



**EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LOS SISTEMAS DE
GENERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GUAJIRA**

Carlos Eduardo Manjarres Fernández

Código: 21131628633

Jorge Armando Serrano Castilla

Código: 21131627125

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Riohacha, Colombia

2022

**EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LOS SISTEMAS DE
GENERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GUAJIRA**

Carlos Eduardo Manjarres Fernández

Jorge Armando Serrano Castilla

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Directora:

Ing. Deisy Johana Cala Morales

Línea de Investigación:

Energías Renovables y Alternativas

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Riohacha, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado: Evaluación de los beneficios económicos de los sistemas de generación de energías renovables en La Guajira, cumple con los requisitos para optar al título de Ingeniero Electromecánico.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Riohacha, 25 noviembre 2022.

Contenido

	Pág.
Resumen	12
Abstract	13
Introducción	14
1. Capítulo I.....	17
Problema	17
1.1. Planteamiento del Problema	17
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Objetivo General	18
1.2.2. Objetivos Específicos	18
1.3. Justificación.....	18
1.4. Alcance.....	20
2. Capítulo II.....	21
Marco Teórico	21
2.1. Fuentes Energéticas.....	21
2.2. Energías Renovables	21
2.3. Tipos de energía renovables	22
2.3.1. Hidráulica o Hidroeléctrica.....	22
2.3.2. Energía Eólica	24
2.3.3. Energía Solar	25
2.3.4. Energía por Biomasa	26
2.4. Desarrollo sostenible.....	28
2.5. Beneficios de aplicar las energías renovables	29
2.5.1. Beneficios Sociales.....	29
2.5.2. Beneficios económicos	29
2.5.3. Beneficios ambientales	30
2.6. Energías renovables en La Guajira	30
3. Capítulo III.....	33
Marco metodológico	33
3.1. Tipo de investigación	33
3.2. Nivel de investigación.....	34
3.3. Diseño de investigación	34
3.4. Recopilación de información.....	35

4. Capítulo IV	36
Análisis y resultados de la investigación	36
4.1. Caracterización de los proyectos de energía renovables en La Guajira.....	36
4.2. Generación de energías renovables eólica y solares en La Guajira.	37
4.3. Proyección económica a 10 años, calcular el VPN y TIR.	46
5. Capítulo V	50
Conclusiones y recomendaciones	50
5.1. Conclusiones.....	50
5.2. Recomendaciones	51
Referencias Bibliográficas	53
Anexos	57

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 0-1. Proyectos de energías renovables en La Guajira	15
Figura 2-1. Esquema de una central hidráulica	23
Figura 2-2. Esquema de una central eólica	24
Figura 2-3. Esquema de una central solar térmica	25
Figura 2-4. Esquema de una central solar fotovoltaica	26
Figura 2-5. Esquema de una central térmica de biomasa.....	27
Figura 2-6. Proyectos eólicos adjudicados y en construcción	32
Figura 3-1. Método de investigación.....	33
Figura 4-1. Proyectos según su vigencia	41
Figura 4-2. Situación actual de energías renovables y no renovables	43
Figura 4-3. Escenario proyectado.....	44
Figura 4-4. Energías renovables	45

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 2-1. Ventajas y desventajas de las energías renovables.	28
Tabla 2-2. Proyectos eólicos y solares en La Guajira.....	31
Tabla 4-1. Proyectos de parques eólicos en La Guajira (Proyección 2030).	39
Tabla 4-2. Proyección de parámetros económicos a 15 años	49

Lista de Símbolos y Abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
<i>MW</i>	Potencia	10 ⁶ W	Megavatio
<i>kW</i>	Potencia	10 ³ W	Kilovatio
<i>TW</i>	Potencia	10 ¹² W	Teravatio
%	Porcentaje	%	Porciento
<i>V_t</i>	Flujos de caja para cada periodo	1	Ec.1 y 2
<i>I₀</i>	Desembolso inicial	1	Ec.1 y 2
<i>N</i>	Número de periodos	1	Ec.1 y 2
<i>K</i>	Tipo de interés	1	Ec.1 y 2
<i>T</i>	Tiempo en años	A	Ec.1 y 2

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>UPME</i>	Unidad de Planeación Minero Energética
<i>VPN</i>	Valor Presente Neto
<i>TIR</i>	Tasa Interna de Retorno
<i>IDEA</i>	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
<i>EPM</i>	Empresas Públicas de Medellín
<i>STR</i>	Sistema de Transmisión Regional
<i>TOE</i>	Tonelada Equivalente de Petróleo (Tep, en Inglés Toe)
<i>SIN</i>	Sistema Interconectado Nacional
<i>FNCER</i>	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
<i>MME</i>	Ministerio de Minas y Energía

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo A. Reportes de proyección, gestión y generación.....	57
Anexo B. Proyectos con sistemas de generación de energía renovables	58
Anexo C. Costo promedio de los paneles solares y aerogeneradores	59
Anexo D. Proyecciones Económicas	61
Anexo E. Número de proyectos vigentes por municipio	62
Anexo F. Proyectos de generación de energías renovables y alternativas en La Guajira	63
Anexo G. Desembarco de equipos	63

Dedicatoria

A Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome la fuerza necesaria para continuar luchando día tras día para alcanzar este objetivo.

A mi madre Enitza Fernández Granadillo, a mi padre Pedro Segundo Manjarres que siempre me apoyaron e impulsaron a seguir adelante en mi carrera universitaria.

A mi suegra Flor María Lacouture quien fue uno de los pilares fundamentales para continuar y llevar a feliz término mis estudios superiores.

A mi esposa Carolina Rosado Lacouture, Por su apoyo incondicional y amor en todo momento.

A mis hijos Juan David Manjarres y Hanna Lucía Manjarres con todo mi amor

A todos mis hermanos quienes fueron apoyo incondicional para perseverar en mis estudios profesionales.

Carlos Eduardo Manjarres Fernández

Dedicatoria

*A Jehová Dios por permitirme finalizar con éxito esta
etapa importante de mi vida.*

*A mi padre Jorge Serrano y a la memoria de mi madre
Dora Castilla, que siempre me apoyaron e impulsaron a
seguir adelante.*

*A mis hermanos, quienes fueron un gran apoyo emocional
para perseverar en mis estudios profesionales.*

*Y en especial a mi esposa Johana Ruiz y mis hijas Marian,
Emily y Caroline que me dieron su ayuda y amor
incondicional en todo momento.*

Jorge Armando Serrano Castilla

Resumen

La energía es indispensable para el crecimiento económico y el desarrollo de un país. El objetivo de esta investigación es evaluar los beneficios económicos del sistema de generación de energías renovables en La Guajira. Para la recopilación de información, se tomó como referentes entidades del sector minero energético, tanto públicas como privadas, además de tesis, libros y artículos científicos. En el ámbito metodológico se realizó un estudio tipo analítico a través de la investigación documental, y se establecieron 3 fases de desarrollo para dar respuesta a los objetivos planteados. En los resultados se identificó la información actualizada de los proyectos en energías renovables, los cuales, ofrecen un panorama de interés para las energías en Colombia. Los recursos de energía renovable son cada vez más frecuentes a medida que se necesita más generación de electricidad y podrían proporcionar la mitad de la demanda total de energía para el año 2050. Para los proyectos de generación de energía renovables y alternativas en La Guajira, se realizó una descripción de reportes, proyección, gestión y generación; se describen que capacidad de generación de energía producen los sistemas renovables existente y proyectados en la Guajira determinando el costo beneficio y por último una proyección económica de los sistemas de energía renovables y alternativas; se indica que es posible vislumbrar la elaboración de matrices de inversión para que empresas nacionales puedan hacer parte en la cadena de abastecimiento de la energía renovable, como proveedores de los sistemas tecnológicos para la generación de energía en La Guajira.

Palabras Claves: Energías renovables, medioambiente, sector energético, desarrollo económico.

Abstract

Energy is indispensable for the economic growth and development of a country. The objective of this research is to evaluate the economic benefits of the renewable energy generation system in La Guajira. For the compilation of information, entities of the mining and energy sector, both public and private, as well as theses, books and scientific articles were used as references. In the methodological field, an analytical study was carried out through documentary research, and 3 development phases were established to respond to the objectives set. In the results, updated information on renewable energy projects was identified, which offer a panorama of interest for energies in Colombia. Renewable energy resources are becoming more prevalent as more electricity generation is needed and could provide half of the total energy demand by 2050. For the renewable and alternative energy generation projects in La Guajira, a description of reports, projection, management and generation was made; the energy generation capacity of the existing and projected renewable systems in La Guajira is described, determining the cost benefit and finally an economic projection of the renewable and alternative energy systems; it is possible to envision the development of investment matrices for national companies to be part of the renewable energy supply chain, as suppliers of technological systems for energy generation in La Guajira.

Keywords: Renewable energies, environment, energy sector, economic development.

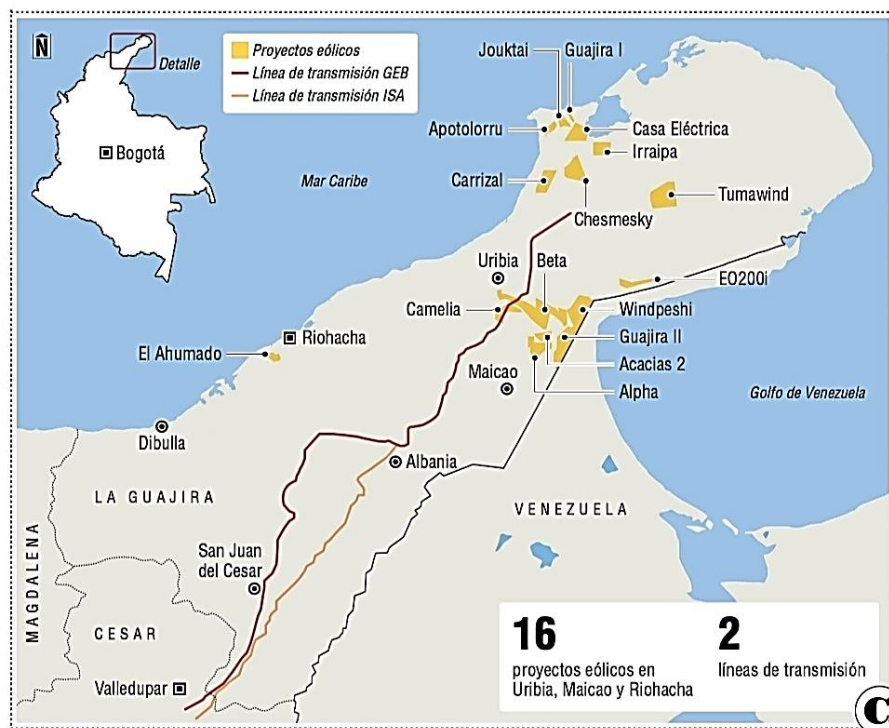
Introducción

Colombia proyecta aumentar en la matriz energética la participación de las energías renovables no convencionales, según (Ministerio de Minas y Energía, 2021) pasando del 1% a más de 12%, y así de los 50 MW pasar a 2500 MW en 2022. En el caso de la Guajira, la cobertura de energía eléctrica es del 58.8% donde aproximadamente 81.690 viviendas están sin servicio eléctrico, de los cuales 77.154 son del área rural. Sin embargo, en la población de Uribí existen proyectos renovables y se cubre un servicio eléctrico del 5,63% a la población.

Según la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética, 2022) los proyectos registrados en los sistemas actuales para la generación eléctrica provienen principalmente de los sistemas de generación renovables tales como; eólica, térmica, solar, mareomotriz. En efecto, señala (Ministerio de Minas y Energía, 2021) para La Guajira se proyecta la construcción de más de 50 parques eólicos que tendrían una capacidad de 6.862 MW; la misma entidad indica que el potencial de generación eólica sería próximo a los 15.000 MW de capacidad instalable, lo que posiciona al departamento como el pilar de las energías renovables en la región Caribe y el país.

La UPME (Unidad de Planeación Minero Energética, 2022) indica que la importancia de la transición energética, en la incorporación y uso de energías renovables, para el desarrollo social y económico de La Guajira se basa en la automatización y modernización de sus poblaciones, aunque, todo esto dependerá principalmente de las inversiones del Estado y la seguridad del suministro energético. Ver figura 0-1.

Figura 0-1. Proyectos de energías renovables en La Guajira



Fuente: Tomada de (Simco;Upme;MME;Dane, 2022)

Las energías renovables, se pueden definir como la forma de producir energía a partir de fuentes naturales las cuales tienen la capacidad de reverdecer, es decir, estas son incabables, por ende, su uso es ilimitado. Por otro lado, el IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2011) indica que son recursos limpios y casi inagotables que proporciona la naturaleza que tiene un elemento central y es que contribuyen a disminuir la dependencia de suministros externos, aminorando el riesgo de un abastecimiento poco diversificado favoreciendo el desarrollo de nuevas tecnologías.

Luego de lo planteado, el desarrollo del presente documento de investigación se divide en 5 capítulos descritos a continuación:

Capítulo I. Planteamiento del problema. - Se detalló todo lo referente al planeamiento de la problemática en estudio, definición del problema, justificación, objetivos, hipótesis.

Capítulo II. Marco Referencial. - Se describieron los antecedentes, teniendo como referencias tesis, libros y artículos científicos, relacionados con las metodologías y los modelos de sistemas utilizados para el desarrollo del TIG.

Capítulo III. Metodología. En este capítulo se desarrolló el tipo de investigación, aplicación de instrumentos, diseño de investigación y los métodos de recolección de datos.

Capítulo IV. Análisis e Interpretación de los Resultados. - se realizó la recopilación, análisis e interpretación de los resultados.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones. - se muestran las conclusiones y recomendaciones.

1. Capítulo I

Problema

1.1. Planteamiento del Problema

En Colombia, la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética, 2022) es la encargada de administrar proyectos enfocados en la generación de electricidad. En el territorio de la Guajira, según (Ezequiel, 2012) existe una diversidad de proyectos enmarcados en la electricidad, con la finalidad de ofrecer un beneficio económico a la población a través de los sistemas de generación de energías renovables. No obstante, aun cuando la Ley 1715 de 2014, plantea la reestructuración en la producción de energía en Colombia, señala (Benavides, 2017) que se está impulsando el uso de los sistemas de generación eléctrica alternativos en la búsqueda de llegar a los sectores más vulnerables de la población colombiana y promover un servicio eléctrico de calidad para el bienestar social. Según él (Ministerio de Minas y Energía, 2021). La Guajira es potencia en la generación de energía eólica por la velocidad del viento en la zona costera, además por los altos niveles de radiación solar también se puede implementar la energía solar.

Por lo tanto, en la presente investigación se busca evaluar los proyectos energéticos en el ámbito de la generación de energía renovables para La Guajira y comparándolos con el actual modelo tradicional de generación eléctrica en el departamento. Al respecto, se formula la interrogante de investigación sobre; ¿cuáles son los beneficios económicos del sistema de generación de energías renovables en La Guajira?

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo General*

Evaluar los beneficios económicos de los sistemas de generación de energías renovables en La Guajira.

1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Elaborar una caracterización de los principales proyectos de generación de energía renovable de La Guajira.
- Describir desde el punto de vista técnico que capacidad de generación de energía producen los sistemas renovables existente y proyectados en la Guajira.
- Realizar la proyección económica a 10 años de lo calculado de los sistemas renovables seleccionados en el análisis técnico y calcular el VPN y TIR.

1.3. Justificación

La relevancia del presente proyecto de investigación se enmarca en lo referenciado por (Ministerio de Minas y Energía, 2021) al establecerse una importancia de originalidad de la temática en estudio, al realizar un análisis de los proyectos con sistemas de generación de energías renovables en el departamento de la Guajira. Asimismo, la actualidad del sector energético en Colombia, propone el uso de las energías renovables, contribuyendo además con el ambiente. Ya que estos lineamientos se encuentran dentro de las agendas gubernamentales de cada estado, para el cumplimiento de los objetivos del milenio y el marco de desarrollo de los acuerdos y tratados sobre la preservación del ecosistema.

En efecto, Colombia se ha caracterizado por tener una matriz de generación de energía dentro de las más limpias del mundo. Esto obedece a que el 70 % del consumo eléctrico procede de fuentes hídricas, un 12,3 % de termoeléctricas que funcionan con gas natural, un 9,3 % de térmicas a carbón, el 7,8 % a partir de combustibles como la gasolina y un 1 % de fuentes renovables no convencionales como la solar y la eólica (Crudotransparente, 2021).

La pertinencia de la presente investigación es porque se aborda el significado social señalado por (Ñaupas, Valdivia, Palacios, & Romero, 2018) sobre el que se ha construido el diseño de gestión de producción de energía renovables de tipo (eólica y solar específicamente en el caso de La Guajira) mejorando el bienestar y la calidad de vida de las poblaciones aledañas donde se realicen los proyectos energéticos propuestos, ofreciendo una oportuna solución a los problemas que afectan a estas comunidades.

Sin embargo, la industria energética según (Regueiro, 2011) genera un amplio espectro de problemas relacionados con la protección del medio ambiente. Debe considerarse no solo en el contexto de su influencia en la naturaleza, sino también a través del prisma de los efectos en la calidad de vida humana, incluida la salud y la infraestructura artificial. Además, estos aspectos de la industria energética están regulados por leyes específicas de varias regiones del mundo. En general, las energías renovables y los recursos no renovables tienen su propia especificidad en el contexto mencionado.

Este proyecto se diferencia de otros estudios, al realizar una evaluación de los beneficios económicos del sistema de generación de energías renovables en La Guajira, en el contexto eólico y solar específicamente para el departamento de la Guajira según la administración de proyectos

de la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética, 2022). Asimismo, contribuye con fundamentos teóricos para futuras investigaciones relacionadas al tema.

1.4. Alcance

El alcance que se pretende lograr con el presente proyecto de investigación es evaluar los beneficios económicos del sistema de generación de energías renovables en La Guajira. Además, considerar que se cumplan los protocolos de protección al ambiente a la vez del desarrollo económico regional. Todo esto lleva necesariamente a proponer alternativas que permitan desarrollar una investigación propositiva sobre las medidas de desarrollo de las energías renovables en el departamento de la Guajira.

2. Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Fuentes Energéticas

Las fuentes de energías son todos los recursos presentes en nuestro medio natural, de los cuales se pueden obtener energía y que varían de acuerdo a su procedencia u origen. *“las fuentes de energía son elaboraciones naturales más o menos complejas de las que el hombre puede extraer energía para realizar un determinado trabajo u obtener alguna utilidad”* (Colino & Caro, Fuentes energéticas, 2010, pág. 23). Con base a lo planteado, existen múltiples fuentes de energía, iniciando por la energía solar y culminando por la energía geotérmica proveniente del planeta tierra.

De igual manera, *“Las fuentes energéticas son aquellos recursos o medios capaces de producir algún tipo de energía para luego consumirla”* (Nuestra esfera, 2014). A su vez, estas fuentes son clasificadas en fuentes energéticas renovables y las no renovables. En función a este estudio se trabajará con las energías renovables. Es por ello que las fuentes de energía son de suma importancia en la sociedad actual ya que su consumo es alto por las necesidades y adaptaciones tecnológicas. Como se planteó anteriormente este trabajo se fundamentará en la energía renovable ya que es considerada como una de la más importantes por el cuidado de la naturaleza y desarrollo tecnológico.

2.2. Energías Renovables

Las fuentes de energía renovable se basan en el aprovechamiento de los recursos naturales inagotables, como son: los rayos solares, el agua, el viento, entre otros, que permiten

la extracción de energía. Es por ello que la “energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales” (Spiegeler & Cifuentes, 2019, pág. 2).

Es de considerar que este tipo de energía no contamina, ya que su modo de obtención no produce subproductos que trasgreden de ninguna manera el medio ambiente. En la actualidad, están cobrando categoría a causa del efecto invernadero y el acrecimiento del calentamiento global.

Además de ello, presenta algunos problemas para grandes explotaciones de este tipo de energía, en cuanto a la cantidad, la ubicación geográfica para obtener grandes corrientes de aire, de agua o de sol; siendo esta disponibilidad variante a lo largo del día, por estas y otras razones en la actualidad la generación de energía de grandes plantas centralizan los altos picos de consumo lo que dificulta conseguir alta participación de la energía renovable y sus altos costo de inversión no es ventajosa ante la competencia con la energía no renovable.

2.3. Tipos de energía renovables

Existen diferentes tipos o modalidades de obtener energía renovable. Inicialmente la hidráulica que se obtiene por el aprovechamiento del agua, la eólica se obtiene del viento, la solar proveniente de los rayos del sol, las marina producto de las olas y mareas, y la biomasa. A continuación, se desarrollan cada una de ellas.

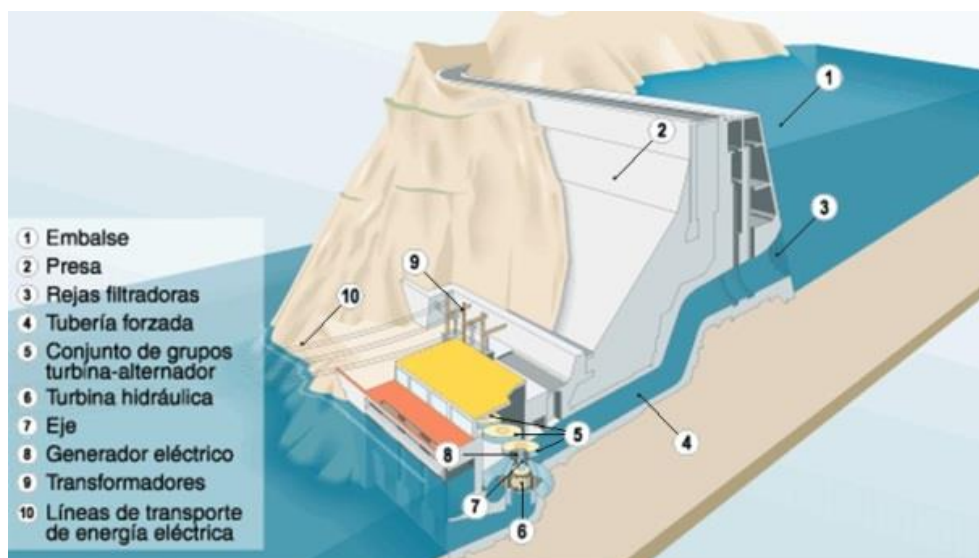
2.3.1. Hidráulica o Hidroeléctrica

Su tecnología es una de la más antigua para la producción de energía. Está basada en el aprovechamiento de la caída de agua desde la altura, convirtiéndose en cinética, ya que el agua

pasa por las turbinas a velocidades muy altas, provocando el movimiento de rotación y este se convierte en energía eléctrica a través de generadores, Generalmente estas represas hidroeléctricas se encuentran donde hay suficiente cantidad de agua que se utiliza y consecutivamente se regresa al río para que continúe su curso.

La energía hidroeléctrica demuestra algunas ventajas sobre otras fuentes de energía, como son: la disponibilidad como recurso inagotable, su producción de trabajo es a temperatura ambiente, no consume energía, ni contamina la atmosfera. Asimismo, presenta los inconvenientes derivados de los cambios en los ecosistemas, las alteraciones del microclima, variaciones de caudal o pérdida de suelo, Así mismo, *“La energía hidráulica es una fuente de energía renovable y supone el 7% del consumo mundial de energía primaria”* (Ceupe, 2021). Ver figura 2-1.

Figura 0-1. Esquema de una central hidráulica



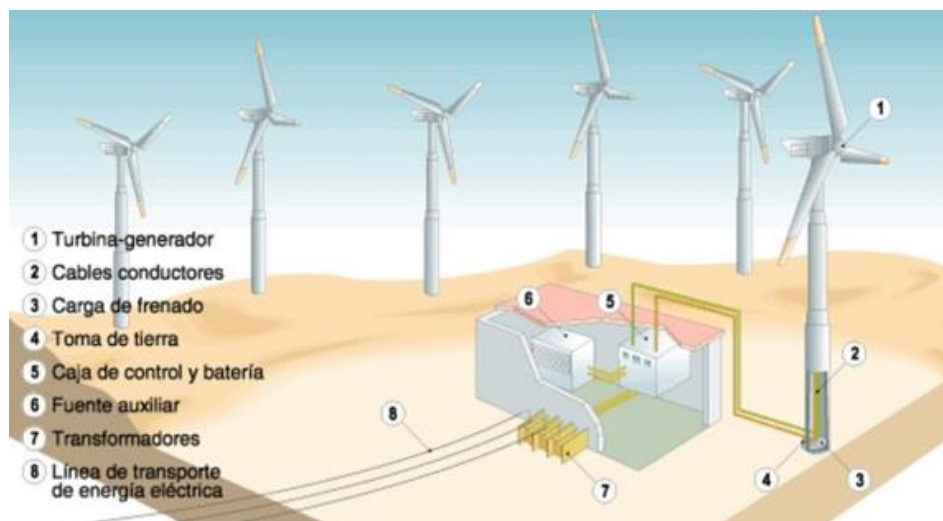
Fuente: Tomada de (Global electricity, 2013)

2.3.2. Energía Eólica

La energía eólica “es la energía cuyo origen proviene del movimiento de masa de aire, es decir del viento” (Spiegeler & Cifuentes, 2019, pág. 3). La energía eólica es la creada por la acción del viento, convirtiendo su energía cinética en energía eléctrica mediante aerogeneradores. La energía eólica es inagotable, renovable y limpia, permitiendo reducir las emisiones de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero al reemplazar a los combustibles no renovables. “este tipo de centrales usan el viento como fuente de energía, por lo que es necesario ubicarlas en zonas en donde las condiciones geográficas y del viento sean adecuadas para garantizar el máximo rendimiento posible” (García, Corredor, Calderón, & Gómez, Análisis costo beneficio de energías renovables, 2013, pág. 46).

Las tecnologías eólicas se modifican conforme a su tamaño y estilo, generalmente se caracterizan por la colocación del eje de la turbina, bien sea vertical u horizontal, en el mar o en tierra firme, a su vez la generación de energía está definida de acuerdo a la capacidad y características de las turbinas y la velocidad del viento. Ver figura 2-2.

Figura 0-2. Esquema de una central eólica

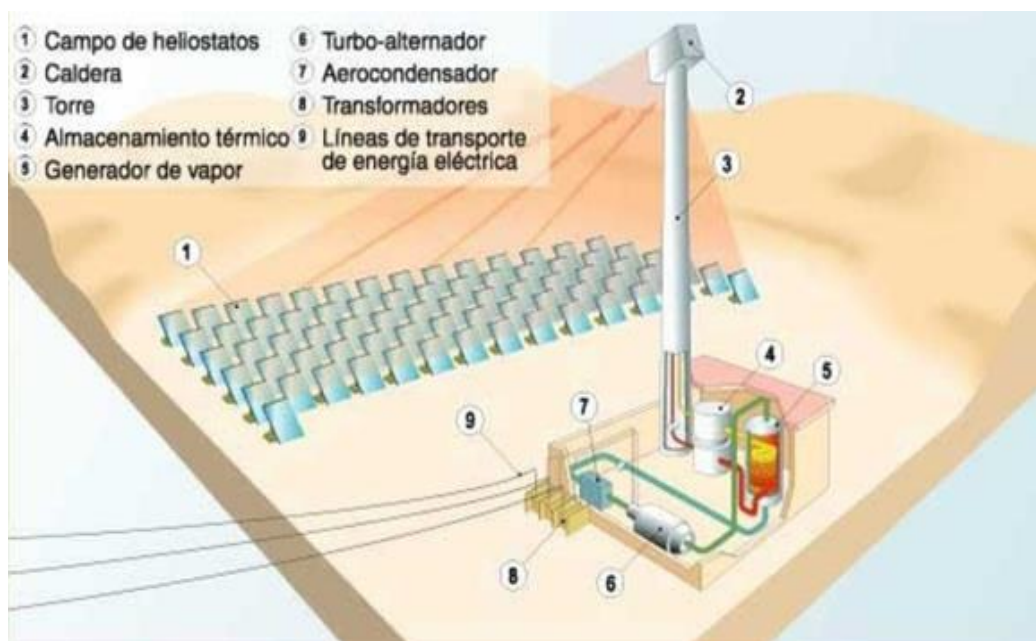


Fuente: Tomada de (Global electricity, 2013)

2.3.3. Energía Solar

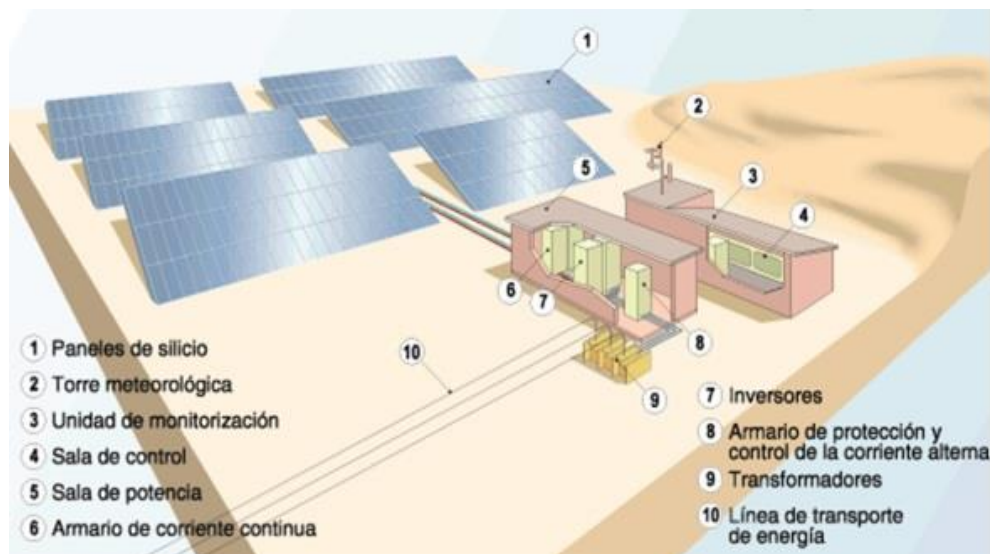
La energía solar es generada por el aprovechamiento de la radiación solar, ya sea energía solar termoeléctrica o fotovoltaica. En tal sentido, la primera es generada por el aprovechamiento de la radiación solar luminosa, “A diferencia de otras energías, hay que consumirla en el momento de su generación, la solar térmica es una tecnología renovable con capacidad de almacenamiento, capaz de aportar electricidad a la red incluso en horas sin luz solar”. (Spiegeler & Cifuentes, 2019, pág. 4) y la segunda, es la transformación directa de la radiación solar en electricidad mediante unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos los que aprovechan la luz para producir electricidad directa. Ver figuras 2-3 y 2-4.

Figura 0-3. Esquema de una central solar térmica



Fuente: Tomada de (Global electricity, 2013)

Figura 0-4. Esquema de una central solar fotovoltaica



Fuente: Tomada de (Global electricity, 2013)

2.3.4. *Energía por Biomasa*

La fuente de energía de la biomasa se emplea con materia orgánica. Esta es originada de un proceso biológico, espontáneo o provocado, se obtiene de vegetales y compuestos orgánicos mediante procesos naturales. Así mismo, la biomasa es toda materia orgánica que proviene de un organismo vivo que sirve como fuente de energía que incluye residuos agrícolas, ganaderos, forestales, biodegradables y cultivos generadores de energía como la caña de azúcar, el cardo, entre otras (Grupo visiona, s.f.). La biomasa como recurso energético, ver figura 2-5, se puede clasificar en:

- **Biomasa natural.** Se produce de forma natural en la naturaleza sin intervención humana. Un ejemplo de estos recursos, son las podas en las selvas y bosques.
- **Biomasa residual seca.** Se produce de los recursos originados de las actividades agrícolas y forestales. También se produce en procesos de transformación de la madera en las

industrias. A modo de ejemplos de la biomasa tenemos el serrín, cáscaras de frutos secos, las podas de frutales, etc.

- **Biomasa residual húmeda.** Su proceso es mediante vertidos biodegradables creados por aguas residuales urbanas o industriales y también de los residuos ganaderos.

Figura 0-5. Esquema de una central térmica de biomasa



Fuente: Tomada de (Global electricity, 2013)

Tabla 0-1. Ventajas y desventajas de las energías renovables.

Tipo de energía	Ventajas	Desventajas
Hidroeléctricas	<ul style="list-style-type: none"> - No produce residuales - Es fácil de almacenar. -El recurso es abundante. -No contamina. 	<ul style="list-style-type: none"> -Problemas de impacto ambiental elevado. -Desplazamiento masivo de poblaciones. -Las grandes centrales hidroeléctricas generalmente emiten elevadas emisiones de gases de efecto invernadero.
Eólica	<ul style="list-style-type: none"> -Reducir las emisiones de CO2. -Fuente inagotable de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> -Altos costos.
Solar	<ul style="list-style-type: none"> - Llega lugares donde no era posible acceder a las redes eléctricas convencionales. 	<ul style="list-style-type: none"> -Elevados costo de los equipos necesarios.
Biomasa	<ul style="list-style-type: none"> -Fuente de energía limpia -Residuos biodegradables. - Se produce de forma natural 	<ul style="list-style-type: none"> -En muchos lugares queman madera y destruyen bosques.

Fuente: Elaboración propia

2.4. Desarrollo sostenible

La necesidad de integrar la dimensión ambiental en los procesos socioeconómicos parece indiscutible. Pero no es única, ni exclusiva, ni tampoco excluyente. Y el horizonte de la sostenibilidad del desarrollo no sólo es a largo plan, sino también a corto. “*La definición de*

desarrollo sostenible es un proceso que armonice el crecimiento económico, la preservación de los recursos naturales, la reducción del deterioro ambiental, la equidad social en un contexto político a todos los niveles, local, regional, nacional y global”. (Ricalde, David, López-Hernández, Salvador, & Peniche, 2005).

2.5. Beneficios de aplicar las energías renovables

Durante el desarrollo del presente trabajo se pueden observar múltiples beneficios que se obtiene al aplicar o consumir las energías de origen renovable. Para (Lisperguer, 2017) Expresa que las energías renovables son de fácil acceso en casi cualquier parte del mundo y a su vez generan beneficios para quienes optan por su aplicación tales como: estimular el crecimiento económico de la población, generación de empleos, maximizan la creación de valor de la comunidad, mejoran el acceso a la energía disponible para los habitantes, reducen el impacto ambiental, etc.

2.5.1. Beneficios Sociales

- La posibilidad de llevar energía eléctrica a comunidades remotas, y en la promoción del desarrollo de dichas comunidades.

2.5.2. Beneficios económicos

- En los servicios de luz, agua y gas reducción de las tarifas
- Generación de empleos directos (trabajadores de la construcción, desarrolladores, fabricantes de equipo, diseñadores, instaladores, financieros).

- Generación de empleos indirectos (en la agricultura, al expandir los sistemas de riego, en la ganadería y avicultura, con la instalación de establos electrificados, en el comercio y los servicios).
- Para los ayuntamientos, la reducción del costo de los servicios municipales de energía eléctrica (alumbrado público, bombeo de agua y edificios públicos).

2.5.3. Beneficios ambientales

- El principal beneficio es la prácticamente nula emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y otros contaminantes que contribuyen al cambio climático.
- Ayudan a disminuir enfermedades relacionadas con la contaminación.
- No necesitan grandes cantidades de agua para su funcionamiento.
- Reducen la necesidad de industrias extractivas en la medida que se evita el uso de combustibles fósiles.
- Pueden reducir la necesidad de proyectos hidroeléctricos de gran escala con los consecuentes efectos de inundación y erosión.

2.6. Energías renovables en La Guajira

La Guajira es el epicentro de las energías renovables en Colombia, es la zona con mayor potencial para generar electricidad con Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), principalmente en recurso solar y eólico, es así que La Guajira tiene uno de los mayores potenciales a nivel nacional y continental, pues concentra el mayor volumen de vientos alisios que recibe el país, lo que, en unión a la radiación solar, la vuelven una zona de gran atracción para inversiones.

Según la UPME hasta la fecha de septiembre 30 de 2022, el informe de registro de proyectos de generación de electricidad, nos informa que los proyectos de energías renovables en La Guajira vigentes son 28, de los cuales 21 son de generación de energía eólica y 7 de generación de energía solar (Unidad de Planeación Minero Energética, 2022, págs. 29,31) Ver tabla 2-2.

Tabla 0-2. Proyectos eólicos y solares en La Guajira

Proyectos eólicos y solares en La Guajira		
Departamento	La Guajira	Capacidad MW
Eólicos	21	4307
Solares	7	825
Total	28	5132

Fuente: Elaboración propia con información de la UPME

De estos 28 proyectos actualmente hay adjudicados y en construcción 16 proyectos eólicos, uno de ellos se inauguró en enero del 2022, Guajira I es la nueva planta generadora que tiene una capacidad instalada de 20 MW, cuenta con 10 aerogeneradores distribuidos a lo largo de 5,5 hectáreas y está ubicado en el corregimiento de Uribí, Guajira. Es el primer parque eólico de 16 en lista que aportará generación eléctrica al Sistema Interconectado Nacional (SIN), con el complejo el país llega a 741,01 MW de capacidad instalada con fuentes renovables, de la meta de 2.500 MW para 2022. Cabe resaltar que entre estos 16 proyectos destacan Alpha, Beta y Wesp01, siendo estas las centrales eólicas con mayor avance (La república, 2022). Ver figura 2-6.

Figura 0-6. Proyectos eólicos adjudicados y en construcción



Fuente: Tomada de (La república, 2022)

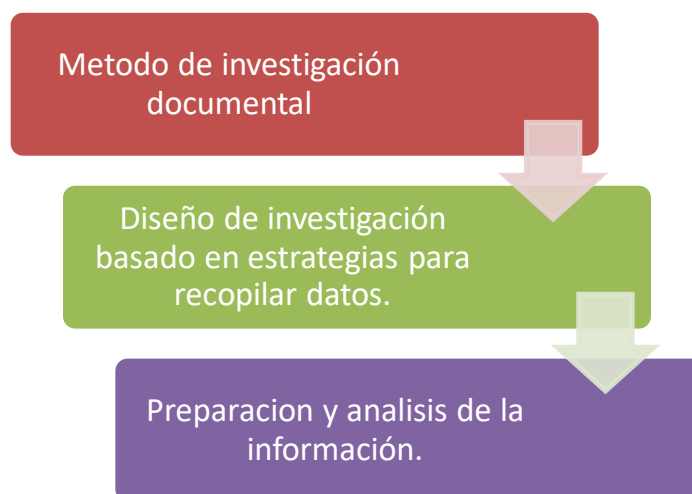
3. Capítulo III

Marco metodológico

3.1. Tipo de investigación

El enfoque del presente proyecto es de tipo cuantitativo a través de la investigación documental, se establecen 3 fases de desarrollo para dar respuesta a los objetivos planteados. La misma, consiste en el análisis de la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio. *“la investigación documental es la información que se obtiene o se consulta en documentos, entendiendo por éstos todo material al que se puede acudir como fuente de referencia, sin que se altere su naturaleza o sentido”* (Hernández, 2010, pág. 111). Ver en la figura 3-1.

Figura 0-1. Método de investigación



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Nivel de investigación

Dadas las características y el enfoque de este proyecto, se puede definir que el desarrollo de esta investigación es descriptiva - cuantitativa, ya que permite que el desarrollo teórico guíe la recopilación, el análisis de datos, y las conclusiones que se extraerán de las preguntas de formulación del problema y de los objetivos de investigación.

3.3. Diseño de investigación

Un diseño de investigación es la lógica que vincula los datos que se recopilarán y las conclusiones que se extraerán con base en la formulación del problema y los objetivos de investigación, como se mencionó anteriormente, esta investigación es descriptiva y cuantitativa. La ventaja de este tipo de investigación es que se beneficia del desarrollo previo de proposiciones teóricas para guiar la recopilación y el análisis de datos y en donde, la teoría proporcionará una guía sólida para determinar qué datos recopilar y las estrategias para analizar los datos. La metodología se divide en las siguientes fases:

Fase 1. Elaborar una caracterización de los principales proyectos de generación de energía renovable de La Guajira.

Actividad 1. Creación de una tabla de recopilación documental sobre los reportes de proyección, gestión y generación de energías renovables en La Guajira y Colombia.

Actividad 2. Diseño de una matriz dinámica para identificar y caracterizar en el departamento de la Guajira los proyectos con sistemas de generación de energía renovables.

Fase 2. Describir desde el punto de vista técnico que capacidad de generación de energía producen los sistemas renovables existente y proyectados en la Guajira.

Actividad 1. Describir desde el punto de vista técnico los equipos de generación de energía utilizados en los sistemas renovables existentes y proyectados en la Guajira.

Actividad 2. Evaluar los avances por recursos y vigencia de las proyecciones energéticas realizadas en la Guajira.

Fase 3. Realizar la proyección económica a 10 años de los sistemas renovables seleccionados en el análisis técnico y calcular el VAN y TIR.

Actividad 1. Con las proyecciones realizadas, calcular distintos escenarios de coexistencia para las energías renovables.

Actividad 2. Proponer estrategias para optimizar los beneficios económicos en la generación de energía alternativa.

3.4. Recopilación de información

La recopilación de información es crucial en toda investigación. Este proceso permite acumular material empírico en el que se basa esta investigación en seis fuentes importantes: 1. documentación, 2. registros de archivo, 3. entrevistas, 4. observación directa, 5. observación participante y, 6. artefactos físicos. Generalmente se pueden dividir en dos categorías: datos primarios; y datos secundarios. En ese sentido, el desarrollo de la presente investigación esta soportada en datos secundarios publicados.

4. Capítulo IV

Análisis y resultados de la investigación

4.1. Caracterización de los proyectos de energía renovables en La Guajira.

En primer lugar, es importante analizar los medios documentales por medio de los cuales se planifica y da seguimiento a los proyectos energéticos, detallados en su totalidad por la (UPME) Unidad de Planeación Minero Energética en sus reportes de proyección, gestión y generación, enmarcados respectivamente en los programas generales del Ministerio de Minas y Energía del Estado colombiano. Para cada fuente, se anexa el tipo de recurso, un breve resumen del mismo, los puntos clave que resaltan la importancia del recurso y los aportes que esto trae sobre el estudio generalizado de las energías renovables o alternativas. Ver Anexo A.

Esta caracterización es una herramienta la cual busca facilitar una descripción, identificación, gestión y aportes de los proyectos y sus elementos esenciales. Nos permite una comprensión clara de cada proceso y los aspectos clave de cómo se están ejecutando. Como resultado la caracterización permite obtener la información en cuanto a los requerimientos de los proyectos, sus actores principales, clientes, los productos que genera, los aportes a la comunidad, así como los mecanismos de control.

Actividad 1. Reportes de proyección, gestión y generación de energías renovables en La Guajira y Colombia.

En la lista de anexos, el numeral A se coloca captura de la lista de reportes de proyección, gestión y generación, que hace referencia a la pestaña #1 del documento adjunto.

Actividad 2. Diseño de una matriz dinámica de los proyectos con sistemas de generación de energía renovables. Ver Anexo B.

En la lista de anexos, el numeral B se coloca captura de los proyectos con sistemas de generación de energía renovables, que hace referencia a la pestaña #2 del documento adjunto.

Esta matriz nos identifica los proyectos de energías renovables y no renovables que se encuentran vigentes y no vigentes en el departamento de La Guajira y que capacidad de MW producen cada uno de ellos, está elaborada de una manera dinámica en la cual podemos filtrar por poblaciones, vigencia y tecnología utilizada. En ella se evidencia que el departamento de La Guajira estaría generando 5476,55 MW de energía eólica y 2349,017 MW de energía solar, lo que beneficiaría en materia energética a la Guajira y al país.

4.2. Generación de energías renovables eólica y solares en La Guajira.

Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) si se aprovecha al menos el 50 % del territorio de La Guajira, el potencial de generación eólica en este, sería próximo a los 15000 MW de capacidad instalable, casi la mitad del potencial total del país que es cercano a los 30000 MW. Lo que coloca al departamento de La Guajira en el pilar de las energías renovables en la región caribe y el país.

En la actualidad el departamento de La Guajira posee 2.880 MW de capacidad instalada, es 100 veces más de lo que existía en 2018. Y a final de año tendremos 2.500 megavatios de energía solar y eólica en operación y hacia finales 2023 la cifra ascenderá a 4.500 megavatios

Se ha proyectado la construcción de más de 50 parques eólicos que tendrían una capacidad de 6862 MW (Sánchez, 2022), aprovechando la ubicación privilegiada del departamento, ya que

es una zona caribeña de gran potencial para la implementación de energía eólica y solar, pues concentra el mayor volumen de vientos que recibe el país, y en conjunto con la radiación solar la convierte en una zona de gran atracción para el funcionamiento de estos tipos de energías renovables.

El Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz (Indepaz) “*Señala que la Guajira se ha venido transformando en la primera potencia de energía eólica de Colombia*” (Crudotransparente, 2021). El documento nos muestra las 19 empresas que pondrán en funcionamiento alrededor de 57 parques eólicos antes del 2030; en el entre tiempo dichas empresas han adelantado las instalaciones de torres de medición de viento, los estudios de impacto ambiental y han gestionado las licencias correspondientes. Estos proyectos se encuentran relacionados en las siguientes tablas.

En la tabla 4-1 podemos notar que la empresa Enel Green Powerl cuenta con 11 parques eólicos lo cual generarían 1449 MW producidos por 484 aerogeneradores, en el segundo lugar está la empresa de EPM, que con 3 parques eólicos y 296 aerogeneradores estarían produciendo 888 MW, en tercer lugar, la empresa Isagén, que generaría 772 MW, en el cuarto lugar, la empresa Jemeiwaa Ka’i, que con 6 parques eólicos estarían generando 723 MW. Ver tabla 4-1.

Estas cuatro empresas estarían generando la mayor cantidad de MW, pero en conjunto con la suma de los demás proyectos aportarían un total en el departamento de la Guajira de 6862 MW. (Sánchez, 2022)

Tabla 0-1. Proyectos de parques eólicos en La Guajira (Proyección 2030).

EMPRESA	NÚMERO DE PARQUES EÓLICOS	NÚMERO DE AEROGENERADORES	CAPACIDAD MEGAVATIOS
ACQUAIRE	1	16	32
ALUPAR	7	112	224
BEGONIA POWER	4	113	396
COLGEÓLICA S.A.S	1	16	32
DESARROLLOS EÓLICOS CUATRO VÍAS (DESARROLLOS EÓLICOS ALTA GUAJIRA)	1	16	32
DESARROLLOS EÓLICOS DE URIBIA	3	48	96
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN EPM	3	296	888
ENEL GREEN POWER	11	484	1449
EOLOS S.A.S. E. S. P	1	150	300
EVIVA ENERGY MARTIFER RENEWABLES	3	150	450
GUAJIRA EÓLICA I	1	16	50
GUAJIRA EÓLICA II	2	100	300
GUAJIRA EÓLICA LA VELA	2	100	300
ISAGÉN	5	246	772
JEMEIWAA KA'I	6	498	723
MUSICHI	1	64	194
SOWITEC ENERGÍA DE COLOMBIA	1	48	144
VIENTOS DEL NORTE	3	129	448
WAYÚU (CONVENIO INTERINSTITUCIONAL CON ISAGÉN)	1	16	32
Total	57	2.618	6.862

Fuente: Tomada de (Crudotransparente, 2021)

Actividad 1.

Los informes particulares de la UPME no detallan por razones confidenciales, información específica sobre los modelos de paneles fotovoltaicos y aerogeneradores empleados en la generación de energía en el departamento de La Guajira.

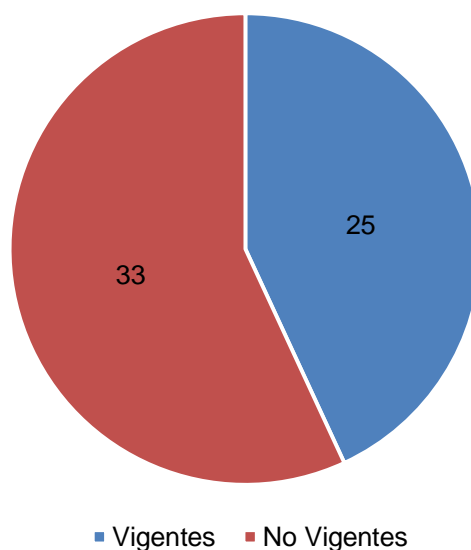
Dentro de esta actividad se encuentran dos tablas, una para energía eólica y otra para energía solar, en ellas se muestran los modelos, la capacidad en kW, factor de inducción axial (para los aerogeneradores), costos y el porcentaje de eficiencia base (para los paneles solares). Datos obtenidos mediante las referencias de fabrica de los modelos de cada equipo. En base a estos datos se realizaron unos cálculos para determinar el coeficiente de potencia de cada aerogenerador, el costo por cada kW y así sacar el costo promedio por unidad y la capacidad promedio que este tendría. En el caso de los paneles solares se tiene en cuenta la misma estructura ya que se trabaja bajo los mismos parámetros. En la lista de anexos, el numeral C se coloca el costo promedio de los paneles solares y aerogeneradores, que hace referencia a la pestaña #5 del documento adjunto.

Análogamente, los aerogeneradores instalados provienen de múltiples empresas alrededor del mundo, aunque los modelos específicos empleados aún no son claros, puede afirmarse que no son fabricados (si bien algunos son ensamblados) en la República de Colombia, considerándose un desafío logístico y de sostenibilidad a mediano y largo plazo. A modo de ofrecer una visión objetiva con respecto a los costos, para cada uno de los aerogeneradores mostrados se garantiza que cumplen con la condición de funcionamiento en las clases de viento de La Guajira. Se tiene la referencia de qué tipo de aerogeneradores y paneles solares se utilizan los proyectos de energías renovables en el departamento por la información que suministra la UPME.

Actividad 2.

Con respecto a la vigencia de los proyectos renovables en la Guajira, resulta de suma relevancia el tener en cuenta que, si bien los proyectos temporalmente más lejanos se encuentran a escasos 5 años, la vigencia de los proyectos dentro de la UPME no supera la mitad en cuanto a su frecuencia, asumiendo, por lo tanto, que retos de múltiples índoles han demorado la puesta en marcha de dichas perspectivas como se puede observar en la figura 4-1.

Figura 0-1. Proyectos según su vigencia



Fuente: Elaboración propia con información de la UPME

Al observar que un 57% de los proyectos, por razones operacionales, financieras, ambientales o administrativas no se encuentra vigente de acuerdo con lo planificado, las proyecciones realizadas obtienen un matiz más referencial, que puede ocasionar a largo plazo, diferencias importantes entre lo preconcebido y lo real. A partir de todo lo anteriormente mencionado, pueden establecerse dos fortalezas básicas, en la capacidad, gestión y planeación de las unidades energéticas renovables, así como evidentes debilidades en la sustentabilidad

económica, de transporte, logística, de transmisión y distribución de la energía producida; mientras que externamente se cuenta con un apoyo generalizado hacia los esfuerzos de transición energética, que ha logrado hasta cierto punto mitigar los efectos ocasionados por la actual desaceleración de la economía y la producción tecnológica, producto de múltiples factores socioeconómicos.

- **Optimización de estrategias**

Con el objetivo inherente de maximizar los beneficios económicos, pueden estudiarse dentro de las matrices de revisión internas del Ministerio de Energía, que regula tanto la inversión como las posibilidades propias de la generación eléctrica renovable, la inclusión de varios pasos del proceso productivo para garantizar la autosuficiencia del estado a la vez que se favorece la inversión nacional.

En este sentido, es posible vislumbrar la elaboración de matrices de inversión para que empresas nacionales puedan hacer parte en la cadena de abastecimiento de la energía renovable, como proveedor de los sistemas tecnológicos inherentes a la misma, extendiéndose pero no limitado a procesamientos de la materia prima para la producción de módulos fotovoltaicos, motores de generación eólica, cadenas de construcción, ensamblaje o mantenimiento integrado de dichas unidades generadoras y espacios para el análisis multilateral de los sistemas de automatización y control de los mecanismos productivos.

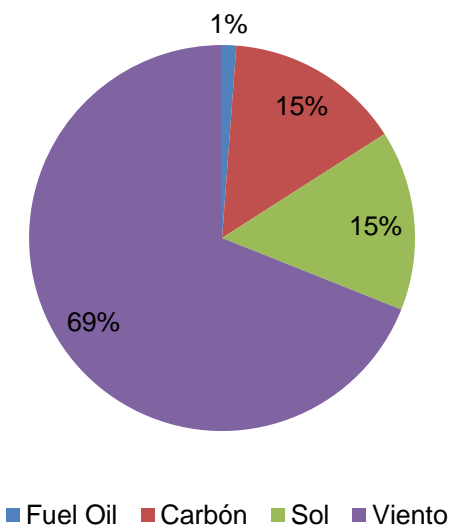
Como posibilidad latente, puede ofrecerse un escenario de beneficio económico y ambiental a nivel regional con la puesta en marcha de todos los proyectos que se tienen registrados en cuanto al aprovechamiento de las energías eólica y solar, descontinuoando la generación térmica para 2026. Según datos del Banco Mundial, el consumo energético nominal de Colombia asciende

a los 66.9 TW, entre los cuales la mayoría corresponde a combustibles fósiles el (76.7%). Para lograr los objetivos energéticos previamente compartidos, resulta imperativo reducir las redundancias en la generación energética, especialmente en zonas con alto potencial para implementar energías renovables. (Banco Mundial, 2022)

- **Capacidad de generación en La Guajira**

El escenario actual para la Guajira es de 50 MW según UPME (Unidad de Planeación Minero Energética, 2022), generados por los parques eólicos y paneles fotovoltaicos, Ahora bien, dentro del direccionamiento político para finales del 2022, el país pretende aumentar la matriz energética y pasar del 1 % a más de 12 % y así saltar de 50 megavatios (MW) a 2 500 MW de energía solar y eólica en operación y hacia finales 2023 la cifra ascenderá a 4.500 MW; para el 2030 aspira reducir su emisión de gases de efecto invernadero del 20 % al 51 %.

Figura 0-2. Situación actual de energías renovables y no renovables

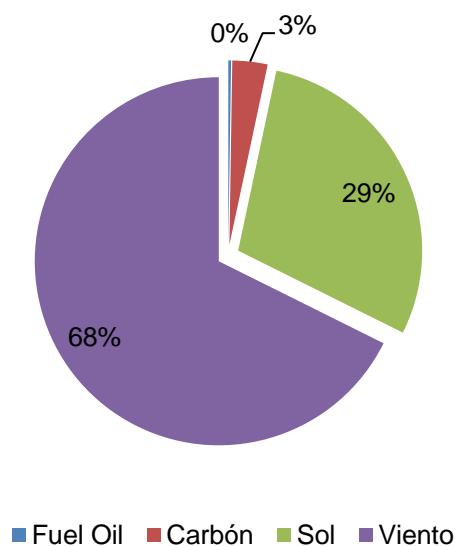


Fuente: Elaboración propia con información de la UPME

Entre Fuel Oil y Carbón, un 16% de la energía producida en la Guajira proviene de combustibles fósiles, el resto proviniendo de aerogeneradores y paneles solares. Este 16% corresponde a 270 MW instalados y plenamente funcionales, empleando en un periodo de una hora hasta 23 Toneladas de Petróleo Equivalente (TOE, según el SI), y acumulando anualmente más de 200 mil TOE, con una valoración estimada que supera los 115 millones de USD al año, sin tener en consideración los costos por factores de emisión, como el CO₂, que puede alcanzar las 190 toneladas métricas por hora. Para reducir en un 20% dichas emisiones, deberán invertirse anualmente alrededor de 88 millones de USD.

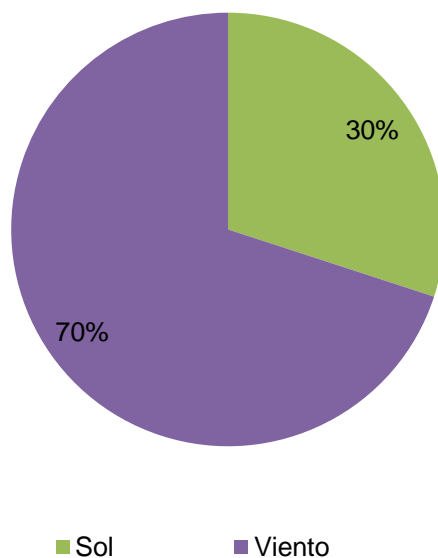
Ahora bien, para 2026 pueden vislumbrarse dos escenarios distintos, el proyectado incluye la presencia activa de generadores por combustibles fósiles, a la vez que otro escenario excluye dichos métodos y se enfoca en la ejecución y acción de las tecnologías renovables, tal como se muestra en las siguientes dos figuras 4-3 y 4-4.

Figura 0-3. Escenario proyectado



Fuente: Elaboración propia con información de la UPME

Figura 0-4. Energías renovables



Fuente: Elaboración propia con información de la UPME

El estudio basado en los registros actuales muestra que, en un futuro, el efecto de discontinuar las inversiones en proyectos de generación térmica a partir de combustibles fósiles es prácticamente imperceptible, especial y únicamente si se ofrece una completa apertura a las oportunidades de avance económico, tecnológico y energético que las energías renovables ofrecen con su implementación.

Por tanto, al considerar que estos 270 MW pueden incluirse dentro de proyecciones escalables ya aprobadas, y partiendo de los compromisos ambientales suscritos, así como las oportunidades económicas que esto brinda, resulta admisible la eventual clausura de estos métodos de generación, o bien la recuperación de algunos equipos, máquinas e instalaciones para uso en otro tipo de energías, como biomasa o termosolar.

4.3. Proyección económica a 10 años, calcular el VPN y TIR.

Actividad 1.

En el caso de las instalaciones eólicas y solares proyectadas en La Guajira, las anteriores afirmaciones pueden complementarse con las cifras previamente obtenidas y analizadas en función del contexto particular de la zona, asumiendo que las proyecciones para los próximos 5 años son plenamente cubiertas. Asimismo, se evalúa la huella de carbono asociada al consumo, que las fuentes renovables llevarían a cero, y cuyo efecto económico puede cuantificarse, Y de este modo par las energías renovables eólicas y solar en esta proyección tenemos en cuenta variaos factores para poder calcular el total KW estimados eólicos, el consumo, la proyección, ahorro y rentabilidad. Ver Anexo D.

En la lista de anexos, el numeral D se coloca el costo promedio de los paneles solares y aerogeneradores, que hace referencia a la pestaña #6 del documento adjunto.

Puede evidenciarse, además de los datos referenciales previamente estudiados, que el beneficio planea en un entorno de máximo consumo, alcanzar casi 3 millones de viviendas, y en el proceso, abordando la cifra de más de 750 millones de dólares estadounidenses correspondiente a los kilogramos de CO₂ equivalente que los medios de generación térmica producen como parte de su impacto ambiental.

Posteriormente, se avala una proyección económica comprensiva, para un ciclo de vida de hasta 25 años útiles, incluyendo los costos operativos anuales según especificado, así como los años que tomaría la instalación para discontinuar a su equivalente en generación por combustibles

fósiles, incluyendo el significativo ahorro que provee al neutralizar la huella de carbono, en concordancia con lo previamente detallado.

Actividad 2.

Las inversiones iniciales, que entre ambas tecnologías pueden alcanzar más de 5.500 millones de dólares, abarcan más de 2000 aerogeneradores para los casi 5500 MW planificados, y más de 6 millones 300 mil paneles solares para los 2349 MW en esta tecnología. Las inversiones anuales, expresadas como proporción de los emplazamientos realizados, ascienden hasta casi 23 millones de dólares al año, abarcando un ciclo de vida para la inversión que se acerca a 6.250 millones de dólares en total; con un ahorro inherente en la reducción de huella de carbono que apenas supera el millardo de dólares.

Asimismo, cabe destacar que la diferencia entre los años que tomaría discontinuar los métodos de generación por combustibles fósiles se corresponden con los valores de los parámetros económicos para el cálculo de valor presente y retorno de la inversión, realizados con un alcance de 15 años a partir del actual, asumiendo que la inversión inicial se hace en un mismo momento, una tasa de inflación anual del 3.5% y los costos ponderados de cobro y subsidio energético provistos por la UPME en sus registros, expresados en dólares estadounidenses. Así, puede estimarse para ambos casos los indicadores económicos clave para la toma de decisiones, el valor presente neto y la tasa interna de retorno.

Resulta evidente la rentabilidad a largo plazo de estas instalaciones, al reflejarse un valor presente que multiplica significativamente las inversiones iniciales, con tasas de retorno de 37% y 17% para las tecnologías eólica y solar, respectivamente, además, sin tener en cuenta desde un

principio, otros beneficios a nivel socioambiental que eventualmente derivan en plusvalías para las partes de la inversión.

De cualquier forma, es indispensable que, en conjunto con la ejecución de lo proyectado para La Guajira, se amplíen en general los esfuerzos de investigación y desarrollo, con la finalidad de modelar un sistema productivo que habilite a Colombia ser el epicentro de las energías alternativas en la región latinoamericana, tal como se desea por parte del Estado; potenciando las habilidades de los profesionales y permitiéndoles ajustar tecnologías, como la eólica en altamar o la solar térmica, a las necesidades de las poblaciones y a las capacidades económicas del país en un futuro cercano.

El cálculo del valor presente neto VPN, se hizo teniendo en cuenta la ecuación 1, donde V_t representa los flujos de caja para cada periodo, I_0 es el desembolso inicial, previamente detallado, n es el número de periodos a considerar, k es el tipo de interés y t el tiempo en años, determinados según el ciclo de vida de las instalaciones.

$$VPN = \sum_{t=25}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0 \quad (\text{Ec.1})$$

Igualmente, la tasa interna de retorno TIR se evaluó según la ecuación 2, que expresa a qué tasa la inversión podrá recuperarse, equiparando en el momento inicial la corriente futura de cobros con la de pagos (es decir, haciendo que el VPN sea igual a cero), de la siguiente manera.

$$VPN = \sum_{t=25}^n \frac{Vt}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \quad (\text{Ec.2})$$

Haciendo uso de herramientas estadísticas, se pudo tomar como base el siguiente set de datos, expresado como una proyección lineal consecuencia de los indicadores anteriormente

establecidos en los apartados de proyección y ahorro, evaluando en 15 años (periodo 2021-2035) la relación de ingresos y retornos con un desembolso total de la inversión en el año corriente, así como un porcentaje de emplazamiento de los equipos que coincide con el tiempo que tomaría reemplazar las fuentes fósiles con renovables dadas las proyecciones actuales según la tabla 4-2.

Tabla 0-2. Proyección de parámetros económicos a 15 años

Parámetros económicos							
Año	Costo kWh	% eólico	Ingresos estimados Eólico	Ingreso estimado por kW Eólico	% solar	Ingresos estimados Solar	Ingreso estimado por kW Solar
2021	\$ 0.078	21.3%	\$ 3,051,610,346.74	\$ 2,612.35	10.9%	\$ 2,136,058,706.54	\$ 8,342.58
2022	\$ 0.081	30%	\$ 580,722,651.67	\$ 353.46	3%	\$ 24,251,129.16	\$ 344.13
2023	\$ 0.084	39%	\$ 781,372,588.10	\$ 365.84	6%	\$ 50,246,531.55	\$ 356.51
2024	\$ 0.086	48%	\$ 995,361,094.10	\$ 378.65	12%	\$ 104,103,708.71	\$ 369.32
2025	\$ 0.090	57%	\$ 1,223,375,990.51	\$ 391.90	24%	\$ 215,681,453.81	\$ 382.57
2026	\$ 0.093	66%	\$ 1,466,136,905.86	\$ 405.62	36%	\$ 335,125,622.23	\$ 396.30
2027	\$ 0.096	75%	\$1,724,396,660.35	\$ 419.83	48%	\$ 462,846,912.25	\$ 410.50
2028	\$ 0.099	84%	\$ 1,998,942,707.74	\$ 434.52	60%	\$ 599,275,134.69	\$ 425.20
2029	\$ 0.103	93%	\$ 2,290,598,637.46	\$ 449.74	72%	\$ 744,860,047.65	\$ 440.41
2030	\$ 0.106	100%	\$ 2,549,240,921.06	\$ 465.48	84%	\$ 900,072,226.29	\$ 456.15
2031	\$ 0.110	100%	\$ 2,638,490,661.71	\$ 481.78	92%	\$ 1,021,012,137.06	\$ 472.45
2032	\$ 0.114	100%	\$ 2,730,864,143.27	\$ 498.65	100%	\$ 1,149,416,890.81	\$ 489.32
2033	\$ 0.118	100%	\$ 2,826,470,696.69	\$ 516.10	100%	\$ 1,190,424,718.60	\$ 506.78
2034	\$ 0.122	100%	\$ 2,925,423,479.48	\$ 534.17	100%	\$ 1,232,867,820.37	\$ 524.84
2035	\$ 0.126	100%	\$ 3,027,839,609.67	\$ 552.87	100%	\$ 1,276,796,430.69	\$ 543.54

\$ 24,707,626,400.94

\$ 7,170,922,057.34

Elaboración propia con información de la UPME (2021)

5. Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

En el tema de la energía renovable, según el séptimo objetivo de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, esta se enmarca en los principios de la universalización y asequibilidad al servicio de energía eléctrica y que hace referencia al concepto de democratización energética, al respecto los sistemas actuales para la generación eléctrica provienen principalmente de los sistemas de generación renovables tales como; eólica, térmica, solar, mareomotriz entre las principales.

En relación con el primer objetivo específico para elaborar una matriz dinámica de revisión en la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) para caracterizar los principales proyectos de generación de energía renovable y alternativa desarrollados en La Guajira, se realizó dicha tabla con la información actualizada según la UPME (2022), mostrando una descripción de reportes de proyección, gestión y generación, enmarcados respectivamente en los programas generales del Ministerio de Minas y Energía del Estado colombiano. Para cada caso, se incluyó la fuente, el tipo de recurso, un breve resumen del mismo, los puntos clave que resaltan la importancia del recurso y los aportes que esto trae sobre el estudio generalizado de las energías renovables o alternativas.

Por su parte, el segundo objetivo específico señaló describir desde el punto de vista técnico que capacidad de generación de energía producen los sistemas renovables existente y proyectados en la Guajira determinando el costo beneficio. Al respecto, si bien los informes particulares de la UPME no detallan (por razones de secreto industrial) los modelos de aerogeneradores y paneles

fotovoltaicos empleados, se pudo estimar por medio de un estudio de mercado ajustado a las características técnicas de la zona donde será implementado. Tomando como base de cálculo la expectativa de instalación de la UPME, se determinó que alrededor de 2000 aerogeneradores serán instalados como parte de los proyectos de renovación energética, los cuales estarían generando 5476 MW, que beneficiarían a 2.036.272 hogares en todo el departamento. De igual manera serán instalados más de 6 millones de paneles solares, que estarían generando 2349 MW, los cuales beneficiarían a 873.404 hogares del departamento. Los modelos instalados serán de alto rendimiento, cada uno con las características adecuadas para el clima del área, que abarca 2 clases de viento y un rango de alta tolerancia y coeficiente de temperatura para el caso del aprovechamiento solar.

Por último, en la proyección económica de los sistemas de energía seleccionados, se indica que es posible vislumbrar la elaboración de matrices de inversión para que empresas nacionales puedan hacer parte en la cadena de abastecimiento de la energía renovable, como proveedor de los sistemas tecnológicos inherentes a la misma, extendiéndose pero no limitado a procesamiento de la materia prima para la producción de módulos fotovoltaicos, motores de generación eólica, cadenas de construcción, ensamblaje o mantenimiento integrado de dichas unidades generadoras y espacios para el análisis multilateral de los sistemas de automatización y control de los mecanismos productivos.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda, a los entes encargados del desarrollo energético en Colombia, masificar la información sobre la sostenibilidad energética, la cual se basa en una estructura en las extensiones de la seguridad del abastecimiento energético, que hace referencia a la gestión eficaz del

abastecimiento de energía primaria desde las fuentes de generación; a la confiabilidad de la infraestructura de la misma, la cual tiene la capacidad para atender la demanda de energía actual y a futuro.

A nivel universitario, se recomienda continuar con el fomento de la investigación sobre esta temática con la finalidad de promover el desarrollo de la sostenibilidad energética en beneficio de la población colombiana.

Se recomienda a la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) como entidad comisionada de la planificación energética, y en comprensión de la dinámica de la transición energética hacia las energías renovables, actuales en el contexto internacional, establecer escenarios de inclusión de nuevas fuentes de aprovechamiento energético en la oferta de generación, para diversificar la matriz energética de Colombia.

Referencias Bibliográficas

- Banco Mundial. (2022). *Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (% del total)*. Obtenido de Agencia Internacional de la Energía:
<https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.COMM.FO.ZS>
- Benavides, J. (2017). *Precios, Inversion Y Economia Politica De La Energia Electrica*. Bogota. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n25/n25a13.pdf>
- Ceupe. (24 de octubre de 2021). *LA ENERGÍA HIDRÁULICA*. Obtenido de Centro europeo de postgrado: <https://www.ceupe.mx/blog/la-energia-hidraulica.html>
- Colino, A., & Caro, R. (2010). *Fuentes Energeticas*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4548648.pdf>
- Colino, A., & Caro, R. (2010). *Fuentes energéticas*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4548648.pdf>
- Crudotransparente. (14 de Marzo de 2021). *Distribución de proyectos de energías renovables no convencionales – subasta 2019 [imagen]*. Obtenido de crudotransparente:
<https://crudotransparente.com/2021/04/14/potencial-de-energias-renovables-en-la-guajira-importancia-y-desafios-de-la-transicion-energetica/>
- Empresas publicas de Medellin. (13 de enero de 2022). *Parque Eólico Jepírachi*. Obtenido de EPM: <https://www.epm.com.co/site/home/nuestra-empresa/nuestras-plantas/energia/parque-eolico>
- Ezequiel, D. (2012). *La Economía de la Energía [Version PDF]*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4348071.pdf>
- García, H., Corredor, A., Calderón, L., & Gómez, M. (octubre de 2013). *Ubicación de proyectos*. Obtenido de fedesarrollo:
https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/331/Repor_Octubre_2013_Garcia_et_al.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- García, H., Corredor, A., Calderón, L., & Gómez, M. (2013). *Análisis costo beneficio de energías renovables*. Obtenido de Fedesarrollo:
https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/331/Repor_Octubre_2013_Garcia_et_al.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Global electricity. (13 de octubre de 2013). *Central de cogeneración mediante biomasa*. Obtenido de Global Electricity:

<https://globalelectricity.wordpress.com/2013/10/17/central-de-cogeneracion-mediante-biomasa/>

Global electricity. (17 de octubre de 2013). *Central eólica*. Obtenido de Global Electricity: <https://globalelectricity.wordpress.com/2013/10/17/central-eolica/>

Global electricity. (17 de octubre de 2013). *Central solar fotovoltaica*. Obtenido de Global Electricity: <https://globalelectricity.wordpress.com/2013/10/17/central-solar-fotovoltaica/>

Global electricity. (17 de octubre de 2013). *Central solar térmica*. Obtenido de Global Electricity: <https://globalelectricity.wordpress.com/2013/10/17/central-solar-termica/>

Global electricity. (7 de octubre de 2013). *Centrales hidroeléctricas*. Obtenido de Global Electricity: <https://globalelectricity.wordpress.com/2013/10/07/centrales-hidroelectricas/>

Grupo visiona. (s.f.). *¿Qué es la biomasa?* Obtenido de Grupo visiona: <http://www.grupovisiona.com/es/biomasa>

Hernández, C. (2010). *Investigación documental*. Obtenido de Metodología de la investigación: <https://ceduna.jimdofree.com/app/download/13872381378/Bernal+Cap%C3%ADtulo+7.pdf?t=1522088201>

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2011). *Energías renovables*. Obtenido de Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables>

La república. (23 de Julio de 2022). *Las iniciativas del Gobierno Nacional tienen una capacidad de 2.502 megavatios, lo cual representa 24.027 megavatios hora/día*. Obtenido de Cristian Acosta Argote: <https://www.larepublica.co/economia/la-guajira-tiene-16-proyectos-de-energia-eolico-con-inversiones-de-us-2-525-millones-3408676#:~:text=Entre%20los%20proyectos%20destacan%20Alpha,la%20incorporaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20renovable>

Lisperguer. (2017). *POLITECNICO GRANCOLOMBIANO*. Obtenido de ENERGÍAS RENOVABLES: <https://journal.poligran.edu.co/index.php/puntodevista/article/view/1120/848>

Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia*. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía: <https://www.minenergia.gov.co/es/micrositios/enlace-legado-transicion-energetica/>

Nuestra esfera. (7 de junio de 2014). *Fuentes de energía: características y funciones*. Obtenido de Nuestra Esfera: <http://nuestraesfera.cl/zoom/fuentes-de-energia-caracteristicas-y-funciones/>

- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J. J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación*. Bogota. Obtenido de https://edicionesdelau.com/wp-content/uploads/2018/09/Anexos-Metodologia_%C3%91aupas_5aEd.pdf
- Pereira, M. (2015). *Las energías renovables ¿es posible hablar de un Derecho Energético Ambiental? Elementos para una discusión*. Obtenido de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/juridicascuc/article/download/532/10/>
- Portafolio. (22 de septiembre de 2009). *Energía eólica crece entre el Cabo de la Vela y Puerto Bolívar, en La Guajira*. Obtenido de portafolio: <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/bancolombia-gano-3-5-billones-en-el-primer-semester-569341>
- Regueiro, R. (2011). *LA Contrubucion De Las Energias Renovables Al Bienestar. Una Leccion Todavia No Aprendida*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/391/39121275011.pdf>
- Ricalde, L., David, C., López-Hernández, Salvador, E., & Peniche, A. (2 de mayo, agosto de 2005). *Horizonte Sanitario*. Obtenido de edalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457845044002>
- Sánchez, K. L. (2022). *Generación distribuida basada en sistemas híbridos caso de estudio: La Guajira, Colombia*. Obtenido de Universida Nacional de Colombia: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjw9YOf18D7AhUcn4QIHcjAdwQFnoECBgQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositoryo.unal.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2Funal%2F81244%2F1015424344.2022.pdf%3Fsequence%3D3%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw1K0>
- Semana. (1 de julio de 2021). *Infraestructura, energía y educación*. Obtenido de Presidencia de la República: <https://www.semana.com/nacion/articulo/infraestructura-energia-y-educacion-los-anuncios-de-ivan-duque-desde-la-guajira/202137/>
- Semana. (21 de junio de 2021). *Llegan a Colombia las primeras turbinas eólicas*. Obtenido de MinMinas: <https://www.semana.com/economia/empresas/articulo/en-fotos-llegan-a-colombia-las-primeras-turbinas-eolicas/202128/>
- Simco;Upme;MME;Dane. (25 de Agosto de 2022). *Proyectos eolicos en la guajira*. Obtenido de El colombiano: <https://www.elcolombiano.com/negocios/petro-les-pondra-menos-impuestos-a-las-renovables-DM18500146>
- Spiegeler, C., & Cifuentes, J. (2019). *Definicion E Informacion De Energias Renovables*. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4455/1/DEFINICION%20E%20INFORMACION%20DE%20ENERGIAS%20RENOVABLES.pdf>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2022). *Registro De Proyectos de Generación Eléctrica*. Obtenido de Sistema De Informacion Electrico Colombiano:
<https://www1.upme.gov.co/Paginas/Registro.aspx>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2022). *Registro De Proyectos de Generación Eléctrica*. Obtenido de Sistema De Informacion Electrico Colombiano:
<https://www1.upme.gov.co/Paginas/Registro.aspx>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2022). *Registro De Proyectos de Generación Eléctrica*. Obtenido de Sistema De Informacion Electrico Colombiano:
http://www.siel.gov.co/Generacion_sz/Inscripcion/2022/Registro_Septiembre_2022.pdf

upme. (abril de 2016). *UPME STR 04-2016 Refuerzo Eléctrico de la Guajira: Cuestecitas - Riohacha - Maicao*. Obtenido de UPME:
<https://www1.upme.gov.co/PromocionSector/InformacionInversionistas/Paginas/UPME-STR-04-2016-Refuerzo-Electrico-Guajira-Cuestecitas-Riohacha-Maicao.aspx>

Anexos

Anexo A. Reportes de proyección, gestión y generación.

Matriz dinámica de revisión en la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) para caracterizar los principales proyectos de generación de energía renovable y alternativa desarrollados en La Guajira

Fuente	Tipo de recurso	Descripción	Puntos clave	Aportes
UPME Convocatorias de Transmisión (2021)	Especificación técnica del proceso de adjudicación STR 04-2016	El proyecto para refuerzo eléctrico de la Guajira incluye procesos de selección para el diseño, adquisición y puesta en marcha de líneas de transmisión y distribución eléctrica en las zonas de la región.	El sector provee información técnica sobre la generación proyectada del sistema, e incluye métodos para la sustentabilidad eléctrica en la región. Incluye la construcción de subestaciones de primera línea. La convocatoria inicial, que data de 2016, fue declarada desierta.	Se puede evidenciar que la planificación para transmisión y distribución va acorde con la generación proyectada, pero mucho menos avanzada que esta última, pudiendo ocasionarle retrasos en un futuro cercano a otros proyectos mayores Existen planes para distribuir más eficientemente la energía en el departamento, pero no han sido ejecutados, por situaciones propias del proceso productivo.
Ministerio de Minas y Energía – Memoria al Congreso (2020)	Informe de rendición de cuentas – Resumen técnico (Suárez, 2020)	La memoria al congreso 06/19-06/20 provista por el Ministerio de Minas y Energía tiene su fundamento en un proceso de "transición energética", expresando el desafío de garantizar equidad en la prestación del servicio eléctrico y el desarrollo sostenible, sin dejar de atender los efectos del cambio climático; por tanto, girando hacia energías más limpias.	Se planifica para el año 2022 pasar de menos de 1% a 12% de participación en energía del sol y del viento para la matriz eléctrica, con una meta de 2.500MW. Un total de 9.349 hogares recibieron por primera vez servicio eléctrico en sectores relativamente alejados, entre ellos, muchos del departamento de La Guajira, por medio de Se espera que el total de inversiones en toda Colombia ascienda a \$7 billones, obteniendo un promedio de contratos en el mercado alrededor de 95 COP/kWh	El plan nacional de desarrollo incluye acciones concretas para la realización de estos proyectos en el corto plazo. Destaca el potencial energético en la región de La Guajira, detallando que la velocidad del viento es el doble del promedio global y la radiación solar un 60% más alto que el promedio Establece facilidades tributarias y en reglamentación para las empresas que proyecten colaborar en estos procesos. En la costa Caribe, se evidencia (Anexo A) la amplia presencia de

Fuente: Elaboración propia con información de la UPME, MME, El Herald, Portafolio.

Anexo B. Proyectos con sistemas de generación de energía renovables

Vigencia	(Todas)	<input type="button" value="v"/>				
Tecnología	(Todas)	<input type="button" value="v"/>				
Capacidad Total MW		Etiquetas de columna	<input type="button" value="v"/>			
Etiquetas de fila	<input type="button" value="v"/>	CARBÓN	FUEL OIL	SOL	VIENTO	Total
<input type="checkbox"/> BARRANCAS					144	144
<input type="checkbox"/> DIBULLA		250	20			270
<input type="checkbox"/> EL MOLINO				349,25		349,25
<input type="checkbox"/> FONSECA					103,2	103,2
<input type="checkbox"/> MAICAO				600	1848,1	2448,1
<input type="checkbox"/> MANAURE					194	194
<input type="checkbox"/> RIOHACHA				455,817	50	505,817
<input type="checkbox"/> SAN JUAN DEL CESAR				843,8		843,8
<input type="checkbox"/> URIBIA				100,15	3137,25	3237,4
Total		250	20	2349,017	5476,55	8095,567

Fuente: Elaboración propia con información de la UPME

Anexo C. Costo promedio de los paneles solares y aerogeneradores

Paneles solares					
% emplazamiento		50%		% mtto./instrum.	
0.5%					
Datos de catálogo				Datos calculados	
Modelo	Cap. (kW)	Costo	Eficiencia base (%)	Base Costo	Costo estimado/kW
Aptos Solar 120 MF26-360W	0.360	\$ 360.00	19.73%	\$ 541.80	\$ 1,505.00
Aptos Solar DNA-120-MF23-330W	0.330	\$ 280.50	19.54%	\$ 422.15	\$ 1,279.25
Canadian Solar CS3W-405PB-AG	0.405	\$ 562.95	18.13%	\$ 847.24	\$ 2,091.95
Jinko Eagle JKM375M_6RL3-B	0.375	\$ 461.25	19.65%	\$ 694.18	\$ 1,851.15
LA SOLAR LS450HC	0.450	\$ 414.00	20.60%	\$ 623.07	\$ 1,384.60
LG NeON R Prime LG365Q1K-V5	0.365	\$ 507.35	21.10%	\$ 763.56	\$ 2,091.95
LG Neon2 LG370N1C-A6	0.370	\$ 403.30	20.40%	\$ 606.97	\$ 1,640.45
LG Neon2 LG380N1K-A6	0.380	\$ 536.50	20.40%	\$ 807.43	\$ 2,124.82
Mission Solar MSE345SX5T	0.345	\$ 355.35	18.70%	\$ 534.80	\$ 1,550.15
Panasonic Evervolt WBS EVPV370	0.370	\$ 458.80	21.20%	\$ 690.49	\$ 1,866.20
Panasonic HIT+ VBHN340SA17	0.340	\$ 438.60	20.30%	\$ 660.09	\$ 1,941.45
Q CELLS Q.PEAK DUO G6-340	0.340	\$ 401.20	19.00%	\$ 603.81	\$ 1,775.90
REC Alpha Black REC365AA	0.365	\$ 401.50	20.90%	\$ 604.26	\$ 1,655.50
REC Alpha Black REC370AA	0.370	\$ 444.00	21.20%	\$ 668.22	\$ 1,806.00
REC Alpha REC375AA	0.375	\$ 453.75	21.40%	\$ 682.89	\$ 1,821.05
Silfab Solar Elite SIL-370	0.370	\$ 418.10	20.80%	\$ 629.24	\$ 1,700.65
Silfab Solar SIL-360NX	0.360	\$ 453.60	19.70%	\$ 682.67	\$ 1,896.30
SolariaPowerXT 400R-PM	0.400	\$ 488.00	20.20%	\$ 734.44	\$ 1,836.10
SunPower E-Series SPR-E20-327	0.327	\$ 555.90	20.10%	\$ 836.63	\$ 2,558.50
SunPower W Residential SPR-A400	0.400	\$ 640.00	21.40%	\$ 963.20	\$ 2,408.00
	0.370		20.22%	\$ 679.86	\$ 1,839.25

Aerogeneradores							
% emplazamiento			80%	% mtto./instrum.			35.0%
Datos de catálogo				Datos calculados			
Modelo	Cap. (kW)	Factor de inducción axial	Costo inicial	Coef. Potencia	Base costo/kW	Costo estimado / Kw	Total estimado
Alstom 122/3000	3000	9.2%	\$ 2,300,000.00	0.30	\$ 766.67	\$ 1,648.33	\$ 4,945,000.00
GE Energy 2.3-116	2300	9.9%	\$ 1,840,000.00	0.32	\$ 800.00	\$ 1,720.00	\$ 3,956,000.00
GE Energy 2.5-116	2500	10.1%	\$ 2,070,000.00	0.33	\$ 828.00	\$ 1,780.20	\$ 4,450,500.00
GE Energy 2.8-127	2800	10.0%	\$ 2,415,000.00	0.32	\$ 862.50	\$ 1,854.38	\$ 5,192,250.00
GE Energy 2.8-132	2800	9.8%	\$ 2,300,000.00	0.32	\$ 821.43	\$ 1,766.07	\$ 4,945,000.00
GE Energy 3.6-137	3600	9.7%	\$ 2,875,000.00	0.32	\$ 798.61	\$ 1,717.01	\$ 6,181,250.00
Siemens-Gamesa SG 2.1-114	2100	9.9%	\$ 1,610,000.00	0.32	\$ 766.67	\$ 1,648.33	\$ 3,461,500.00
Siemens-Gamesa SG 2.2-122	2200	9.9%	\$ 1,702,000.00	0.32	\$ 773.64	\$ 1,663.32	\$ 3,659,300.00
Siemens-Gamesa SG 2.6-114	2600	10.0%	\$ 1,955,000.00	0.32	\$ 751.92	\$ 1,616.63	\$ 4,203,250.00
Siemens-Gamesa SG 3.4-132	3400	10.5%	\$ 2,702,500.00	0.34	\$ 794.85	\$ 1,708.93	\$ 5,810,375.00
Siemens-Gamesa SG 3.4-145	3400	10.2%	\$ 2,645,000.00	0.33	\$ 777.94	\$ 1,672.57	\$ 5,686,750.00
STX Windpower STX72	2000	9.8%	\$ 1,495,000.00	0.32	\$ 747.50	\$ 1,607.13	\$ 3,214,250.00
STX Windpower STX88	2000	9.9%	\$ 1,472,000.00	0.32	\$ 736.00	\$ 1,582.40	\$ 3,164,800.00
Vestas V100/2000	2000	9.5%	\$ 1,552,500.00	0.31	\$ 776.25	\$ 1,668.94	\$ 3,337,875.00
Vestas V105/3450	3450	9.8%	\$ 2,656,500.00	0.32	\$ 770.00	\$ 1,655.50	\$ 5,711,475.00
Vestas V110/2000	2000	9.5%	\$ 1,472,000.00	0.31	\$ 736.00	\$ 1,582.40	\$ 3,164,800.00
Vestas V117/4000	4000	9.6%	\$ 3,162,500.00	0.31	\$ 790.63	\$ 1,699.84	\$ 6,799,375.00
Vestas V90/2000	2000	9.8%	\$ 1,610,000.00	0.32	\$ 805.00	\$ 1,730.75	\$ 3,461,500.00
WEG AGW 110/2.2	2200	9.4%	\$ 1,667,500.00	0.31	\$ 757.95	\$ 1,629.60	\$ 3,585,125.00
WEG AGW 147/4.2	4200	9.7%	\$ 3,450,000.00	0.32	\$ 821.43	\$ 1,766.07	\$ 7,417,500.00
	2727.5		\$ 2,147,625.00	0.32	\$ 784.15	\$ 1,685.92	\$ 4,617,393.75

Fuente: Elaboración propia con información de la UPME (2021)

Anexo D. Proyecciones Económicas

Total kW estimados Eólicos		5476550		Total kW estimados Solares		2349017	
Capacidad promedio de la unidad (kW)		2727,50		Capacidad promedio de la unidad (kW)		0,370	
Costo inicial promedio de la unidad		\$ 2.147.625,00		Costo inicial promedio de la unidad		\$ 700,19	
% de emplazamiento por unidad		80%		% de emplazamiento por unidad		50%	
% de mto. e instrum. anual por unidad		35%		% de mto. e instrum. anual por unidad		0,5%	
Consumo				Consumo			
Promedio anual de consumo (kWh)		11780		Promedio anual de consumo (kWh)		11780	
Huella de carbono actual (kg CO2 eq)		4838		Huella de carbono actual (kg CO2 eq)		4838	
Costo por kg CO2 eq		\$ 0,06		Costo por kg CO2 eq		\$ 0,06	
Número de hogares beneficiados		2036272		Número de hogares beneficiados		873404	
Total anual por kg CO2 eq		\$ 551.683.211,73		Total anual por kg CO2 eq		\$ 236.629.491,74	
Proyección				Proyección			
Estimado de unidades emplazadas		2008		Estimado de unidades emplazadas		6351270	
Estimado de inversión inicial		\$ 3.450.696.468,75		Estimado de inversión inicial		\$ 2.223.533.186,84	
Estimado de inversión anual		\$ 751.668,75		Estimado de inversión anual		\$ 22.235.331,83	
Años útiles		25		Años útiles		25	
Total ciclo de vida equipos		\$ 3.469.488.187,50		Total ciclo de vida equipos		\$ 2.779.416.482,67	
Ahorro				Ahorro			
Años para discontinuar generación fósil		8		Años para discontinuar generación fósil		12	
Total ahorro en huella de carbono		\$ 943.977.506,35		Total ahorro en huella de carbono		\$ 60.137.418,17	
Rentabilidad				Rentabilidad			
Tasa de inflación		3,5%		Tasa de inflación		3,5%	
Costo al consumidor kWh		\$ 0,078		Costo al consumidor kWh		\$ 0,078	
Valor presente neto		\$ 16.974.581.346,43		Valor presente neto		\$ 4.360.425.588,58	
Tasa interna de retorno		37%		Tasa interna de retorno		17%	

Parametros economicos							
Año	Costo kWh	%eólico	Ingresos estimados	Ingreso	%solar	Ingresos estimados	Ingreso
2021	\$ 0,078	21,3%	\$ (3.051.610.346,74)	\$ (2.612,35)	10,9%	\$ (2.136.058.706,54)	\$ (8.342,58)
2022	\$ 0,081	30%	\$ 580.722.651,67	\$ 353,46	3%	\$ 24.251.129,16	\$ 344,13
2023	\$ 0,084	39%	\$ 781.372.588,10	\$ 365,84	6%	\$ 50.246.531,55	\$ 356,51
2024	\$ 0,086	48%	\$ 995.361.094,10	\$ 378,65	12%	\$ 104.103.708,71	\$ 369,32
2025	\$ 0,090	57%	\$ 1.223.375.990,51	\$ 391,90	24%	\$ 215.681.453,81	\$ 382,57
2026	\$ 0,093	66%	\$ 1.466.136.905,86	\$ 405,62	36%	\$ 335.125.622,23	\$ 396,30
2027	\$ 0,096	75%	\$ 1.724.396.660,35	\$ 419,83	48%	\$ 462.846.912,25	\$ 410,50
2028	\$ 0,099	84%	\$ 1.998.942.707,74	\$ 434,52	60%	\$ 599.275.134,69	\$ 425,20
2029	\$ 0,103	93%	\$ 2.290.598.637,46	\$ 449,74	72%	\$ 744.860.047,65	\$ 440,41
2030	\$ 0,106	100%	\$ 2.549.240.921,06	\$ 465,48	84%	\$ 900.072.226,29	\$ 456,15
2031	\$ 0,110	100%	\$ 2.638.490.661,71	\$ 481,78	92%	\$ 1.021.012.137,06	\$ 472,45
2032	\$ 0,114	100%	\$ 2.730.864.143,27	\$ 498,65	100%	\$ 1.149.416.890,81	\$ 489,32
2033	\$ 0,118	100%	\$ 2.826.470.696,69	\$ 516,10	100%	\$ 1.190.424.718,60	\$ 506,78
2034	\$ 0,122	100%	\$ 2.925.423.479,48	\$ 534,17	100%	\$ 1.232.867.820,37	\$ 524,84
2035	\$ 0,126	100%	\$ 3.027.839.609,67	\$ 552,87	100%	\$ 1.276.796.430,69	\$ 543,54
			\$ 24.707.626.400,94			\$ 7.170.922.057,34	

Fuente: Elaboración propia con información de la UPME

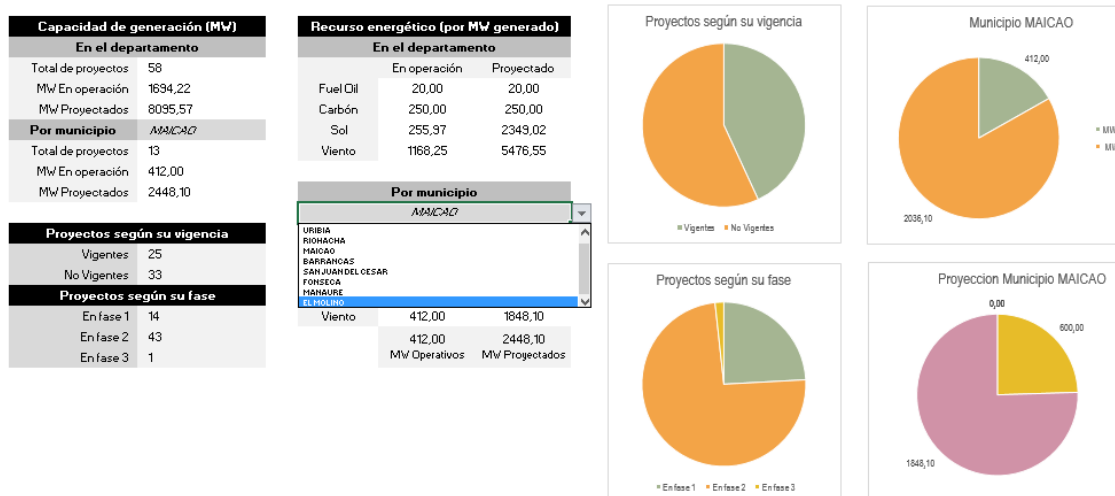
Anexo E. Número de proyectos vigentes por municipio

Registros de proyectos UPME, junio 2021



Fuente: Tomada de (Unidad de Planeación Minero Energética, 2022)

Anexo F. Proyectos de generación de energías renovables y alternativas en La Guajira



Fuente: Elaboración propia con información de la UPME

Anexo G. Desembarco de equipos



Fuente: Tomada de (Semana, 2021)