de recursos energéticos sostenidos.

El desarrollo financiero es otro factor que impulsa significativamente la eficiencia energética. A través de la intensidad energética, el desarrollo financiero estimula la eficiencia energética. Concretamente, el desarrollo del sistema financiero tiende a aliviar a los usuarios de energía al dar confianza en la posibilidad de subcontratar la financiación de la energía, lo que, en consecuencia, aumenta la



eficiencia energética. En tal sentido, los indicadores de desarrollo financiero podrían promover la eficiencia energética a través del consumo de energía. Sin embargo, la magnitud de este impacto depende del nivel de ingresos y del aspecto del desarrollo financiero. Por ejemplo, el crédito privado e interno aumenta principalmente el consumo de energía y el ahorro o la eficiencia de energía en los países de bajos ingresos.

No en tanto, la eficiencia energética podría verse afectada negativamente, lo que significa que puede ser testigo de una recesión. El posible factor en la caída de la eficiencia energética es la urbanización. La urbanización provoca una mayor migración de la población rural a un área urbana, lo que lleva a un aumento en el uso y consumo de energía. Debido a la divergencia en las condiciones de vida de los residentes urbanos y rurales, el aumento en el consumo de energía reducirá la eficiencia energética y el desperdicio de energía innecesario. Más aún, la urbanización conduce al desempleo en el área rural, ya que dicho gobierno se ve obligado a buscar una solución al aumento del desempleo y, a veces, exige relajar algunas regulaciones ambientales en empresas seleccionadas conocidas por su alto consumo de energía y buscarlas para proporcionar más trabajo.

Hay bastantes estudios sobre ahorro o eficiencia energética, financiación sostenible y economías en todo el mundo. Sin embargo, se hace hincapié en las economías de la OCDE y descuidó a los países que se sienten más atraídos por las energías limpias. Según un informe de noticias de EY, Asia está creciendo hasta la cima del mundo como el continente con el uso de energía renovable más atractivo. Como sabemos, la energía renovable forma parte de la eficiencia energética. No sería prudente excluir a los países que han adoptado el uso de energía renovable en su sistema, a diferencia de la literatura anterior, que ignoraba a los países con mayor demanda de energía renovable. Dado este hecho, los hallazgos de estudios previos pueden no reflejar la realidad del nexo entre eficiencia energética y economía sostenida. En segundo lugar, los estudios anteriores no tuvieron en cuenta la innovación relacionada con el desempeño ambiental, a pesar de los llamamientos mundiales a favor de una economía y un medio ambiente verdes.



#### **d) Cambio climático**

La Figura 8 muestra la red temática del cambio climático. En esta red se muestran los temas relacionados con emisión de carbono y evaluación del ciclo de vida. El cambio climático se ha posicionado como una de las amenazas ambientales más graves que enfrentamos en la actualidad. Para abordar el cambio climático, es fundamental mejorar la percepción del riesgo del cambio climático y reducir la inacción ante el cambio climático. Sin embargo, poca investigación ha abordado el tema de si la percepción del riesgo del cambio climático está relacionada con la inacción del cambio climático de manera negativa.



*Figura 8: Red temática del cambio climático*

Además, todavía se desconoce mucho sobre el complejo proceso detrás de esta relación, y las condiciones límite de este proceso esperan una aclaración. Para abordar estas lagunas en la literatura, se llevaron a cabo dos estudios para confirmar primero la posible asociación negativa entre la percepción del riesgo del cambio climático y la inacción del cambio climático y, en segundo lugar, explorar a través de un modelo de mediación paralelo si la creencia en el cambio climático y la eficacia ambiental median simultáneamente la relación entre la percepción del riesgo del cambio climático y la inacción del cambio climático.



Como uno de los mayores desafíos sociales urgentes y a largo plazo que enfrentan los seres humanos en el siglo XXI es el cambio climático que ha ejercido un efecto negativo a nivel mundial. Para hacer frente de manera eficaz a esta crisis ambiental, se justifican formas de vida más sostenibles. De manera alarmante, la acción climática necesaria para combatir el cambio climático es actualmente limitada, incluso para quienes creen en el cambio climático y se preocupan por sus consecuencias. Entonces, ¿qué explica la inacción ante el cambio climático? Se ha demostrado que, además de los factores políticos e industriales, los factores psicológicos también se encuentran en la raíz de la inacción frente al cambio climático. Por lo tanto, es necesario investigar los factores limitantes “de adentro hacia afuera” en el contexto del cambio climático, es decir, las barreras psicológicas para la acción.

La revisión realizada sugiere cuatro lagunas de investigación en la literatura. Dado que lograr objetivos climáticos ambiciosos (por ejemplo, limitar el cambio climático a 1,5 ° C) requiere una reducción a gran escala de la inacción frente al cambio climático. Los hallazgos relacionados tienen el potencial de mejorar nuestra comprensión de la inacción del cambio climático, así como de aumentar la efectividad de la política climática, ya que brindan apoyo empírico para abordar los factores clave que promueven o inhiben la inacción del cambio climático. En segundo lugar, la investigación existente ha investigado predominantemente los factores que influyen en la percepción del riesgo del cambio climático, pero no el efecto de la percepción del riesgo del cambio climático en el comportamiento.

Aunque se ha confirmado que la percepción del riesgo del cambio climático puede promover la mitigación y adaptación al cambio climático, todavía no está claro qué medidas podrían ayudar a inhibir la inacción frente al cambio climático, ya que se sabe poco sobre la relación entre la percepción del riesgo del cambio climático y la inacción frente al cambio climático. En tercer lugar, con respecto a la exploración de los mecanismos subyacentes, poca investigación ha abordado la cuestión de cómo y cuándo una mayor percepción del riesgo del cambio climático está relacionada con una menor inacción ante el cambio climático.



Entre las investigaciones que abordan los mecanismos subyacentes de los efectos de la percepción del riesgo del cambio climático, se han comenzado a emplear análisis de mediación para descubrir posibles mediadores. Sin embargo, aparentemente ninguna investigación ha explorado simultáneamente el papel de los mediadores y moderadores para explicar el efecto de la percepción del riesgo del cambio climático en la inacción del cambio climático. El estudio de ambos tipos de factores podría contribuir a lograr una comprensión más completa y matizada de este complejo proceso.

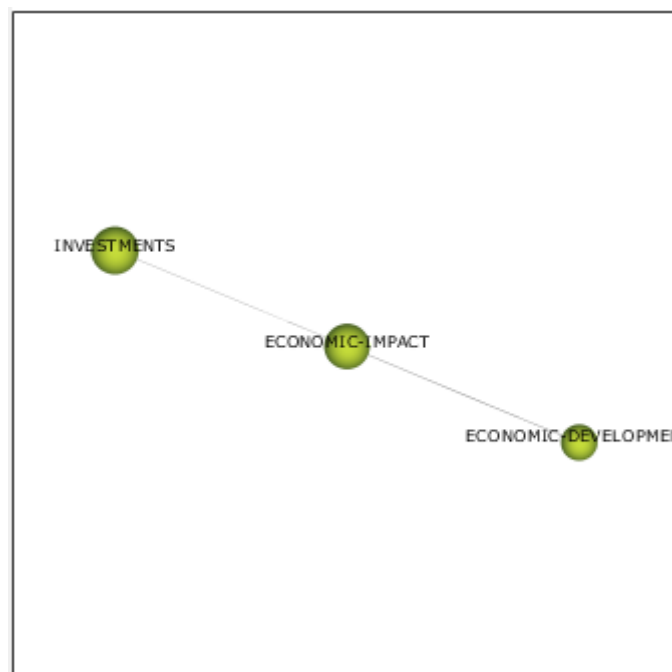
Específicamente, en lugar de un modelo de efecto directo desde la percepción del riesgo del cambio climático hasta la inacción del cambio climático, se requieren modelos de mediación validados y de mediación moderada para simular de manera más realista la naturaleza compleja de este vínculo. Cuarto y último, hay una sobrerrepresentación de estudios sobre la percepción del riesgo del cambio climático provenientes de países desarrollados occidentales, pero comparativamente pocos estudios que investiguen poblaciones no occidentales, particularmente de países en desarrollo. Por lo tanto, aún no ha surgido una imagen clara con respecto a la percepción pública del riesgo del cambio climático en todo el mundo.

#### ***e) Impacto económico***

La Figura 9 muestra la red temática de impacto económico. Esta red se relaciona con los temas de desarrollo económico e inversiones. La demanda de energía se ve significativamente afectada por el cambio climático y los factores económicos, y la distribución de la demanda entre las diferentes regiones es desigual debido a las grandes diferencias regionales en el clima y el desarrollo económico de diferentes países. Además, los cambios en la demanda afectarán directamente al sector energético, ya que el lado de la oferta amplifica el impacto económico a través de los vínculos industriales entre regiones y sectores. En tal sentido, Los factores climáticos pueden afectar directamente los resultados económicos al afectar el rendimiento de los cultivos, el consumo de energía, la productividad laboral, etc.



Los efectos directos del cambio climático también pueden impactar indirectamente una gama más amplia de producción económica, basada en la interconexión de sectores productivos en el sistema económico. Es importante identificar los costos o beneficios del cambio climático para las economías, ya que podrían ser necesarias grandes inversiones y cambios en el estilo de vida para las acciones de mitigación y adaptación que tienen como objetivo reducir los efectos adversos del cambio climático. Estudios exhaustivos a escala global muestran que los impactos económicos del cambio climático en el futuro son negativos, y la pérdida anual global debido al cambio climático en 2050 será aproximadamente el 0,79% del PIB global en ese año [46].



*Figura 9: red temática de impacto económico*

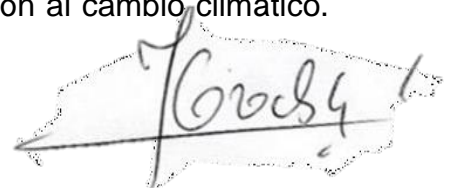
Sin embargo, los estudios a escala regional muestran que los impactos económicos del cambio climático variarán mucho debido a las diferentes regiones y fuentes. Para diferentes regiones, los países en desarrollo parecen sufrir más por el cambio climático que los países desarrollados debido a la fuerte adaptabilidad de las economías desarrolladas. Para diferentes fuentes, el rendimiento de los cultivos en la agricultura y la demanda de energía de los consumidores son los elementos más afectados por el cambio climático.

Los efectos directos del cambio climático también pueden impactar indirectamente una gama más amplia de producción económica, basada en la interconexión de sectores productivos en el sistema económico. Es importante identificar los costos o beneficios del cambio climático para las economías, ya que podrían ser necesarias grandes inversiones y cambios en el estilo de vida para las acciones de mitigación y adaptación que tienen como objetivo reducir los efectos adversos del cambio climático. Estudios exhaustivos a escala global muestran que los impactos económicos del cambio climático en el futuro son negativos, y la pérdida anual global debido al cambio climático en 2050 será aproximadamente el 0,79% del PIB global en ese año [46].

Sin embargo, los estudios a escala regional muestran que los impactos económicos del cambio climático variarán mucho debido a las diferentes regiones y fuentes. Para diferentes regiones, los países en desarrollo parecen sufrir más por el cambio climático que los países desarrollados debido a la fuerte adaptabilidad de las economías desarrolladas. Para diferentes fuentes, el rendimiento de los cultivos en la agricultura y la demanda de energía de los consumidores son los elementos más afectados por el cambio climático.

Los países en desarrollo tienen diferencias significativas y graves impactos sobre el cambio climático futuro. En estudios anteriores, nuestro equipo ha identificado los impactos económicos directos y posibles del cambio climático en el rendimiento de los cultivos en diferentes países. En los últimos años, muchos estudios se han centrado en los cambios en la demanda de energía en edificios comerciales o residenciales impulsados por el cambio en la demanda de calefacción y refrigeración de espacios causados por el cambio climático. Sin embargo, el uso de energía no es solo en refrigeración o calefacción de espacios, una serie de productos energéticos (carbón, petróleo, gas natural, electricidad, etc.) también son ampliamente utilizados en todos los aspectos de la producción económica, iluminación, cocina y otros aspectos.

Por lo tanto, no es solo el cambio climático el que impulsa el cambio de la demanda de energía, sino también el desarrollo económico regional, porque el desarrollo económico afectará la capacidad de adaptación al cambio climático.



Se ha pronosticado que la demanda de energía aumentará en el futuro debido a la influencia de factores económicos y climáticos. Sin embargo, los estudios existentes que solo consideran la demanda de electricidad, el consumo de energía; o la influencia de solo el factor climático no son exhaustivos.

El sector energético es el generador del sistema económico. Por lo tanto, por el lado de la oferta, los cambios en el consumo de energía para el sector energético inevitablemente impactarán directamente en la producción económica de todos los sectores. Además, debido a los vínculos industriales entre sectores, el impacto directo de un sector amplificará el efecto económico al dañar el suministro a otros sectores. Por lo tanto, es necesario explorar más a fondo el impacto económico de los cambios futuros en la demanda de energía en todo el sistema económico y en los diferentes sectores. El cambio climático, la demanda de energía y el desarrollo económico son tres cambios independientes, y la promoción o inhibición mutua de la relación es muy compleja.

### 6.1.2. Mapa estratégico para el periodo 2016 – 2021



Figura 10: Mapa estratégico para el periodo 2016 – 2021

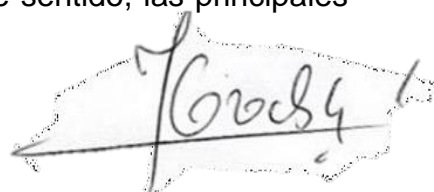
El mapa estratégico para el periodo 2016 – 2021 muestra 5 temas más representativos dentro del campo de los sistemas de energía eólica (Figura 10).

El impacto medioambiental y los parques eólicos se encuentran en el primer cuadrante del mapa estratégico, siendo importantes para el campo de investigación. De la misma forma, el tema de gases de invernadero se encuentra en el segundo cuadrante del mapa estratégico, representando un tema aislado dentro del campo de investigación. es decir, este tema se encuentra desarrollado internamente, formado una nueva línea de investigación. Sin embargo, el tema de inversiones se considera en declive por estar en el tercer cuadrante del mapa estratégico. Finalmente, el tema de política energética se encuentra en el cuarto cuadrante, representando un tema transversal e importante del campo de investigación.

### ***a) Impacto medioambiental***

El tema de impacto medioambiental para este segundo periodo (2016 – 2021) se relaciona con generación de electricidad, impacto ambiental, combustibles fósiles, ciclo de vida, evaluación del ciclo de vida, energías renovables y turbinas eólicas; como se muestra en la Figura 11. Las múltiples ventajas de las energías renovables, específicamente las relacionadas con ser amigables con el medio ambiente, han sido el motor de un extenso trabajo de investigación durante las últimas dos décadas [47]. Aunque el notable desarrollo y urbanización que ha traído la utilización de los recursos energéticos fósiles desde la Revolución Industrial temprana, el precio costoso y los efectos secundarios adversos fueron las IE asociadas. Las IE más notables de los combustibles fósiles son su impacto en la calidad del aire y el cambio climático debido a las emisiones de muchos gases de combustión que contienen importantes gases de efecto invernadero [48]. La otra IE principal son los recursos hídricos utilizados para la generación de energía debido a que lo que se denomina nexo agua-energía son dos corrientes asociadas en cualquier proceso natural.

En comparación con las fuentes de energía convencionales, las IE negativas de los sistemas de energía eólica son relativamente insignificantes. Incluso en comparación con otros sistemas de energía renovable, todavía tiene menos impactos adversos en la mayoría, si no en todas, las categorías de impacto. Sin embargo, puede afectar la vida humana, los ecosistemas naturales y los estilos de vida, que deben revisarse cuidadosamente. En este sentido, las principales



IE que se introducen y debaten de forma intensiva están relacionadas con la contaminación acústica, la contaminación visual, el cambio climático local e interferencias electromagnéticas.

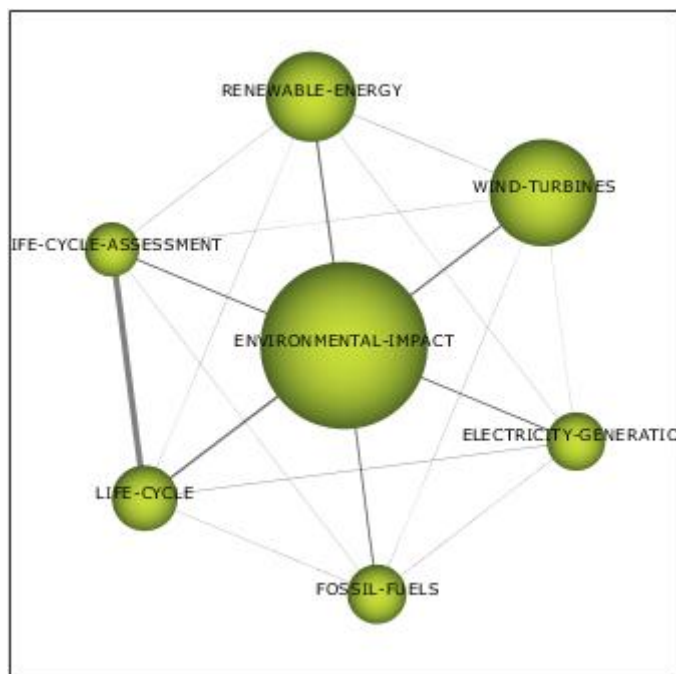


Figura 11: Red temática impacto medioambiental (periodo 2016 – 2021).

Por otro lado, los pequeños efectos de los parques eólicos o su construcción pueden dar lugar a algunos resultados imprevistos e indeseables que se reportan como problemas menores, locales y de corto plazo, incluso si sus efectos adversos duran más de lo esperado. Estos problemas suelen ocurrir en los sistemas de energía eólica, especialmente los convencionales con resultados más dramáticos. Pero tenemos que asegurarnos de prevenir incluso el impacto negativo más mínimo en la naturaleza al introducir nuevas tecnologías y evitar errores del pasado. El viento impacta la naturaleza y el clima local primero al eliminar plantas y vegetaciones de la tierra durante la fase de construcción. Dicha actividad, junto con las excavaciones de los cimientos, el uso de maquinaria grande, el transporte de piezas de turbinas enormes y la conexión de líneas de transmisión / alimentación a la red eléctrica. Se informa que estos efectos dan como resultado pequeños cambios climáticos, como un aumento de la temperatura durante el día y la noche.

## **b) Parques eólicos**

La Figura 12 muestra la red temática de parques eólicos. Ellos están conformados por método de evaluación, recursos energéticos, medioambiental, evaluación de impacto, estructura offshore, parques eólicos offshore y parques eólicos onshore. Los parques eólicos a gran escala están creciendo rápidamente en tamaño y número en todo el mundo. En los últimos diez años, se ha estado continuamente a la vanguardia del mercado mundial de energía eólica, desarrollando aproximadamente el 35% de la capacidad mundial instalada de energía eólica. Sin embargo, los impactos de la rápida instalación de aerogeneradores sobre climas y ecosistemas regionales no están claros. Se necesitan estudios en profundidad para determinar qué medidas deben considerarse para mitigar sus impactos negativos. Los parques eólicos pueden afectar las condiciones climáticas locales y globales y los ecosistemas locales al cambiar las distribuciones verticales de energía y humedad en la atmósfera y los intercambios entre la superficie terrestre y la atmósfera.



*Figura 12: Red temática de parques eólicos*

El rendimiento de los parques eólicos depende en gran medida de las condiciones climáticas locales, y los cambios en la velocidad del viento son uno de los principales factores que se utilizan para evaluar la viabilidad económica

*Seval*

*Corby*

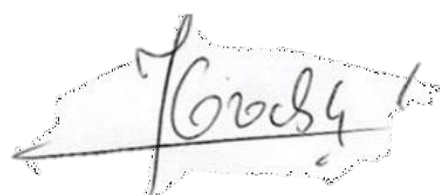


futura de los parques eólicos. La operación de parques eólicos reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, pero impactos clima cambiando fenómenos tales como la velocidad del viento, dirección del viento. Los cambios en la circulación atmosférica o la temperatura global y la forestación pueden provocar cambios en la velocidad del viento. Si se van a instalar nuevas turbinas eólicas alrededor del parque eólico, la reducción de la velocidad del viento puede requerir un tamaño de rotor de turbina eólica más grande y una mayor altura de buje.

La energía eólica se considera una tecnología de energía verde y, en comparación con las fuentes de energía no renovables, tiene poco impacto en el medio ambiente. El impacto de los parques eólicos en la vitalidad de la vegetación no está claro. Las diferencias en los impactos de la vegetación pueden estar relacionadas con las diferencias geográficas entre las áreas de estudio. El impacto de los parques eólicos en las condiciones meteorológicas de la superficie puede afectar las prácticas agrícolas en las tierras agrícolas circundantes. En algunos casos, estos efectos pueden resultar beneficiosos, por ejemplo, el calentamiento nocturno en condiciones estables podría proteger los cultivos de las heladas. Se ha demostrado que los parques eólicos causan cambios climáticos locales, y tales cambios en el microclima pueden promover un aumento en el rendimiento de los cultivos.

La optimización del diseño de parques eólicos atrae cada vez más atención como uno de los problemas más desafiantes en la construcción de parques eólicos. Un diseño razonable del parque eólico puede reducir la influencia negativa del efecto de estela inducida por las turbinas aguas arriba, incluido el déficit de velocidad y la intensidad de turbulencia añadida, lo que puede mejorar los beneficios económicos de los parques eólicos. La predicción creíble de la producción de energía, el objetivo de optimización razonable y la estrategia de optimización eficiente son necesarios para optimizar el diseño del parque eólico.

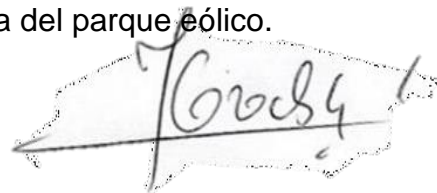
La producción de energía de un parque eólico generalmente se calcula estimando la pérdida de estela entre los aerogeneradores basándose en el modelo analítico de estela en los problemas de optimización del diseño del

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jeeval'.A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gordy'.

parque eólico. El modelo de pérdida de estela que describe la distribución del déficit de velocidad en la región de estela es la base de la predicción de potencia. Teniendo en cuenta la distribución compleja del déficit de velocidad en la región de estela de la turbina eólica, [49] proponen el modelo de pérdida por estela basado en Gauss para una predicción más precisa de la pérdida por estela. En [50] mejoraron aún más el modelo de pérdida por estela basado en Gauss usando los datos de la prueba de turbinas eólicas y la simulación numérica.

Aunque se ha mejorado el rendimiento del modelo de pérdida por estela, pocos investigadores han adoptado estos modelos para la optimización del diseño del parque eólico [49]. Además, se muestra que la tasa de crecimiento de la estela aumenta con la intensidad de turbulencia añadida causada por la turbina eólica y el modelo de turbulencia añadido es necesario para una predicción más precisa de la producción de energía de los parques eólicos [51]. Por lo tanto, se desarrollan varios modelos para describir la distribución de la intensidad de turbulencia agregada en la estela. [52] sugirieron una expresión empírica para la intensidad de turbulencia agregada en función del factor de inducción axial, la intensidad de la turbulencia ambiental y la distancia corriente abajo basada en los datos numéricos.

En [51] modeló la intensidad de la turbulencia añadida en función del coeficiente de empuje y la distancia aguas abajo en función de las mediciones presentadas. Pero estos modelos se han aplicado en pocos estudios de optimización del diseño de parques eólicos y no se han examinado en un estudio comparativo debido a su complejidad. Además de evaluar la pérdida de estela y la turbulencia añadida, la estimación del efecto de estela múltiple es un paso importante en la predicción de la energía de un parque eólico [51]. Cuatro tipos de modelo de superposición de estela que incluyen suma de cuadrados [52], superposición lineal [53], conservación de energía [52] y modelo de superposición geométrica [52] se usaban comúnmente para este problema, pero su precisión no se había comparado científicamente antes. El modelo de estela analítico combinado con el modelo de pérdida de estela, el modelo de intensidad de turbulencia adicional y el modelo de superposición de estela deben desarrollarse y evaluarse para una mejor aplicación para predecir la producción de energía del parque eólico.

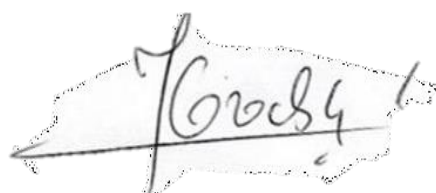


La optimización del diseño del parque eólico depende en gran medida del diseño de la función objetivo, que se puede clasificar principalmente en dos tipos, incluido el modelo de maximización de potencia y el modelo de minimización de costes en estudios anteriores [33]. El primero se representa básicamente maximizando la producción anual de energía (AEP) del parque eólico [52] y el segundo suele mantenerse minimizando la relación entre el costo y la producción de energía, es decir, el costo de la energía (COE) [52].

En las investigaciones anteriores, el costo del parque eólico siempre se modela mediante una función empírica relacionada con la cantidad de aerogeneradores, pero independiente del diseño del parque eólico, lo que hace que la minimización del COE sea idéntica a la maximización de la AEP y conduce a un resultado teóricamente igual de Optimización del diseño bajo estos dos objetivos cuando la capacidad instalada y el tipo de aerogeneradores son fijos [39]. Además, el COE normalmente no tiene fórmulas analíticas para los componentes del costo, como el costo de operación y mantenimiento; y, por lo tanto, sus resultados son difíciles de usar en estudios detallados de optimización del diseño de parques eólicos [54].

El costo nivelado de la energía (LCOE) está diseñado para resolver este problema como la relación entre el costo de vida útil y la producción de energía durante la vida útil, ambos descontados a un año común a través de una tasa de descuento que refleja el costo de capital promedio del parque eólico [24]. Feng y Shen [25] adoptaron el LCOE como el objetivo de optimización del diseño con una consideración adicional del costo de capital de múltiples tipos de turbinas. La aplicación de LCOE en el tema de la optimización del diseño de parques eólicos aún es limitada y es necesario examinar su razonabilidad y desempeño en este tema.

Para resolver el problema de optimización del diseño del parque eólico, se requiere una técnica de optimización práctica. Las técnicas más comúnmente utilizadas en el problema de optimización del diseño de parques eólicos son los algoritmos de optimización heurística, como los algoritmos genéticos (GA) y la optimización de enjambres de partículas (PSO) [55]. GA se utiliza para la



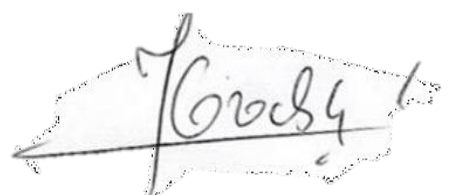
optimización del diseño de parques eólicos con mayor frecuencia desde el estudio [56]. Por lo general, se basa en un diseño de cuadrícula para emplear la codificación de una solución de tipo de cadena binaria y logra resolver el problema de optimización del diseño [57]. Sin embargo, en [53] concluyó que la densa cuadrícula de GA puede dar como resultado soluciones poco razonables y la escasa cuadrícula limita la mejora del rendimiento del diseño optimizado porque las turbinas eólicas se ven obligadas a ubicarse en el centro de las celdas.

Por otro lado, la optimización del diseño se implementa directamente en base a las coordenadas del aerogenerador con el método PSO debido a su mecanismo de búsqueda global continua [43]. PSO tiene menos limitaciones en el rendimiento de optimización, pero menor eficiencia que GA debido a su gran cantidad computacional [58]. La eficiencia de los algoritmos de optimización aún debe mejorarse para la optimización del diseño del parque eólico, especialmente con objetivos de optimización complicados y modelos de estela analítica.

### ***c) Política energética***

En la Figura 13 se muestra la red temática de políticas energéticas. Ella se relaciona con los temas de economía, política energética, contaminaciones ambientales, políticas públicas, recursos de energías renovables, renovables, recursos y energía eólica. El despliegue de la política de energía eólica, la falta de aceptación social y la resistencia local han recibido mucha atención en la investigación energética internacional y los debates sobre políticas, pidiendo críticas y reflexiones políticas. Para considerar las desigualdades e injusticias en las transiciones de energías renovables [59].

El entrelazamiento de políticas, el despliegue de tecnología, las inversiones de mercado y la aceptación social requieren herramientas analíticas para escudriñar la dinámica y los cambios en la relación entre energía y sociedad [60]. En particular, examinar qué y quiénes influyen en las construcciones de las políticas de transición energética y cómo lo hacen, así como qué preocupaciones se consideran y se ignoran, puede hacer avanzar las exploraciones de la “caja negra de las cuestiones sociotécnicas” en relación con la justicia energética [61].



Dicho análisis puede contribuir a describir, reformular y construir el conocimiento relevante para la formulación de políticas futuras y, como tal, permitir futuros energéticos más justos y sostenibles.



Figura 13: red temática de inversiones

La justicia energética ha surgido como una agenda de investigación interdisciplinaria críticamente arraigada relacionada con las políticas y los sistemas energéticos basada en tres principios principales: la justicia basada en el reconocimiento cuestiona qué actores y aspectos se ven afectados y cómo se respetan o ignoran los problemas en los sistemas de energía y las transiciones; la justicia distributiva se refiere a las cargas sociales, espaciales y temporales y los costos y beneficios de la producción y el consumo de energía; y la justicia procesal analiza el poder y la equidad de las estructuras institucionales y los espacios de participación en los procesos de toma de decisiones [62].

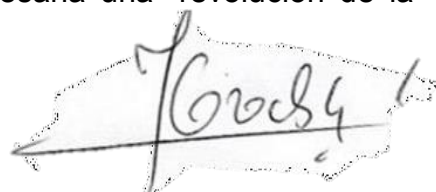
La literatura sobre justicia energética ha revelado la necesidad de analizar los sistemas y transiciones energéticos pasados, presentes y futuros que pueden contribuir a la evaluación crítica de la política energética [63]. Aunque la necesidad de formular políticas conscientes de la justicia se ha vuelto cada vez más relevante en la investigación sobre la transición energética, el análisis de la formulación de políticas energéticas solo ha considerado de forma limitada

aspectos de la justicia energética. Específicamente, cómo y por qué se construyen las políticas entre discursos y materialidades y qué y quién influye en la construcción de políticas a lo largo del tiempo y la escala han sido poco estudiados en el campo de la política de energía eólica. Este documento analiza cómo se construyen las políticas noruegas de energía eólica terrestre a lo largo del tiempo, qué fuerzas dominan y resisten, y qué problemas no se abordan. Como tal, este enfoque analítico tiene el potencial de contribuir y ampliar el debate sobre la justicia energética en la construcción de políticas.

Este aumento de la energía eólica ha provocado un resurgimiento de los movimientos de protesta locales y nacionales y los debates públicos relacionados con una serie de preocupaciones socioambientales, procedimentales y distributivas que desafían la legitimidad de la política de energía eólica [3]. Los cambios emergentes en el desarrollo técnico y los efectos negativos de varios reclamos y oposiciones hacen que el análisis de las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras de la construcción de políticas de energía eólica noruega sea particularmente relevante para comprender la dinámica de las políticas de transición energética, así como las cuestiones emergentes de justicia energética.

#### **d) Inversiones**

La Figura 14 muestra la red temática de inversiones. este tema agrupa a costos, impacto económico, eficiencia energética, inversiones, sistema fotovoltaico y fuente de energía renovable. Los estados signatarios de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (2015) acordaron el Acuerdo Climático de París con objetivos climáticos vinculantes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y con el objetivo de frenar el calentamiento global y mitigar sus consecuencias [64]. Más específicamente, los estados negociaron y acordaron el objetivo de mantener el aumento de la temperatura promedio global muy por debajo de 2 °C encima de los niveles preindustriales y continuar con los esfuerzos para limitar el aumento de temperatura a 1,5 ° C por encima de los niveles preindustriales. Para alcanzar el objetivo mínimo de mantener el calentamiento global por debajo de 2 °C es necesaria una “revolución de la



tecnología energética". Esta "revolución de la tecnología energética" requiere un inmenso volumen de inversiones en suministro de energía [65].



Figura 14: Red temática de inversiones

Por lo general, se considera que esas inversiones cumplen con los principios de inversión socialmente responsable (ISR). El ISR es una estrategia de inversión que cumple con criterios éticos, sociales, medioambientales o de gobierno corporativo. Un ejemplo muy común de ISR es el campo de la energía eólica, que está en constante evolución y está adquiriendo una nueva importancia como fuente principal de producción de energía debido a la difusión de las energías renovables (ER). De hecho, la Agencia Internacional de Energía estima que en todo el mundo se necesitarán 39 billones de dólares en inversiones acumulativas en suministro de energía [66]. De esta cantidad, \$ 8 billones son necesarios para el sector de las energías renovables, de los cuales la energía eólica requiere la mayoría de las nuevas inversiones (\$ 3 billones).

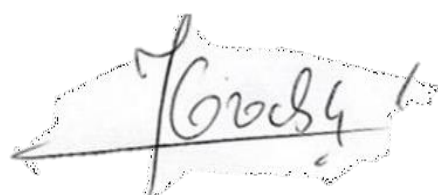
En Alemania, las inversiones anuales en energía eólica aumentaron de 2.500 millones de euros en 2007 a 11.000 millones de euros en 2014, pero posteriormente las inversiones anuales se redujeron a un tercio, siendo 3.600 millones de euros en 2019. Además, la producción bruta de electricidad a partir de la energía eólica aumentó de 40.507 GWh en 2007 a 80.624 GWh en 2015 e

incluso a 125.894 GWh en 2019, lo que contribuyó al 42,1% de la producción bruta total de energía en 2019 [67]. Las inversiones necesarias pueden ser proporcionadas tanto por el sector público como por el sector privado. El sector privado está muy interesado en invertir en energías renovables, como por ejemplo el estudio en [68] descubrió que el 78% de la muestra tenía al menos algún interés en invertir en diversas energías renovables (por ejemplo, eólica terrestre) en Irlanda.

Por lo tanto, se espera que las personas contribuyan con una parte sustancial de los recursos financieros necesarios, ya que las inversiones institucionales en combinación con los impuestos y el gasto público no pueden proporcionar todas las inversiones necesarias [69]. Esto es similar al mercado de capitales convencional, las inversiones en energía eólica ofrecen una variedad de oportunidades de inversión. Para los individuos, las formas actuales de inversión son los fondos cerrados y los derechos de participación. En el caso de fondos cerrados, los inversores suelen tener derecho a través de una sociedad en comandita que agrupa el capital de varios inversores y, por tanto, financia proyectos de energía eólica ya existentes o planificados. En el caso de los derechos de participación, las personas físicas adquieren derechos sobre el reaseguro de la empresa, pero no tienen derecho a voto.

Además, los bonos y las acciones son oportunidades para participar económicamente en proyectos de energía eólica. En el caso de Alemania, los derechos de participación típicos en proyectos de energía eólica proporcionan un plazo mínimo de inversión de tres años y comienzan en 1.000 € de capital invertido. En el ámbito de la financiación privada [64]. Por ejemplo, los hogares privados han contribuido con una parte significativa del financiamiento climático global en 2012 con inversiones de \$ 33 mil millones en ER. Además, los hogares privados invirtieron alrededor del 16% de todas las inversiones privadas en energías renovables entre 2013 y 2016 y, por lo tanto, pueden contribuir a los ambiciosos objetivos climáticos mundiales [70].

Debido al rápido aumento de las inversiones globales en SRI y más específicas en energía eólica por un lado y a la alta necesidad de inversión para cumplir con



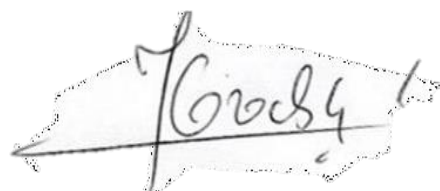


los objetivos climáticos globales, SRI no solo ha atraído la atención de los profesionales del mercado, sino también el interés de académicos de varias disciplinas que están de acuerdo sobre la necesidad de conocimientos adicionales para explicar de manera concluyente el comportamiento de inversión de los individuos en ISR [71]. Por lo tanto, los estudios en el campo de las finanzas conductuales se han vuelto cada vez más populares. Las finanzas conductuales son una disciplina especial de la economía conductual, que se ocupa del comportamiento supuestamente irracional en los mercados financieros y de capital.

Las finanzas conductuales son una disciplina especial de la economía conductual, que se ocupa de comportamientos supuestamente irracionales en los mercados financieros y de capital. Esta disciplina ha proporcionado información sobre el comportamiento de inversión de los individuos, en particular los procesos psicológicos que influyen en las decisiones de inversión de los individuos. El enfoque principal de las teorías de las finanzas conductuales es el análisis de los sesgos conductuales o las principales variables que afectan las decisiones de inversión de un individuo [72].

Existe una gran cantidad de estudios en el campo del comportamiento de la inversión financiera en ISR. La mayoría de estos estudios tratan sobre el comportamiento de los profesionales institucionales o del mercado en el mercado de valores [70]. Sin embargo, solo hay un número adicional de estudios que examinan las intenciones de las personas de invertir en ISR en los que se describe a las personas como profesionales que no pertenecen al mercado. Por lo tanto, los estudios existentes se ocupan de la ISR en general sin centrarse en un aspecto específico del amplio campo de la ISR, o utilizan la teoría de la decisión conductual típica sin ampliar el marco establecido para obtener información sobre factores de influencia adicionales.

Hasta ahora, solo se han publicado unos pocos estudios que investigan la intención de las personas de invertir en energía eólica. En [73] se mostró con un análisis conjunto que las actitudes proambientales estaban vinculadas positivamente a inversiones hipotéticamente en energía eólica. Además, se

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Jewel'.A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Gordy'.

descubrieron que el brillo cálido en la dirección de las inversiones sostenibles y la conciencia ambiental aumentan la voluntad de elegir fondos sostenibles a costa de sacrificar mayores rendimientos de otras opciones de inversión. Sin embargo, el estudio de Bauer y Menrad [74] mostró que ni la autoidentidad ambiental ni las normas personales relativas a las contribuciones individuales a los objetivos climáticos globales del acuerdo climático de París aumentaron la probabilidad de intenciones de inversión en energía eólica.

#### **e) Gases de efecto invernadero**

La Figura 15 muestra la red temática de gases de invernadero. este tema se grupa con cambio climático, gases de efecto invernadero y emisiones de gases de efecto invernadero. La integración de sistemas energéticos en todos los sectores se investiga cada vez más porque brinda la oportunidad de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), aumentar la flexibilidad del sistema eléctrico y mejorar la eficiencia energética del sistema [75]. La integración combina múltiples recursos y demandas energéticos, como calefacción, refrigeración, electricidad, sistemas de energía renovable, sectores residenciales, sectores industriales y sectores de transporte [76].



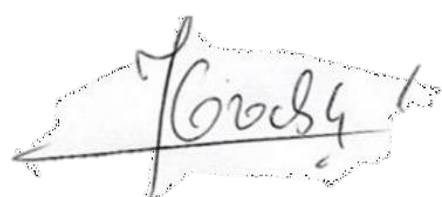
Figura 15: Red temática de gases de invernadero

Además de la emisión de contaminantes atmosféricos de criterio como monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y una carga de otras sustancias tóxicas y sus problemas de salud humana y ambiental informados. Los sistemas de producción de energía también están asociados con la emisión de gases de efecto invernadero. Los GEI incluyen vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Entre estos GEI, el metano, el óxido nitroso y el dióxido de carbono son productos de la combustión de combustibles [77].

Por ejemplo, el metano puede resultar de hidrocarburos no quemados, mientras que el óxido nitroso proviene de combustibles de combustión a alta temperatura. El dióxido de carbono, por otro lado, es un producto de la oxidación completa del carbono combustible. Generalmente, estos gases son buenos retenedores de calor. El dióxido de carbono se considera el principal gas de efecto invernadero en lo que respecta a la química atmosférica del cambio climático y el calentamiento global. Además del hecho de que su tasa de adición a la atmósfera es alta, también dura más en la atmósfera [77].

El efecto invernadero es en sí mismo una ocurrencia natural deseable en la atmósfera, ya que es útil para asegurar el equilibrio de la temperatura de la tierra. En ausencia del efecto invernadero, la tierra sería perjudicial para la salud humana y otras formas de vida, ya que la tierra habría sido extremadamente más fría de lo que es hoy. Sin embargo, el aumento descontrolado y continuo de los niveles atmosféricos de GEI también podría causar un aumento significativo de la temperatura de la tierra con impactos deletéreos. Algunos impactos reportados del calentamiento global incluyen aumento del nivel del mar, fuertes precipitaciones e inundaciones, aumento de la frecuencia de olas de calor intensas, incendios forestales más prolongados y dañinos, efecto negativo en la producción de cultivos, entre otros [71].

El calentamiento global se define como el aumento de la temperatura de la superficie terrestre debido a que los gases de efecto invernadero atrapan el calor

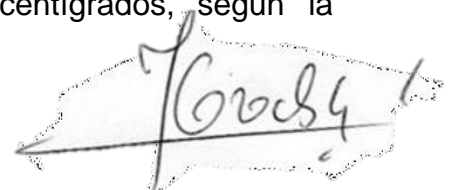
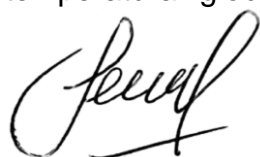


en la atmósfera terrestre. Cuando la radiación solar del sol llega a la tierra, una fracción se refleja de regreso al espacio. El resto es absorbido por la tierra y el océano, calentando así la superficie terrestre. Parte del calor absorbido se irradia de regreso al espacio y queda atrapado por los gases de efecto invernadero en la atmósfera. El aumento de las actividades antropogénicas, incluida la quema de fósiles, provoca un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y se atrapa más calor del necesario, lo que provoca un aumento de la temperatura de la tierra (calentamiento global).

Otro indicador del cambio climático es la cantidad de calor almacenado en los océanos. El contenido de calor de los océanos ha aumentado durante las últimas décadas y representa más del 90% del calor total atrapado por los gases de efecto invernadero añadidos y acumulado por la tierra, el aire y los océanos desde la década de 1970. El calentamiento del océano continúa, especialmente en los primeros cientos de metros del océano. Según el gobierno australiano, los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, como olas de calor, incendios forestales, ciclones tropicales, olas de frío, lluvias extremas, incluidas inundaciones repentinas y sequías, van en aumento, con los consiguientes efectos adversos en la economía, la sociedad y el medio ambiente.

#### **f) Desempeño**

En la Tabla 1 se presenta el análisis de desempeño del campo de investigación. Es decir, para el periodo 2016 – 2021 los temas de impacto medioambiental y parque eólico son los temas más representativos del campo de investigación. Mientras que para el periodo 2007 – 2015 además de los recursos renovables, se mantiene el tema de impacto medioambiental. La calidad de la energía eólica marina es superior a la calidad de la energía eólica terrestre, porque la energía eólica marina sopla de manera más consistente con una velocidad promedio anual más alta. La mayor parte del potencial eólico marino se distribuye en zonas de agua con una profundidad de más de 60 m, y el porcentaje de este recurso llega hasta el 80%. Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar turbinas eólicas marinas en el océano. Además, se espera que el potencial eólico marino facilite la transición hacia recursos energéticos renovables y mantenga el aumento de la temperatura global en 1,5 grados centígrados, según la



recomendación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Además, los peligros ambientales causados por los parques eólicos terrestres, como los impactos visuales y acústicos, y la energía eólica terrestre de menor calidad, pueden evitarse instalando turbinas eólicas en regiones marinas.

*Tabla 1: Desempeño del tema de los sistemas de energía eólicos*

Periodo	Grupo	Centralidad	Densidad
2016-2021	Impacto medioambiental	46.15	20.99
	Parque eólico	28.19	10.75
	La política energética	19.64	3.82
	Inversiones	16.43	3.21
	Gases de invernadero	7.25	4.5
2007-2015	Impacto medioambiental	52.46	12.35
	Recurso renovable	42.07	10.68
	Eficiencia energética	22.38	2.82
	Cambio climático	8.63	1.9
	Impacto económico	5.78	1.79

Las turbinas eólicas marinas enfrentan un desafío significativo de alto costo nivelado de la electricidad (LCOE). A diferencia de los recursos energéticos existentes, la tecnología eólica marina se encuentra en la etapa pre-comercial, por lo que todavía hay espacio para reducir el LCOE. Se sabe que el método para reducir el LCOE es reducir el costo total o mejorar la producción de energía. Por lo tanto, se puede decir que un diseño óptimo con un enfoque de control adecuado es la solución para abordar todos estos desafíos. Técnicamente, las turbinas eólicas marinas se pueden clasificar como turbinas eólicas marinas fijas en el fondo y turbinas eólicas marinas flotantes (FOWTs), en base al diseño de sus subestructuras.

Las turbinas eólicas fijas en el fondo no se recomiendan para las turbinas eólicas que operan en el océano, porque las limitaciones económicas obstaculizan el desarrollo de una estructura de soporte fija en el fondo para las turbinas eólicas que operan más allá de los 60 m de profundidad en el agua. Debido a que el LCOE de una turbina eólica marina fijada en el fondo aumenta significativamente

a medida que aumenta la profundidad del agua, el FOWT se convierte en una solución óptima bajo el compromiso de costo-beneficio. Para el diseño del sistema FOWT, se cree que colocar una turbina eólica en la parte superior de una plataforma flotante es una solución factible para operar en el océano. Las partes principales de un sistema FOWT son (1) una turbina eólica para recolectar energía del viento, (2) un soporte de plataforma flotante y (3) líneas de amarre para proporcionar soporte a la estructura de la turbina eólica en términos de orientación y posición. Hay dos tipos de turbinas eólicas que pueden utilizarse para generar energía eólica: turbinas eólicas de eje horizontal (HAWT) y turbinas eólicas de eje vertical (VAWT).

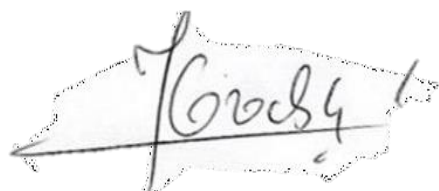
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jeeval'.A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Crosby', with a star symbol to the right of the name.

## VII. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha abordado determinar las técnicas para la evaluación de viabilidad de aplicaciones de sistemas de energía eólicos. Por lo tanto, se concluye que la energía eólica desempeña un papel clave en la combinación de generación de energía renovable. Sin embargo, ellos enfrentan diferentes tipos de problemas como el equilibrio en la adecuación de los recursos, confiabilidad de la red, estabilidad y eficiencia económica. Los resultados muestran que los sistemas de energía eólica se relacionan con el cambio climático, el impacto económico, la eficiencia energética, el impacto medioambiental, los recursos renovables, la política energética, el impacto medioambiental, los gases de invernadero, las inversiones y los parques eólicos.

Por consiguiente, las turbinas eólicas marinas enfrentan un desafío importante de alto costo nivelado de la electricidad (LCOE). A diferencia de los recursos energéticos convencionales, la tecnología eólica marina aún no se encuentra en la etapa comercial, lo que permitiría reducir el LCOE. Dentro de los métodos para reducir el LCOE se destaca la reducción del costo total o la optimización de la producción de energía. Por lo tanto, un diseño óptimo con un enfoque de control adecuado es la solución para abordar los desafíos. Debido a que el LCOE de una turbina eólica marina fijada en el fondo aumenta significativamente a medida que aumenta la profundidad del agua, las turbinas eólicas marinas flotantes (FOWT) se convierte en una solución óptima bajo el compromiso de costo-beneficio.

El desempeño del campo de investigación de los métodos encontrados en las aplicaciones de sistemas de energía eólica para el periodo 2016 – 2021 comprende los temas de impacto medioambiental y parque eólico como los temas más representativos del campo de investigación. Mientras que para el periodo 2007 – 2015, además de los recursos renovables, se mantiene el tema de impacto medioambiental como los temas más importantes del campo de investigación.



## VIII. RECOMENDACIONES

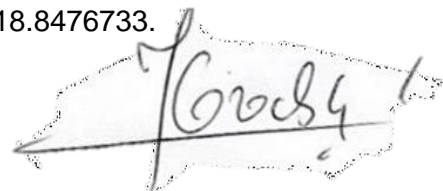
Dentro de los métodos para reducir el LCOE de los sistemas de energía eólica se recomienda que se aplique compare las técnicas en la reducción del costo total de la producción de la energía eólica y la optimización de los recursos energéticos en la producción de energía eólica.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Jesús'.A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Crosby'.



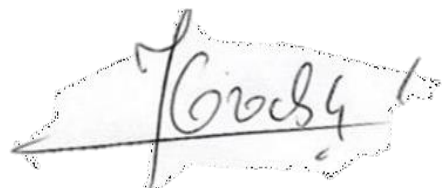
## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] B. Mangu, S. Akshatha, D. Suryanarayana, and B. G. Fernandes, "Grid-Connected PV-Wind-Battery-Based Multi-Input Transformer-Coupled Bidirectional DC-DC Converter for Household Applications," *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Power Electron.*, vol. 4, no. 3, pp. 1086–1095, 2016, doi: 10.1109/JESTPE.2016.2544789.
- [2] B. Bayer, "Experience with auctions for wind power in Brazil," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, pp. 2644–2658, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.06.070.
- [3] I. B. Askari and M. Ameri, "Techno-economic feasibility analysis of stand-alone renewable energy systems (PV/bat, wind/bat and hybrid PV/wind/bat) in Kerman, Iran," *Energy Sources, Part B Econ. Plan. Policy*, vol. 7, no. 1, pp. 45–60, 2012, doi: 10.1080/15567240903330384.
- [4] G. Velasco-Quesada, F. Guinjoan-Gispert, R. Pique-Lopez, M. Roman-Lumbreras, and A. Conesa-Roca, "Electrical PV Array Reconfiguration Strategy for Energy Extraction Improvement in Grid-Connected PV Systems," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 56, no. 11, pp. 4319–4331, 2009, doi: 10.1109/TIE.2009.2024664.
- [5] M. M. R. Singaravel and S. A. Daniel, "MPPT With Single DC–DC Converter and Inverter for Grid-Connected Hybrid Wind-Driven PMSG–PV System," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 62, no. 8, pp. 4849–4857, 2015, doi: 10.1109/TIE.2015.2399277.
- [6] A. G. Tobon, H. R. Chamorro, F. Gonzalez-Longatt, and V. K. Sood, "Reliability Assessment in Transmission Considering Intermittent Energy Resources," in *2019 IEEE 10th Latin American Symposium on Circuits and Systems, LASCAS 2019 - Proceedings*, Mar. 2019, pp. 193–196, doi: 10.1109/LASCAS.2019.8667564.
- [7] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, "SciMAT: A new science mapping analysis software tool," *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 63, no. 8, pp. 1609–1630, Aug. 2012, doi: 10.1002/asi.22688.
- [8] M. Jabir, H. Azil Illias, S. Raza, and H. Mokhlis, "Intermittent Smoothing Approaches for Wind Power Output: A Review," *Energies*, vol. 10, no. 10, p. 1572, Oct. 2017, doi: 10.3390/en10101572.
- [9] R. Sitharthan, J. N. Swaminathan, and T. Parthasarathy, "Exploration of Wind Energy in India: A Short Review," in *2018 National Power Engineering Conference, NPEC 2018*, Sep. 2018, pp. 1–5, doi: 10.1109/NPEC.2018.8476733.



- [10] X. Hu, M. Imran, M. Wu, H. C. Moon, and X. Liu, "Alternative to oil and gas: Review of economic benefits and potential of wind power in Pakistan," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2020, Hindawi Limited, 2020.
- [11] G. Bandoc, R. Práválie, C. Patriche, and M. Degeratu, "Spatial assessment of wind power potential at global scale. A geographical approach," *J. Clean. Prod.*, vol. 200, pp. 1065–1086, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.288.
- [12] U. Y. Tito, O. A. Vilca-Huayta, and L. Quispe-Huaman, "Estimation of the wind energy potential: A case study for a site in the southern region of peru," Oct. 2020, doi: 10.1109/ANDESCON50619.2020.9272028.
- [13] F. Yao, R. C. Bansal, Z. Dong, R. K. Saket, and J. S. Shakya, "Wind energy resources: Theory, design and applications," in *Handbook of Renewable Energy Technology*, World Scientific Publishing Co., 2011, pp. 3–20.
- [14] R. C. Bansal, T. S. Bhatti, and D. P. Kothari, "On some of the design aspects of wind energy conversion systems," *Energy Convers. Manag.*, vol. 43, no. 16, pp. 2175–2187, Nov. 2002, doi: 10.1016/S0196-8904(01)00166-2.
- [15] D. C. Quarton, "The evolution of wind turbine design analysis—a twenty year progress review," *Wind Energy*, vol. 1, no. S1, pp. 5–24, Apr. 1998, doi: 10.1002/(SICI)1099-1824(199804)1:1+<5::AID-WE1>3.0.CO;2-I.
- [16] G. Bekele and B. Palm, "Wind energy potential assessment at four typical locations in Ethiopia," *Appl. Energy*, vol. 86, no. 3, pp. 388–396, 2009, doi: 10.1016/j.apenergy.2008.05.012.
- [17] A. El Howati and A. Tappuni, "Systematic review of the changing pattern of the oral manifestations of HIV," *J. Investig. Clin. Dent.*, vol. 9, no. 4, p. e12351, Nov. 2018, doi: 10.1111/jicd.12351.
- [18] L. Muduli, D. P. Mishra, and P. K. Jana, "Application of wireless sensor network for environmental monitoring in underground coal mines: A systematic review," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 106. Academic Press, pp. 48–67, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.jnca.2017.12.022.
- [19] A. Fallah, M. Vafaei, and S. C. Alih, "A Review of Seismic Response of Precast Structures," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 13, no. 10, pp. 2694–2705, 2020, doi: 10.37624/IJERT/13.10.2020.2694-2705.
- [20] C. Chen, "Science Mapping: A Systematic Review of the Literature," *J. Data Inf. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–40, Mar. 2017, doi: 10.1515/jdis-2017-0006.

- [21] C. Díaz-López, M. Carpio, M. Martín-Morales, and M. Zamorano, "Analysis of the scientific evolution of sustainable building assessment methods," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 49, p. 101610, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.scs.2019.101610.
- [22] D. Pati and L. N. Lorusso, "How to Write a Systematic Review of the Literature," *Heal. Environ. Res. Des. J.*, vol. 11, no. 1, pp. 15–30, Jan. 2018, doi: 10.1177/1937586717747384.
- [23] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, and D. G. Altman, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement," *PLoS Med.*, vol. 6, no. 7, p. e1000097, Jul. 2009, doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- [24] J. R. López-Robles, M. J. Cobo, N. K. Gamboa-Rosales, and E. Herrera-Viedma, "Mapping the intellectual structure of the international journal of computers communications and control: A content analysis from 2015 to 2019," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2021, vol. 1243 AISC, pp. 296–303, doi: 10.1007/978-3-030-53651-0\_25.
- [25] J. R. López-Robles, J. R. Otegi-Olaso, I. Porto-Gomez, H. Gamboa-Rosales, and N. K. Gamboa-Rosales, "Understanding the intellectual structure and evolution of Competitive Intelligence: a bibliometric analysis from 1984 to 2017," *Technol. Anal. Strateg. Manag.*, vol. 32, no. 5, pp. 604–619, May 2020, doi: 10.1080/09537325.2019.1686136.
- [26] M. J. Cobo, B. Jürgens, V. Herrero-Solana, M. A. Martínez, and E. Herrera-Viedma, "Industry 4.0: A perspective based on bibliometric analysis," in *Procedia Computer Science*, Jan. 2018, vol. 139, pp. 364–371, doi: 10.1016/j.procs.2018.10.278.
- [27] C. Sternitzke and I. Bergmann, "Similarity measures for document mapping: A comparative study on the level of an individual scientist," *Scientometrics*, vol. 78, no. 1, pp. 113–130, Dec. 2009, doi: 10.1007/s11192-007-1961-z.
- [28] W. S. de Amorim *et al.*, "The nexus between water, energy, and food in the context of the global risks: An analysis of the interactions between food, water, and energy security," *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 72, pp. 1–11, Sep. 2018, doi: 10.1016/J.EIAR.2018.05.002.
- [29] E. T. Sayed *et al.*, "A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal," *Sci. Total Environ.*, vol. 766, p. 144505, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2020.144505.



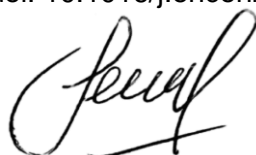
- [30] IRENA, "Turning to renewables: Climate-safe energy solutions," */publications/2017/Nov/Turning-to-renewables-Climate-safe-energy-solutions*, 2021, Accessed: Nov. 20, 2021. [Online]. Available: */publications/2017/Nov/Turning-to-renewables-Climate-safe-energy-solutions*.
- [31] M. Groissböck and A. Gusmão, "Impact of renewable resource quality on security of supply with high shares of renewable energies," *Appl. Energy*, vol. 277, p. 115567, Nov. 2020, doi: 10.1016/J.APENERGY.2020.115567.
- [32] J. Silva, T. Ferreira, H. Rodrigues, R. Vicente, and A. Costa, "DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA A ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SÍSMICA DE EDIFÍCIOS DE B.A.," in *10o CONGRESSO NACIONAL DE SISMOLOGIA E ENGENHARIA SÍSMICA*, 2016, p. 9, Accessed: May 19, 2019. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/301627554>.
- [33] A. Cansiz, C. Faydaci, M. T. Qureshi, O. Usta, and D. T. McGuiness, "Integration of a SMES–Battery-Based Hybrid Energy Storage System into Microgrids," *J. Supercond. Nov. Magn.*, vol. 31, no. 5, pp. 1449–1457, 2018, doi: 10.1007/s10948-017-4338-4.
- [34] A. Lagrange, M. de Simón-Martín, A. González-Martínez, S. Bracco, and E. Rosales-Asensio, "Sustainable microgrids with energy storage as a means to increase power resilience in critical facilities: An application to a hospital," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 119, 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2020.105865.
- [35] R. E. Ciez and J. F. Whitacre, "Comparative techno-economic analysis of hybrid microgrid systems utilizing different battery types," *Energy Convers. Manag.*, vol. 112, pp. 435–444, 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2016.01.014.
- [36] D. Moreno and E. Bautista, "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CORTE LINEAL , TRANSPORTE Y EMPAQUETADO DE ENVASES PLÁSTICOS," 2014.
- [37] C. Kasburg and S. Frizzo Stefenon, "Deep Learning for Photovoltaic Generation Forecast in Active Solar Trackers," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 17, no. 12, pp. 2013–2019, Dec. 2019, doi: 10.1109/TLA.2019.9011546.
- [38] H. F. Habib, M. M. Esfahani, and O. A. Mohammed, "Investigation of protection strategy for microgrid system using lithium-ion battery during islanding," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 55, no. 4, pp. 3411–3420, 2019, doi: 10.1109/TIA.2019.2904566.



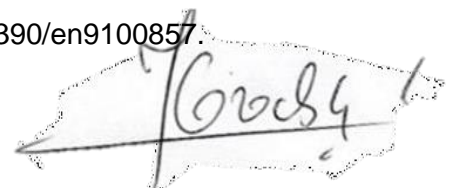
- [39] M. Moncecchi, C. Brivio, S. Mandelli, and M. Merlo, "Battery energy storage systems in microgrids: Modeling and design criteria," *Energies*, vol. 13, no. 8, 2020, doi: 10.3390/en13082006.
- [40] M. Faisal, M. A. Hannan, P. J. Ker, M. S. Hossain Lipu, and M. N. Uddin, "Fuzzy-Based Charging-Discharging Controller for Lithium-Ion Battery in Microgrid Applications," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 57, no. 4, pp. 4187–4195, 2021, doi: 10.1109/TIA.2021.3072875.
- [41] D. T. Viet, V. Van Phuong, M. Q. Duong, and Q. T. Tran, "Models for Short-Term Wind Power Forecasting Based on Improved Artificial Neural Network Using Particle Swarm Optimization and Genetic Algorithms," *Energies*, vol. 13, no. 11, pp. 1–22, 2020.
- [42] A. Zakari, I. Khan, D. Tan, R. Alvarado, and V. Dagar, "Energy efficiency and sustainable development goals (SDGs)," *Energy*, p. 122365, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.ENERGY.2021.122365.
- [43] Q. Gong and J. Lei, "Design of a bidirectional energy storage system for a vanadium redox flow battery in a microgrid with SOC estimation," *Sustain.*, vol. 9, no. 3, 2017, doi: 10.3390/su9030441.
- [44] A. B. R. González, J. J. V. Díaz, A. J. Caamaño, and M. R. Wilby, "Towards a universal energy efficiency index for buildings," *Energy Build.*, vol. 43, no. 4, pp. 980–987, 2011, doi: 10.1016/j.enbuild.2010.12.023.
- [45] Y. Xie, M. Sengupta, M. R. Dooraghi, and A. M. Habte, "Reducing PV Performance Uncertainty by Accurately Quantifying the PV Resource," Golden, CO (United States), May 2019. doi: 10.2172/1524334.
- [46] C. Huang, Z. Zhang, N. Li, Y. Liu, X. Chen, and F. Liu, "Estimating economic impacts from future energy demand changes due to climate change and economic development in China," *J. Clean. Prod.*, vol. 311, p. 127576, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2021.127576.
- [47] M. A. Abdelkareem, M. El Haj Assad, E. T. Sayed, and B. Soudan, "Recent progress in the use of renewable energy sources to power water desalination plants," *Desalination*, vol. 435, pp. 97–113, Jun. 2018, doi: 10.1016/J.DESAL.2017.11.018.
- [48] M. A. Ershov *et al.*, "Hybrid low-carbon high-octane oxygenated gasoline based on low-octane hydrocarbon fractions," *Sci. Total Environ.*, vol. 756, p. 142715, Feb. 2021, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2020.142715.



- [49] Y. E. García-Vera, R. Dufo-López, and J. L. Bernal-Agustín, "Techno-economic feasibility analysis through optimization strategies and load shifting in isolated hybrid microgrids with renewable energy for the non-interconnected zone (NIZ) of Colombia," *Energies*, vol. 13, no. 22, 2020, doi: 10.3390/en13226146.
- [50] G. He, Q. Chen, C. Kang, and Q. Xia, "Optimal operating strategy and revenue estimates for the arbitrage of a vanadium redox flow battery considering dynamic efficiencies and capacity loss," *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 10, no. 5, pp. 1278–1285, 2016, doi: 10.1049/iet-gtd.2015.0373.
- [51] K. Santos-Pereira, J. D. F. Pereira, L. S. Veras, D. L. S. Cosme, D. Q. Oliveira, and O. R. Saavedra, "The requirements and constraints of storage technology in isolated microgrids: a comparative analysis of lithium-ion vs. lead-acid batteries," *Energy Syst.*, 2021, doi: 10.1007/s12667-021-00439-7.
- [52] P. P. Kumar and R. P. Saini, "Optimization of an off-grid integrated hybrid renewable energy system with different battery technologies for rural electrification in India," *J. Energy Storage*, vol. 32, 2020, doi: 10.1016/j.est.2020.101912.
- [53] P. Arévalo, M. Tostado-Véliz, and F. Jurado, "A novel methodology for comprehensive planning of battery storage systems," *J. Energy Storage*, vol. 37, 2021, doi: 10.1016/j.est.2021.102456.
- [54] R. Georgious, J. Garcia, M. Sumner, S. Saeed, and P. Garcia, "Fault Ride-through power electronic topologies for hybrid energy storage systems," *Energies*, vol. 13, no. 1, 2020, doi: 10.3390/en13010257.
- [55] J. Faria, J. Pombo, M. do Rosário Calado, and S. Mariano, "Power management control strategy based on artificial neural networks for standalone PV applications with a hybrid energy storage system," *Energies*, vol. 12, no. 5, 2019, doi: 10.3390/en12050902.
- [56] A. G. Olabi, "Renewable energy and energy storage systems," *Energy*, vol. 136, pp. 1–6, Oct. 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.07.054.
- [57] V. N. Coelho *et al.*, "Multi-objective energy storage power dispatching using plug-in vehicles in a smart-microgrid," *Renew. Energy*, vol. 89, pp. 730–742, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.renene.2015.11.084.
- [58] S. Dhundhara, Y. P. Verma, and A. Williams, "Techno-economic analysis of the lithium-ion and lead-acid battery in microgrid systems," *Energy Convers. Manag.*, vol. 177, pp. 122–142, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.09.030.



- [59] J. Carroquino, C. Escriche-Martínez, L. Valiño, and R. Dufo-López, "Comparison of economic performance of lead-acid and li-ion batteries in standalone photovoltaic energy systems," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 8, 2021, doi: 10.3390/app11083587.
- [60] N. Sifakis, S. Konidakis, and T. Tsoutsos, "Hybrid renewable energy system optimum design and smart dispatch for nearly Zero Energy Ports," *J. Clean. Prod.*, vol. 310, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127397.
- [61] M. Torkashvand, A. Khodadadi, M. B. Sanjareh, and M. H. Nazary, "A Life Cycle-Cost Analysis of Li-ion and Lead-Acid BESSs and Their Actively Hybridized ESSs with Supercapacitors for Islanded Microgrid Applications," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 153215–153225, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3017458.
- [62] S. Blumsack, A. Fernandez, S. Blumsack, and A. Fernandez, "Ready or not, here comes the smart grid!," *Energy*, vol. 37, no. 1, Pergamon, pp. 61–68, 2012.
- [63] S. Park, G. D. Han, J. Koo, H. J. Choi, and J. H. Shim, "Profitable Production of Stable Electrical Power Using Wind-battery Hybrid Power Systems: A Case Study from Mt. Taegi, South Korea," *Int. J. Precis. Eng. Manuf. - Green Technol.*, vol. 6, no. 5, pp. 919–930, 2019, doi: 10.1007/s40684-019-00037-0.
- [64] J. Gamel, A. Bauer, T. Decker, and K. Menrad, "Financing wind energy projects: An extended theory of planned behavior approach to explain private households' wind energy investment intentions in Germany," *Renew. Energy*, vol. 182, pp. 592–601, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.RENENE.2021.09.108.
- [65] H. Kato, "A w a r d o f E x c e l l e n c e World Energy Investment Outlook Prospects and Challenges A w a r d o f E x c e l l e n c e A B N A M R O," 2004.
- [66] F. Gaudêncio *et al.*, "Supply Chain Management of Biomass for Energy Generation: A Critical Analysis of Main Trends ," *J. Agric. Sci.*, vol. 11, no. 13, 2019, doi: 10.5539/jas.v11n13p253.
- [67] I. Herausgeber, "Erneuerbare Energien in Zahlen ," 2019, Accessed: Nov. 21, 2021. [Online]. Available: [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de).
- [68] J. Curtin, C. McInerney, B. Gallachóir, and S. Salm, "Energizing local communities—What motivates Irish citizens to invest in distributed renewables?," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 48, pp. 177–188, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.ERSS.2018.08.020.
- [69] X. Zhang, Y. Li, M. Skyllas-Kazacos, and J. Bao, "Optimal sizing of vanadium redox flow battery systems for residential applications based on battery electrochemical characteristics," *Energies*, vol. 9, no. 10, 2016, doi: 10.3390/en9100857



- [70] A. Bauer and K. Menrad, "Standing up for the Paris Agreement: Do global climate targets influence individuals' greenhouse gas emissions?," *Environ. Sci. Policy*, vol. 99, pp. 72–79, Sep. 2019, doi: 10.1016/J.ENVSCI.2019.05.015.
- [71] X. Xiu, W. Tang, J. Li, and C. Tian, "Collaborative Configuration of Distributed Generation, Energy Storage and Load in Microgrid Considering State of Health," *Gaodiyanya Jishu/High Volt. Eng.*, vol. 43, no. 9, pp. 3118–3126, 2017, doi: 10.13336/j.1003-6520.hve.20170831046.
- [72] A. A. Montgomery and M. Elimelech, "Millions suffer from preventable illnesses and die every year," 2007. Accessed: Apr. 23, 2019. [Online]. Available: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es072435t>.
- [73] J. Gamel, K. Menrad, and T. Decker, "Is it really all about the return on investment? Exploring private wind energy investors' preferences," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 14, pp. 22–32, Apr. 2016, doi: 10.1016/J.ERSS.2016.01.004.
- [74] A. Bauer and K. Menrad, "Beyond risk and return: What motivates environmentally friendly or harmful student fund investments in Germany?," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 67, p. 101509, Sep. 2020, doi: 10.1016/J.ERSS.2020.101509.
- [75] R. Li and V. Mahalec, "Greenhouse gas emissions reduction by cross-sector integration of energy systems: Optimal sizing of integrated entities," *Energy Convers. Manag.*, vol. 248, p. 114788, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.ENCONMAN.2021.114788.
- [76] M. Majidi, B. Mohammadi-Ivatloo, and A. Anvari-Moghaddam, "Optimal robust operation of combined heat and power systems with demand response programs," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 149, pp. 1359–1369, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.APPLTHERMALENG.2018.12.088.
- [77] O. B. Okedere and S. Oyelami, "Emission inventory of greenhouse gases and sustainable energy for mobile telecommunication facilities in Nigeria," *Environ. Challenges*, vol. 4, p. 100203, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.ENVC.2021.100203.





## ANEXOS

### **Anexo 1: Matriz de consistencia**

Variable	Propósito del instrumento	Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores	Ítem
Evolución científica	Realizar un análisis de mapeo científico conceptual de los sistemas de energía eólica	Conocimiento de sistemas de energía eólica en base a datos primarios	Aspectos básicos de: - Aplicaciones - Funcionamiento - Viabilidad - Ventajas - Desventajas	- Mapa superpuesto - Mapa de evolución	1
Técnicas de evaluación	Determinar las principales técnicas de evaluación	Conocimiento de las técnicas de evaluación de sistemas de energía eólica en base a los datos primarios	Aspectos básicos de: - Nuevos métodos de dimensionamiento - Métodos de análisis de costos - Mantenimiento - Control de potencia - Innovación tecnológica	- Agrupamiento de palabras clave - Índice de equivalencia	1.1
Relación de la red temática	Identificar las relaciones entre sí de las principales técnicas	Conocimiento de las relaciones de las diferentes técnicas aplicadas en sistemas de energía eólica	Consideraciones de: - Centralidad de la distribución temática - Densidad de la distribución temática	- Centralidad - Densidad	1.2
Desempeño de las técnicas de evaluación	Determinar el desempeño del campo de investigación	Conocimiento del desempeño de las técnicas aplicadas en sistemas de energía eólica	Aspectos básicos del avance del conocimiento en sistemas de energía eólica	- Número de documentos - Número de citas - Índice h	1.3