

Monografía sobre la implementación de energías alternativas en Puerto Carreño, Vichada

Elías Pérez Naranjo

Código 18256626

Flor Marina Agudelo Rojas

Código 40436413

Directora del trabajo de grado

Elva Nelly Rojas Araque

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios (ECACEN)

Puerto Carreño, Colombia

2017

Resumen

El uso de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural ha sido de gran ayuda para el desarrollo industrial, crecimiento económico y avance tecnológico en la sociedad humana durante los últimos siglos; sin embargo, ha causado daños al medio ambiente que pueden tener graves consecuencias en nuestro planeta. Es por esta razón que se ha vuelto necesaria la implementación de fuentes de energía renovables y alternativas, que sean más limpias y sostenibles: energía eólica, solar, biomasa, hidráulica, de los océanos y geotérmica.

Puerto Carreño, capital del departamento de Vichada, Colombia, es un municipio fronterizo con grandes recursos naturales. Sus condiciones geográficas hacen que la implementación de energías renovables, como la solar, eólica o biomasa, sean viables y efectivas. Es por esto que algunas organizaciones actualmente estén desarrollando proyectos que ponen al municipio en la delantera de la producción energética limpia en Colombia. Analizaremos las diferentes clases de energías renovables, además de las condiciones del municipio y de los proyectos actuales, para dar cuenta de la situación y los siguientes pasos en la implementación de las energías alternativas en Puerto Carreño.

Palabras clave: energía eléctrica, energía alternativa, energía convencional, impactos ambientales, Puerto Carreño

Abstract

The use of fossil fuels such as coal, oil and natural gas has been of great help for industrial development, economic growth and technological advancement in human society during the last centuries; However, has caused damage to the environment that can have serious consequences on our planet. It is for this reason that the implementation of renewable and alternative energy sources, which are cleaner and more sustainable, have become necessary: wind, solar, biomass, hydraulic, ocean and geothermal energy.

Puerto Carreño, capital of the department of Vichada, Colombia, is a border town with great natural resources. Its geographical conditions make the implementation of renewable energies, such as solar, wind or biomass, feasible and effective. That is why some organizations are currently developing projects that put the municipality at the forefront of clean energy production in Colombia. We will analyze the different types of renewable energies, as well as the conditions of the municipality and current projects, to account for the situation and the next steps in the implementation of alternative energies in Puerto Carreño.

Key words: Electric power, Alternative Power, Conventional Power, Environmental Impacts, Puerto Carreño.

Introducción

La energía es una herramienta esencial para la humanidad y el desarrollo de la civilización actual. Desde muchos siglos atrás, el hombre se ha valido de distintas opciones para generar energía y usarla para su provecho: del viento, el sol, los cultivos o los desechos. Finalmente, es esencial para la existencia de la vida; animales, plantas y humanos la necesitan, en sus niveles más elementales, para su supervivencia.

Ahora, la producción de energía para usos industriales no ha sido constante durante toda la historia de la humanidad. De usos más artesanales siglos atrás ha pasado a los niveles actuales; el descubrimiento de nuevas fuentes de energía y los avances tecnológicos de la era industrial transformaron radicalmente nuestras sociedades y el uso y generación de energía en ellas, proveniente de fuentes antes inexploradas: los combustibles fósiles como el carbón o el petróleo.

Después de la revolución industrial, las principales fuentes de energía han sido el carbón, el petróleo y el gas natural, que surgen a partir de la descomposición de materia vegetal o animal.

Podemos decir que la sociedad moderna no se habría desarrollado sin estos combustibles con alta densidad de energía; sin embargo, también es necesario reconocer que su uso ha causado graves alteraciones al medio ambiente durante los últimos dos o tres siglos. El calentamiento global es ahora una de las consecuencias que enfrentamos por el exceso de gases contaminantes emitidos por la combustión de este tipo de recursos fósiles: dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, emisiones de mercurio, entre muchos otros contaminantes que afectan negativamente al bioma terrestre.

Se hace necesario, entonces, replantear las fuentes de energía actuales y cómo están afectando al planeta. Es un consenso mundial, entre expertos ambientales, dirigentes políticos y líderes mundiales, que debemos disminuir la emisión de gases contaminantes (o gases de efecto

invernadero) para detener el aumento de la temperatura global, que tendría consecuencias catastróficas para todos.

Es en este punto en el que surgen las energías alternativas como una solución para lograr una producción de energía más limpia y sustentable. Los combustibles fósiles no han sido la única opción; en siglos anteriores se han usado otras fuentes de energía. En el transporte, por ejemplo, se utilizaron fuentes energéticas inagotables, como la navegación a vela, que emplea la energía eólica de una manera práctica y sencilla para impulsar los navíos. Los molinos de viento siguieron este concepto de usar la energía del viento y, además, con los molinos de agua se asentaron las primeras bases de la energía hídrica. También está el diseño de los edificios para aprovechar al máximo la energía solar durante el día y el desarrollo de la biomasa y la geotermia por comunidades primitivas desde épocas remotas, como poder de sanación, para usos domésticos, entre otros.

Si bien por muchos años estas energías no se utilizaron por no tener el mismo grado de eficiencia, gracias a los avances tecnológicos actuales, el uso de energías renovables no es solo una alternativa, sino un proyecto viable, que brinda un presente productivo y que apunta a un mejor futuro, con una fuente inagotable de recursos.

Es en este punto en el que se aborda el objeto de estudio de esta monografía: la implementación de energías alternativas para el municipio de Puerto Carreño, departamento del Vichada. Nuestro propósito es realizar un análisis de las posibilidades del municipio frente al uso de energías que permita un futuro sostenible y amigable con el medio ambiente y brinde soluciones óptimas y eficientes a sus sistemas de generación eléctrica.

Las condiciones del municipio hacen, además de viable, necesaria la implementación de este tipo de tecnología. La actual situación fronteriza que viven Colombia y Venezuela hace

necesario que Puerto Carreño cuente con su propio sistema que brinde autonomía al municipio y a la región en la generación de energía eléctrica.

Asimismo, debido a las condiciones geográficas de Puerto Carreño, y por su gran riqueza natural, es necesario que las fuentes de energías alternativas sean amigables con el medio ambiente y generen un impacto económico y social positivo en el municipio. Además, se presentan difíciles condiciones de acceso y comunicación y, principalmente, las redes del Sistema Interconectado Nacional están distantes —por lo que las posibilidades de pertenecer a este se ven remotas— y se depende de la interconexión con Venezuela, lo que actualmente genera altos costos del servicio de energía.

Desde ahora es posible evidenciar en Puerto Carreño el papel y avance que ha jugado la implementación de energías alternativas como fuente de suministro de energía de toda la población. Existe el Centro de Investigación de Energías Renovables (CINER), que nació como resultado de una política departamental y apoyada por el Gobierno Nacional; el sistema de paneles solares que abastece la sede del SENA, Regional Vichada, y el proyecto de compra de energía de un sistema híbrido que adelanta la Empresa de Energía Eléctrica del Departamento del Vichada y busca suministrar más de 3 megavatios entre sistema convencional y biomasa para los usuarios de Puerto Carreño.

Es la intención de esta investigación, entonces, recopilar la información existente sobre la implementación de estos proyectos en la capital de Vichada y analizar la bibliografía sobre el uso de fuentes de energía alternativa nacional e internacionalmente. De esta forma, se podrá encontrar la solución más efectiva y viable para el municipio.

Contenido

Introducción.....	4
Planteamiento del problema de investigación.....	11
1.1. Definición del problema	12
1.2. Formulación del problema	13
2. Objetivos.....	14
2.1. Objetivo general.....	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
3. Justificación e importancia.....	15
4. Marco teórico.....	16
4.1. Reseña histórica	16
4.1.1. Fuentes convencionales.	20
4.1.2. Fuentes renovables.....	22
4.2. Bases legales	23
4.2.1. Generación de energía en Colombia.....	23
4.3. Marco legal colombiano	25
4.3.1 Constitución Política de Colombia 1991.	26
4.3.2 Ministerio de Minas y Energía.....	26
4.3.3 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo.....	27
4.3.4 Ministerio de Hacienda y Crédito Público.....	27
4.4. Bases teóricas	30
4.4.1. Clasificación de las fuentes de energía según su origen.....	31

4.4.2. Formas de transformación de diferentes tipos de energía eléctrica.	31
4.4.3. Energías renovables.	32
4.4.4. Energías no renovables.	33
4.4.5. Energía renovable fuente inagotable.....	34
5. Energías renovables.....	36
5.1 Energía solar	36
5.1.1 Introducción.	36
5.1.2. Energía solar fotovoltaica.	37
5.1.3 Energía solar térmica.	38
5.1.4 Energía solar pasiva.	38
5.1.5 Ventajas.	38
5.1.6 Desventajas.	39
5.1.7 Ventajas medioambientales.	39
5.1.8 Ventajas estratégicas.	39
5.1.9 Ventajas socioeconómicas.	40
5.2 Energía eólica.....	40
5.2.1 Introducción.	40
5.2.2 Funcionamiento.	40
5.2.3 Ventajas.	41
5.2.4 Desventajas.	41
5.2.5 Ventajas medioambientales.	41
5.2.6 Ventajas sociales y económicas.	41
5.3 Energía hidráulica.....	42

5.3.1	Introduccion.....	42
5.3.2	Transformación.....	42
5.3.3	Ventajas.....	43
5.3.4	Desventajas.....	44
5.3.5	Ventajas ambientales.....	44
5.3.6	Ventajas económicas.....	44
5.4	Energía de la biomasa	44
5.4.1	Introducción.....	45
5.4.3	Digestión anaerobia.....	49
5.4.4	Procesos de conversión de la biomasa en energía.....	50
5.4.5	Funcionamiento.....	53
5.4.6	Ventajas.....	56
5.4.7	Desventajas.....	57
5.5.	Energía de los océanos.....	58
5.5.1	Introducción.....	58
5.5.2	Transformación.....	59
5.5.3	Mecanismos y funcionamiento.....	59
5.5.4	Ventajas.....	61
5.5.5	Desventajas.....	61
5.6	Energía geotérmica.....	62
5.6.1	Introducción.....	62
5.6.2	Aplicaciones y tipos de energía geotérmica.....	63
5.6.3	Generación de electricidad.....	64

5.6.4. Ventajas.	66
6. Experiencias exitosas en energías alternativas en Puerto Carreño	67
6.1 Sena Regional Vichada “Centro de Producción y Transformación Agroindustrial de la Orinoquia”	67
6.2 El CINER.....	71
6.3 Electrovichada S.A E.S.P.	74
Aspectos metodológicos.....	76
Conclusiones.....	78
Opinión personal	80
Bibliografía.....	81

Lista de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1. Formas de transformación de los diferentes tipos de energía eléctrica	31
Tabla 2. Energías renovables	32
Tabla 3. Energías no renovables	33
Tabla 4. Componentes de un sistema solar fotovoltaico.....	69

Figuras

Figura 1. Mapa de Colombia ZI y ZNI	25
Figura 2. Clasificación fuentes de energía según su origen.....	31
Figura 3. Energía Solar	37
Figura 4. Procesos térmicos de conversión de biomasa en energía	50
Figura 5. Diagrama gasificación y sus productos	52
Figura 6. Diagrama pirólisis y sus productos.....	54
Figura 7. Diagrama de procesos anaeróbicos	55
Figura 8. Mapa de irradiación solar en Colombia.....	72
Figura 9. Plano y maqueta de la distribución del CINER.....	73
Figura 10. Capacidad instalada propuesta	75

Planteamiento del problema de investigación

1.1. Definición del problema

Colombia, como el resto de países del mundo, tradicionalmente ha implementado la utilización de combustible fósiles para la generación de energía para aprovechamiento industrial, comercial y doméstico. Estos han generado un gran deterioro ambiental, ecológico y, además, se estima que en mediano plazo se agoten.

Como consecuencia, la búsqueda de nuevas energía alternativas nos brindaría opciones de sustituir la demanda de combustibles fósiles y crear energías limpias y ecológicas de calidad. Podemos encontrar diferentes energías alternativas: solar, hidráulica, eólica, biomasa, mareomotriz y geotérmica, con distintos principios de funcionamiento. La energía solar fotovoltaica transforma la energía solar en electricidad; la solar térmica transforma la energía solar para calentar agua y a partir de ahí generar electricidad; la hidráulica transforma en electricidad la alta presión del agua que se genera en la tuberías; la eólica transforma la energía del viento en electricidad; la biomasa transforma la energía de la descomposición de la materia orgánica en electricidad; la mareomotriz transforma la energía del mar en electricidad, aprovechando las olas, las corrientes marinas o las mareas, y la geotérmica transforma la energía calorífica de la tierra en electricidad. De igual forma, se están implementando otras, como biocombustibles, que consisten en el uso de combustibles de origen vegetal.

1.2. Formulación del problema

¿Qué aportes puede hacer el estudio de las energías alternativas para que estas sean implementadas como políticas estatales y los inversionistas y empresas investigadoras las usen para desarrollar proyectos, y así definir los parámetros y lineamientos en su uso, financiación y sostenibilidad?

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Investigar las diferentes clases de energías alternativas y describir aquellas que se están implementando en Puerto Carreño.

2.2. Objetivos específicos

- ❖ Conocer las formas de producción de las energías alternativas: eólica, solar, geotérmica, hidráulica, mareomotriz, biomasa, entre otras.
- ❖ Identificar, de acuerdo con las energías alternativas, cuáles son las más viables para desarrollar en Puerto Carreño.
- ❖ Conocer los sistemas de energías alternativas que se están implementando en Puerto Carreño.
- ❖ Identificar los usos y aplicaciones de las energías alternativas en Puerto Carreño.

3. Justificación e importancia

Las energías alternativas han sido objeto de estudios y llevadas a la aplicación y práctica por países desarrollados. Los resultados han sido positivos en el ámbito ambiental y económico, por lo que se estudian nuevas técnicas para su eficiencia. Es esta la razón por la que se estudiarán, evaluarán y analizarán para que sean desarrolladas en Colombia, principalmente en el municipio de Puerto Carreño. De esta forma se podrá ofrecer eficiencia al sector energético y sustituir las fuentes de energías convencionales contaminantes por tecnologías limpias para, de esta manera, mitigar el impacto ambiental al que se han expuesto algunos ecosistemas estratégicos del país.

Puerto Carreño es la capital del departamento del Vichada, tiene aproximadamente 25000 habitantes y 4700 usuarios del servicio de energía eléctrica, por lo que es un municipio relativamente nuevo y con escasa población. Estas características nos hacen enfocar el objeto de estudio hacia la implementación de energías alternativas desde la actualidad, vislumbrando un crecimiento de demanda de los servicios y la población.

4. Marco teórico

En el marco teórico de esta investigación se definen conceptos y se sustenta la investigación mediante la reseña histórica y los fundamentos, experiencias y aplicaciones de las energías alternativas en diferentes partes del mundo.

4.1. Reseña histórica

Las energías alternativas han sido históricamente las primeras y más ampliamente utilizadas, por lo menos hasta la revolución industrial. Algunos ejemplos son la energía eólica, que fue usada por los egipcios para la navegación o la desecación de los terrenos; la energía hidráulica, usada por los romanos en sus molinos de cereales y sus fraguas, y la biomasa, que se usó en forma de leñas para uso doméstico, y todavía presenta un uso universal.

A partir de la revolución industrial, las energías alternativas perdieron importancia paulatinamente debido a la aparición de energías de mayor concentración, obtenidas a partir de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y, posteriormente, la energía nuclear. Actualmente, debido al agotamiento de los recursos fósiles, el aumento de nuestra dependencia con el exterior (se consume más de lo que se produce y el consumo no se detiene) y las amenazas que se ciernen sobre el medio ambiente, debemos preparar un mejor futuro para nuestro abastecimiento energético y reducir la dependencia, creada desde la revolución industrial, de los combustibles fósiles.

Esto quiere decir que la producción de energía en el futuro, además de considerar las distintas tecnologías energéticas con sus posibilidades y limitaciones, se enfrentará con desafíos

mayores. Más allá de las dificultades técnicas o científicas, estos desafíos se mueven en la esfera política y se basan en planteamientos éticos sobre el desarrollo económico de la sociedad en general. Incluso antes del agotamiento de las materias primas fósiles, el aumento de los conflictos económicos por recursos convencionales en declive parece inevitable, debido a la convergencia de dos curvas antagónicas: la disponibilidad decreciente de energías fósiles y el aumento en el consumo (sobre todo en aquellos países con una economía pujante).

A lo largo de esta tesina intentaremos demostrar que la revitalización de las energías renovables es un punto básico para conseguir frenar nuestra dependencia respecto a los combustibles fósiles. Para alcanzar una planificación energética adecuada para nuestro futuro, no está de más realizar una pequeña aproximación a los diferentes modelos energéticos que se han dado a lo largo de la historia para identificar los errores que no debemos seguir cometiendo y orientar nuestros pasos en la mejor de las direcciones.

Inicialmente, el modelo de explotación de recursos energéticos se basó en combustibles baratos y abundantes. El espectacular desarrollo industrial que se alcanzó entre los años 1945 y 1973 fue posible porque se dispuso de energía barata y abundante: el petróleo en primer lugar y después el resto de combustibles fósiles. Este sistema entró en crisis repetidamente (años 1973, 1974 y 1979) debido a las crisis del petróleo, lo que activó la voz de alarma, por primera vez, sobre el agotamiento de los recursos energéticos del planeta.

Mundialmente, la investigación sobre energías renovables se centra en tres tipos: renovables solar, biocombustibles y eólica. En Iberoamérica, la investigación en biocombustibles presenta un crecimiento muy acelerado, superior al de la energía solar, y la energía eólica presenta altibajos significativos, aunque tiene un crecimiento marcado desde el año 2007.

España presenta un mayor desarrollo en la investigación de energía solar: el 47 % de su producción en energía renovable. Brasil, por otro lado, centra su investigación en los biocombustibles, el 37 % (Hascicc, Medhia & Popp, 2011).

El desarrollo de formas alternativas de los combustibles fósiles para la producción de energía se ha convertido en un tema central en las agendas de gran parte de países del mundo.

La provisión limitada de combustibles fósiles y su impacto negativo en el medio ambiente están entre las principales causas de este esfuerzo. Sin embargo, las tecnologías disponibles hoy en día en materia de fuentes de energía renovable resultan de un costo mayor al de los combustibles fósiles. En el caso de la energía fotovoltaica los costos de producción son generalmente mayores a los que pagan los consumidores finales de energía producida mediante combustible fósil (Popp et al., 2011).

Por razones de costos, el uso de energías renovables ocupa hoy una pequeña porción del perfil energético global: alrededor del 18 % de la energía eléctrica proviene de fuentes renovables, aunque la mayoría se trata de centrales hidroeléctricas. Estas son tecnologías maduras con poco chance de desarrollo, mientras que las tecnologías como la energía solar, eólica o geotérmica alcanzan el 2 % de ese total (IEA, 2008).

Es de resaltar que actualmente se presenta una caída progresiva en los costos de producción de energías renovables gracias, por ejemplo, al desarrollo de materiales más livianos en turbinas eólicas o al diseño de celdas fotovoltaicas más eficientes. Estos costos llegan a ser entre 5 y 10 veces menores a los que se registraban en los años 80 (Johnstone, Hascic & Popp, 2008).

Según los datos de la Agencia Internacional de Energía, las energías renovables ascienden casi al 29 % del suministro total de la energía primaria en los países de América Latina, cifra

relativamente alta en comparación con la cuota de 5.7 % de energía renovable de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (Canseco, 2010, p. 4).

En América Latina predomina la hidroeléctrica, con el 62 % de la cuota total de energías renovables, que llega a elevarse hasta el 90 % en países como Brasil y Paraguay. Sin embargo, además de provocar cierta inseguridad en el suministro eléctrico, las centrales hidroeléctricas han causado daños medioambientales en algunos lugares, como la selva amazónica (Canseco, 2010, p. 4).

Asimismo, además del espacio para la energía del agua y los biocombustibles (que representan un 36 % del total de energías renovables), los países de la región tienen un gran potencial en el desarrollo de energías limpias; están expuestos a unos fuertes y constantes vientos que pueden ser aprovechados para generación de energía eólica. Por ejemplo, se calcula que Brasil podría llegar a los 140.000 MW de energía del viento, seguido de México, con 40.000 MW, y Colombia, con 20.000 MW (Canseco, 2010, p. 4).

Además del establecimiento de las energías renovables por parte de los gobiernos de cada país, en el marco del cambio climático, la ONU estableció una serie de mecanismos que ayudarían a reducir los niveles de las emisiones de gases contaminantes a los países más industrializados y mejorarían las condiciones sociales de algunos países: los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). Los tipos de tecnología que predominan en los proyectos MDL en América Latina son la producción de energía eléctrica a través de centrales hidroeléctricas, así como con biomasa y la captura de gas metano proveniente de vertederos (Canseco, 2010, p. 9).

En Colombia, uno de los lugares para desarrollar los MDL, la empresa Emcali diseñó un proyecto denominado “Desplazamiento de la electricidad de la red eléctrica nacional por la autogeneración de energía renovable en la planta de tratamiento de aguas residuales

Cañaveralejo”. Su importancia radica en que es el primer proyecto en generación de electricidad en una planta de tratamiento de aguas residuales y permite la autogeneración de energía eléctrica para el consumo interno de la planta mediante el aprovechamiento de biogás (Canseco, 2010, p. 11).

Cabe precisar que en toda América Latina y el Caribe pueden encontrarse abundantes recursos renovables —incluidas la energía solar, eólica, geotérmica, hídrica y de biomasa—, que brindan a varios países la posibilidad de utilizar recursos naturales propios en la producción de electricidad limpia. De hecho, las tecnologías de energías alternativas pueden ayudar a satisfacer el creciente aumento de la demanda de electricidad en toda la región, tanto en redes energéticas como en sistemas aislados. Si a esto se le suma la implementación de las mejoras de eficiencia energética, se pueden alcanzar importantes reducciones en el uso de combustibles fósiles.

Colombia tiene un gran potencial en la generación de este tipo de energías por su posición geográfica y ya está trabajando en esto.

4.1.1. Fuentes convencionales.

A finales del siglo XIX, cuando empezó el desarrollo y la masificación de la generación de electricidad, las primeras plantas desarrolladas fueron hidroeléctricas y térmicas a carbón. Si bien por esta misma época hubo desarrollos de generadores eólicos o utilización de biomasa, finalmente la batalla tecnológica la ganó lo que hoy conocemos como fuentes convencionales de energía, que son principalmente la energía hidroeléctrica y la utilización de combustibles fósiles mediante procesos térmicos, es decir la generación termoeléctrica a partir de carbón, gas natural o derivados del petróleo.

Durante aproximadamente un siglo, estas fueron las únicas fuentes de generación de electricidad hasta que, hacia 1970, se desarrolla el uso masivo de energía nuclear. Esta utiliza el mismo principio de la generación térmica tradicional, pero cambia el combustible fósil por nuclear.

Estas fuentes de generación de energía tuvieron grandes avances científicos y tecnológicos, por lo que fue posible pasar de centrales de unos pocos megavatios (MW) a grandes centrales de cientos y hasta miles MW. Además, aunque inicialmente estas plantas eran descentralizadas, es decir solo alimentaban a las cargas cercanas, con los avances tecnológicos que posibilitaron la transmisión y distribución de energía en grandes cantidades y a grandes distancias, fue posible tener centrales mucho más grandes y alejadas de los usuarios, conectadas a sistemas complejos de redes de interconexión (UPME, 2012).

Cuando se habla de fuentes convencionales de energía, es común asociarlas a recursos no renovables. Esto es verdad para los combustibles fósiles y el uranio empleado en la energía nuclear: son recursos naturales que tomaron miles de años en formarse y que son finitos, por lo que no pueden regenerarse en un tiempo racional, respecto a la tasa de uso de la humanidad.

La generación hidroeléctrica es considerada una fuente convencional, dado su desarrollo de más de 100 años y su participación como fuente de generación eléctrica en el mundo; sin embargo, como el agua es un recurso renovable (ya que se su regeneración mediante el ciclo del agua es más rápido que el uso del recurso), no hay un consenso sobre si la generación eléctrica a partir de agua es renovable o no. En este punto es importante considerar que el agua es un recurso vital y el crecimiento de la población y la necesidad de abastecimiento de agua potable han ocasionado una alta demanda y la han vuelto un recurso limitado, que no está disponible en todo el planeta.

Es por esto que, cuando se trata el tema de generación eléctrica a partir del agua se hace mucho énfasis en la capacidad de las instalaciones, considerando que las grandes centrales hidroeléctricas generan mayores impactos en el medio ambiente (UPME, 2012).

4.1.2. Fuentes renovables.

Las fuentes renovables son aquellas fuentes primarias inagotables o con capacidad de regeneración en un tiempo inferior al de su uso. En general, todas las fuentes provenientes directa o indirectamente del sol son consideradas renovables. Adicionalmente, se clasifican como fuentes renovables el calor proveniente de la tierra y las mareas ocasionadas por la atracción gravitacional entre la Tierra y la Luna.

Algunos de los principales inconvenientes de la explotación a gran escala de las energías renovables, o en cantidades suficientes para desplazar las energías convencionales, radican en que su disponibilidad está sujeta a la geografía: recursos como el viento, el agua o el sol tienen altos potenciales de explotación en sitios específicos. Existe, además, una gran variabilidad en el recurso, esto es particularmente cierto para la energía eólica, solar e hidráulica sin embalse, cuya capacidad de generación está asociada directamente a la disponibilidad del recurso y este puede presentar grandes variaciones de una hora a otra o entre el día y la noche. Otra barrera es la dificultad o imposibilidad en el transporte; a diferencia de los combustibles fósiles, estos recursos deben ser utilizados y transformados en electricidad en el punto donde existen y solo así pueden ser transportados (UPME, 2012).

Por estas razones, en los actuales sistemas de generación eléctrica, con grandes plantas de generación asociadas a sistemas centralizados con picos de consumo muy altos, no es fácil lograr una alta participación de energía renovable. Si a esto se le suma el hecho de que algunas

de las tecnologías renovables siguen teniendo costos de inversión altos y que muchos de los sistemas eléctricos funcionan en mercados competitivos, esta penetración será mucho más lenta, sobre todo si no se empiezan a tener cada vez más en cuenta las externalidades para la determinación real de los costos, ya que es precisamente en este aspecto en el que las energías renovables pueden tener una ventaja competitiva frente a los combustibles fósiles (UPME, 2012).

4.2. Bases legales

4.2.1. Generación de energía en Colombia.

Colombia posee una ubicación privilegiada que le permite la explotación de recursos hídricos para la generación de electricidad. Desde los comienzos de la producción de electricidad en el país se aprovechó la abundante presencia de cuencas hídricas y el pronunciado relieve del país, condiciones ideales para el aprovechamiento de este recurso. Es debido a esta condición que la matriz eléctrica colombiana presenta una composición totalmente diferente a la mundial, en la cual predomina la generación a partir de combustibles fósiles. En el caso colombiano, esta es dominada por la generación hídrica (UPME, 2012).

Para 2012, el país contaba con una capacidad instalada de 14.179 MW, de los cuales más del 70 % correspondía a capacidad hidroeléctrica, con 64,88 % correspondiente a centrales mayores a 20MW y 4,94 % correspondiente a plantas hidroeléctricas menores. Se observa igualmente una baja capacidad instalada en cogeneración con bagazo debido a que muchas de estas plantas son cogeneradoras y/o utilizan otros combustibles, por lo que es probable que reporten otro combustible diferente al bagazo o no reporten la totalidad de su capacidad instalada (UPME, 2012).

En la generación de energía, Colombia presenta dos realidades muy diferentes: por un lado un Sistema Interconectado Nacional (SIN), compuesto por plantas de generación despachadas centralmente y redes de transmisión que llevan esta energía generada a una parte del territorio nacional, y, por otro lado, las Zonas No Interconectadas (ZNI). Estas se caracterizan por tener una baja densidad de población, usualmente con comunidades étnicas y afro, y encontrarse en sitios alejados, de difícil acceso y generalmente con reservas y parques naturales en sus territorios, por lo que su perfil geográfico y poblacional es muy diferente al del SIN.

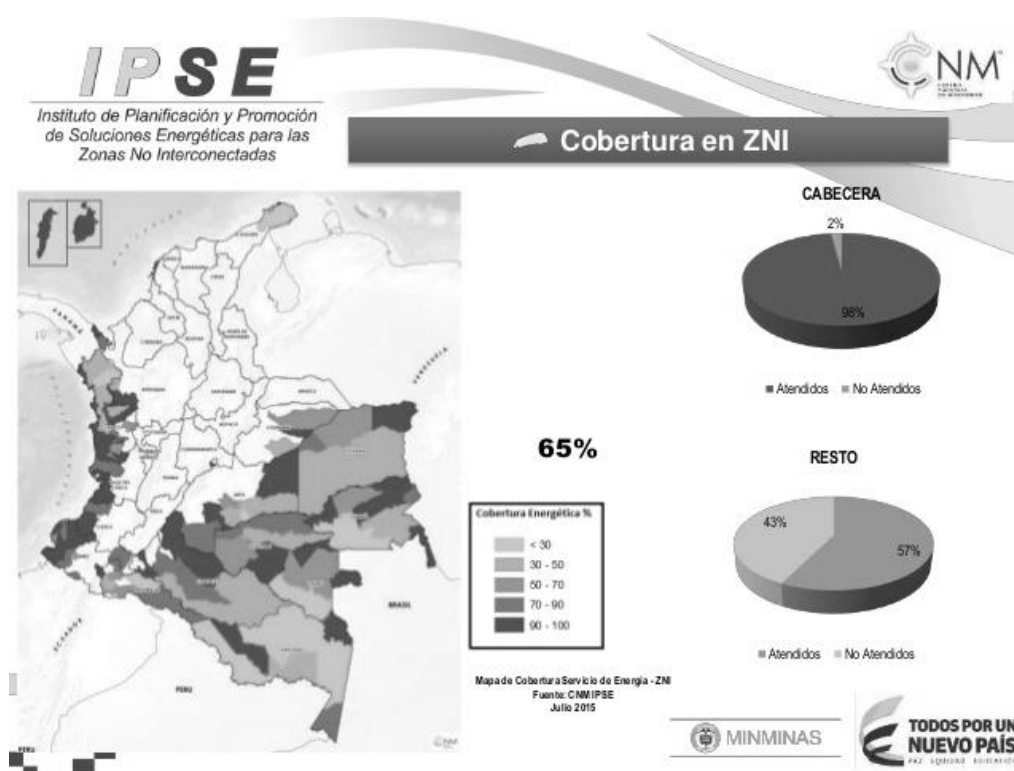
4.2.2 Sistema Interconectado Nacional (SIN).

El SIN inició su desarrollo en 1967 con la creación de Interconexión Eléctrica S.A. (ISA), la empresa estatal encargada el desarrollo del Sistema de Transmisión Nacional (STN). Esta infraestructura permitió el desarrollo de un mercado de energía eléctrica, ya que garantizó el libre acceso y comercialización de la energía. El sistema está compuesto por una serie de líneas de alta tensión que interconectan los puntos de generación con los puntos de distribución y posibilitan el transporte de grandes cantidades de energía a grandes distancias.

La determinación de la expansión del SIN está definida por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y está presente periódicamente en el Plan de Expansión de Referencia de Transmisión. Este plan analiza la oferta y la demanda de energía, teniendo en cuenta las nuevas plantas que entrarán en operación y las restricciones que ha presentado el sistema. Se proponen una serie de proyectos que deberán desarrollarse con el fin de mantener la confiabilidad del sistema y garantizar una plena capacidad de transmisión. Los proyectos aprobados en el Plan salen a licitación pública entre las empresas encargadas de la transmisión, las que competirán por el derecho a construirlos (UPME, 2012).

El SIN abarca el 34% del territorio nacional, donde habita el 96 % de la población. Tiene una cobertura del 95,54 %, diferenciada en áreas urbanas con el 99,35 % y en áreas rurales con el 83,39 %. Sin embargo, existen departamentos como La Guajira, con cobertura rural del 45,10 % y Vichada, no interconectado, con cobertura rural del 25,21 % (UPME, 2012).

Figura 1. Mapa de Colombia ZI y ZNI



Fuente: CNMIPSE, 2015

4.3. Marco legal colombiano

A continuación se describen, de forma concreta, las leyes, decretos y regulaciones destacadas y relacionadas con las fuentes no convencionales de energía.

4.3.1 Constitución Política de Colombia 1991.

- ❖ Artículo 80: Aprovechamiento de los recursos naturales
- ❖ Artículo 334: El estado intervendrá en la explotación de recursos naturales.

4.3.2 Ministerio de Minas y Energía.

- ❖ Ley 697 de 2001: Declaró uso racional y eficiente de energía como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional.
- ❖ Ley 1151 de 2007, artículo 65: Prestación de servicio de energía en ZNI.
- ❖ Decreto 70 de 2001, artículo 3: El ministerio debe adoptar la política nacional en materia de uso racional y eficiente de energía y desarrollo de fuentes alternas.
- ❖ Decreto 3683 de 2003: Reglamenta la Ley 697 de 2001 y crea una comisión intersectorial: CIURE.
- ❖ Decreto 2501 de 2007: Disposiciones para promover prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía.
- ❖ Decreto 3450 de 2008: Medidas tendientes a URE, bombillos ahorradores
- ❖ Resolución 181401 de 2004: Factor de emisión para el cálculo de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero, para los proyectos de energía con fuentes renovables.
- ❖ Resolución 180609 de 2006 Se definen los subprogramas que hacen parte del PROURE
- ❖ Resolución 18091901 de 2010: Se adopta el plan de acción indicativo 2010-2015 para desarrollar el PROURE.

4.3.3 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo.

- ❖ Ley 99 de 1993, artículo 5: El ministerio tiene la función de realización de programas de sustitución de los recursos no renovables, para el desarrollo de tecnologías de generación de energías no contaminantes ni degradantes.

4.3.4 Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

- ❖ Decreto 2532 de 2001, artículo 6: Elementos destinados a programas de reducción en el consumo de energía y/o eficiencia energética que correspondan a la implementación del plan del Ministerio de Ambiente, serán excluidos de IVA.
- ❖ Ley 164 de 1994: Ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
- ❖ Ley 223 de 1995: Exención del IVA para equipos que cumplan regulaciones y estándares ambientales de la política de producción más limpia.
- ❖ Ley 383 de 1997: Otorga una deducción en renta por inversiones o donaciones para proyectos de investigación o desarrollo tecnológico.

4.5.5 Congreso Nacional.

- ❖ Ley 488 de 1998: Se deduce el impuesto de IVA a quienes desarrollaron investigación científica y tecnológica, la ecología y protección ambiental.
- ❖ Ley 663 de 2000, artículo 83: Apoyo financiero para la energización de ZNI.
- ❖ Ley 629 de 2000: Se aprueba el protocolo de Kyoto.

4.5.6 Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

- ❖ No hay tratamiento particular por fuente primaria de energía.

- ❖ Resolución CREG 091 de 2007: Reglamentó metodología para la determinación de costos de servicio en el caso de cargos regulados (incluyendo las FNCE)
- ❖ Tiene en cuenta Ley 142 (Servicios Públicos)
- ❖ Toma como referencia Ley 143, artículo 4: Establece que el Estado en relación con el servicio de electricidad debe abastecer la demanda de electricidad, asegurando su cubrimiento en un marco de uso racional y eficiente de los diferentes recursos energéticos del país.

4.5.7 Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

- ❖ Plan de Acción Indicativo 2010-2015
- ❖ Programa para desarrollar PROURE y subprogramas estratégicos para la promoción de las FNCE.
- ❖ Metodología simplificada para el cálculo de línea base para proyectos de pequeña escala (Generación de energía Eléctrica con fuentes renovables interconectadas a la red) 2014
- ❖ La UPME hace cálculos referentes a la línea base de proyectos de pequeña escala interconectada a la red, para entidades que quieran aplicar MDL.
- ❖ Plan Energético 2003-2020: Las políticas de investigación y desarrollo se encuentran desarticuladas del sector energético, se desconocen incentivos para la investigación y desarrollo tecnológico en las empresas del sector.
- ❖ Se sugieren líneas de investigación de: URE y Fuentes Alternas.
- ❖ Se diseñó un programa a través de la UPME, llamado CONOCE, que indica el desempeño energético para equipos que sean eficientes y que esta sea una ventaja competitiva de mercado.

- ❖ Se creó la Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático, encargada de manejar le portafolio de proyectos nacionales para financiar mediante el MDL.
- ❖ Plan Energético en Proceso de Formulación 2010-2030: Incorpora un análisis de las políticas formuladas previamente, en particular del Campo de las FNCE.
- ❖ Avanza respecto a PEN anteriores, en cuanto al análisis del cambio climático sobre la disponibilidad energética del parque hidroeléctrico y la producción de biocombustibles a largo plazo.
- ❖ Energías Renovables, Descripción Tecnologías y Usos Renovables
Documento que explica detalladamente de una forma didáctica y sencilla, los recursos energéticos con que cuenta el país, sus posibles tecnologías, los equipos a utilizar y sus aplicaciones finales.
- ❖ Plan Nacional de Desarrollo para FNCE en Colombia 2010
- ❖ Se formula en la propuesta, el uso integral y eficiente de los recursos energéticos y en particular a ampliar las alternativas de cobertura, contribuyendo al desarrollo de regiones rurales remotas, a la preservación del medio ambiente, la sostenibilidad de precios y al desarrollo científico.
- ❖ La energía promisoría es la generación eólica con costos de generación que se acercan al umbral de competencia.
- ❖ Se considera que la estrategia central para la utilización de energías renovables en las ZNI es la construcción de soluciones estándar en el campo de la biomasa, solar, eólica y micro centrales a partir de la estructuración de proyectos de investigación y desarrollo y montaje de proyectos demostrativos.
- ❖ Meta de instalación de nueva capacidad de FNCE en 2015 del 3.5 % de participación.

- ❖ Es claro que las plantas de FNCE iguales o mayores de 20 MW no podrán competir, pues además de sus mayores costos carecen DEL ATRIBUTO de firmeza bajo el concepto actual de la CREG
- ❖ Plan de Expansión 2010-2014
El plan presenta un análisis sobre impactos del sector del GEI y traza la visión ambiental estratégica para la formulación del plan

4.5.8 Departamento Nacional de Planeación (DNP).

- ❖ Documento CONPES: Busca que MME desarrolle la capacidad de identificación, formulación, gestión y negociación de proyectos de reducción de emisiones teniendo en cuenta MDL.

4.5.8 DIAN.

- ❖ Estatuto Tributario, artículo 158-2, 207-2, 424-5, 428: Equipos, bienes, importaciones relacionadas con programas ambientales y de URE, exentas de impuestos (Benavides, 2011. pp. 8-10).

4.4. Bases teóricas

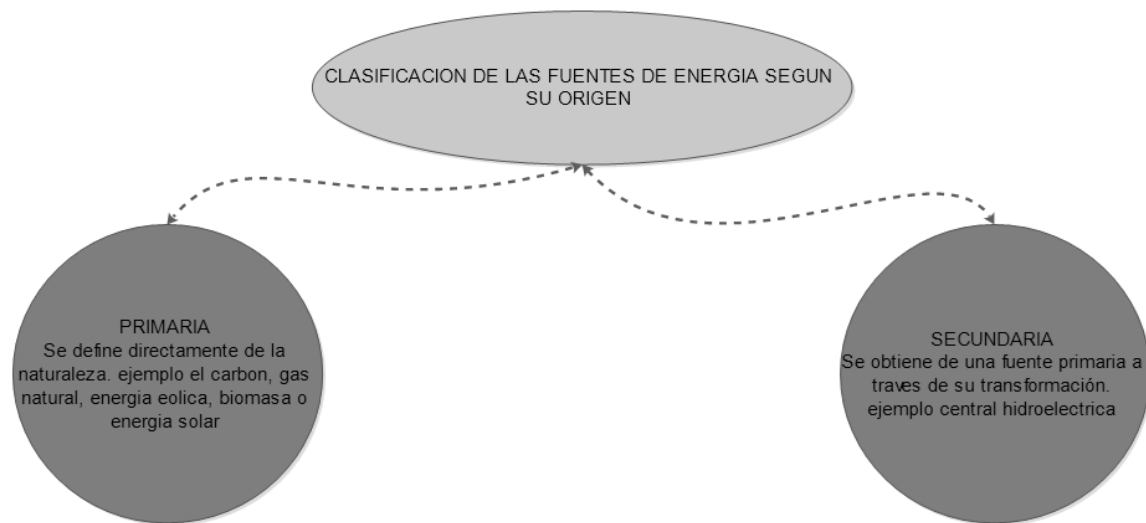
Para la realización de esta investigación, utilizamos información contenida en diferentes artículos consultados en línea y relacionados con el tema de estudio, para así sustentar los lineamientos correspondientes a la necesidad de relacionar la teoría con la práctica, el cual expresa lo siguiente:

Energía: se define como la capacidad de realizar un trabajo y se mide en julios (J).

Energía eléctrica: se define como el trabajo realizado por una máquina durante una hora con una potencia de 1 kilovatio, se emplea la unidad e mediada kilovatio por hora (kW/h).

4.4.1. Clasificación de las fuentes de energía según su origen.

Figura 2. Clasificación fuentes de energía según su origen



Fuente: Anónimo, (s. f.a)

4.4.2. Formas de transformación de diferentes tipos de energía eléctrica.

Tabla 1. Formas de transformación de los diferentes tipos de energía eléctrica

Electricidad estática: se transforma en electricidad debido a cargas eléctricas en reposo.	Generadores de alta tensión tipo Van der Graff.
Inducción electromagnética: transformación de energía cinética en eléctrica.	Generadores eléctricos.
Electroquímica: transformación de energía química en eléctrica.	Pilas, baterías, acumuladores, etc.

Fotoeléctrica: transformación debido al efecto de la luz.	Páneles solares.
Termoeléctrica: transformación del calor en electricidad.	Termopila, nevera de <i>camping</i> , etc.
Piezoeléctrica: surgen de la propiedad que tienen ciertos cristales al ser sometidos a presión.	Encendedores, mecheros, activación del airbag, etc.
Nuclear: Transformación de reacciones atómicas en electricidad.	Centrales nucleares, satélites, submarinos, etc.

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Energías renovables.

Tabla 2. Energías renovables

Solar	Solar fotovoltaica: transformación de energía solar en electricidad.
	Solar térmica: transformación de la energía solar para calentar agua y, a partir de ahí, generar electricidad.
Hidráulica	Transformación de alta presión que se genera en las tuberías en electricidad.
Eólica	Transformación de energía del viento en electricidad.
Biomasa	Transformación de la descomposición de la materia orgánica en electricidad.
Mareomotriz	Transformación de la energía del mar en electricidad. Pueden

aprovecharse las olas, corrientes marinas o mareas.

Geotérmica Transformación de energía calórica de la tierra en electricidad.

Además de las aquí indicadas, se están desarrollando otras técnicas. Algunas son:

Biocombustibles: utilización de combustible vegetal (soya, algas, etc.)

Pilas o células de combustible: en las células de combustible se combina el oxígeno del aire con el hidrogeno para generar corriente eléctrica continua. Se encuentra en fase de desarrollo tecnológico.

Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Energías no renovables.

Tabla 3. Energías no renovables

Fósiles	Carbón	Aproximadamente el 40 % de la energía producida en España tiene su origen en esta fuente
	Gas natural	La utilización de centrales eléctricas que funcionan con gas está en aumento, ya que se han conseguido centrales más limpias y eficientes.
	Petróleo y sus derivados	La utilización de este tipo de energías para generar electricidad está en claro receso; el

		principio de funcionamiento es similar a las que emplean restos fósiles, pero los efectos contaminantes son mucho mayores.
Minerales	Uranio	Aquí el combustible es uranio enriquecido. Problemas que plantean seguridad y residuos.

Fuente: Elaboración propia

4.4.5. Energía renovable fuente inagotable.

La energía renovable es la que se aprovecha directamente de recursos considerados inagotables como el sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor del interior de la tierra. (UPME, (s. f.), p. 7).

La energía que utilizamos convencionalmente proviene de recursos no renovables (combustibles fósiles), de los cuales se dice que están "almacenados" y cuyas reservas se agotan en la medida en que se utilizan. Lo contrario ocurre con las energías renovables: provienen de recursos que están relacionados con los ciclos naturales de nuestro planeta y podemos disponer del recurso que las genera de manera permanente (UPME, (s. f.), p. 7).

Para un mejor entendimiento y estudio se han clasificado estas energías renovables en seis grupos. En el siguiente capítulo analizaremos cada una, entenderemos su funcionamiento y sus ventajas y desventajas.

- ❖ Energía solar
- ❖ Energía eólica
- ❖ Energía de la biomasa

- ❖ Energía hidráulica
- ❖ Energía de los océanos
- ❖ Energía de la geotermia

5. Energías renovables

5.1 Energía solar

La energía solar se define como la energía producida por reacciones nucleares al interior del Sol, que son transmitidas en forma de ondas electromagnéticas a través del espacio (radiación solar) (UPME, (s. f.), p. 10).

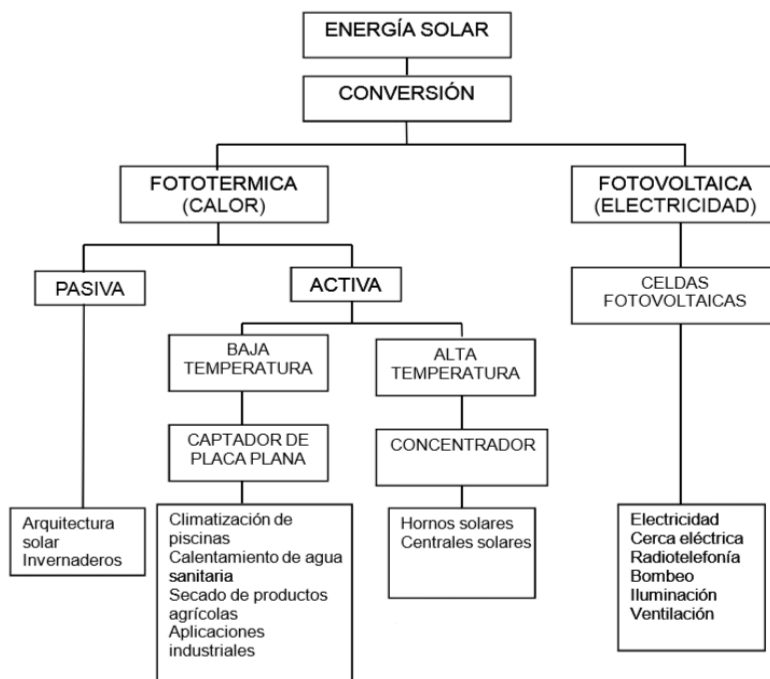
5.1.1 Introducción.

El Sol es una gigantesca central termonuclear que genera energía por procesos de fusión nuclear, que tiene lugar cuando átomos de hidrogeno se transforman en átomos de helio. Los 149×10^6 km de distancia que existen entre esta estrella y nuestro planeta no impiden que podamos disfrutar de gran parte de esta energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas.

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación.

La energía solar se puede convertir directamente en electricidad mediante el empleo de celdas solares o fotovoltaicas. Una celda solar es básicamente un dispositivo que captura los fotones presentes en la radiación solar y los transforma en electricidad gracias al efecto fotovoltaico descubierto por Becquerel en 1839 (Fenercom, 2016).

Figura 3. Energía Solar



Fuente: UPME, 2006.

Para aprovechar la energía solar, se debe transformar en tres tipos diferentes de tecnología:

5.1.2. Energía solar fotovoltaica.

La luz del sol se puede convertir directamente en electricidad mediante celdas solares, conocidas también como celdas fotovoltaicas que son artefactos que utilizan materiales semiconductores (UPME, 2006, p. 13).

5.1.2.1 Funcionamiento.

Un sistema solar fotovoltaico funciona cuando el campo de modulo fotovoltaico convierte en corriente eléctrica directa la energía solar que recibe durante el día (UPME, 2006, p. 13).

5.1.3 Energía solar térmica.

Basa su tecnología en la captación de la radiación por medio de elementos denominados colectores o concentradores, los cuales disminuyen las pérdidas de calor y aumentan la energía absorbida, en algunos casos, cuentan con seguidores de sol para mejorar esta propósito (UPME, 2006, p. 15)

5.1.3.1 Funcionamiento.

El principio básico de estos sistemas solares es sencillo: se capta la radiación solar y el calor se transfiere a un fluido, generalmente agua o aire.

5.1.4 Energía solar pasiva.

Comprende elementos que se aprovechan en la construcción, adecuación de una vivienda con el fin de calentarla o refrescarla, estos elementos pueden ser muros o cubiertas que actúan como colectores solares y son construidos con materiales acumuladores de calor como el ladrillo, la piedra y la teja de barro (UPME, 2006, p. 17).

5.1.5 Ventajas.

- ❖ El sol es una fuente inagotable de energía.
- ❖ Se puede aprovechar en casi todos los sitios.
- ❖ No consumen combustibles.

- ❖ No tienen partes de movimiento.
- ❖ Son módulos, por lo que se puede aumentar la potencia instalada sin interrumpir el funcionamiento de los generadores.
- ❖ La vida útil es superior a dos años.
- ❖ Resisten condiciones externas con vientos, granizos, temperaturas y humedad.
- ❖ Son totalmente silenciosos.
- ❖ No contaminan el medio ambiente.
- ❖ Es gratis (UPME, 2006, p. 39)
- ❖ No requiere grandes inversiones de transporte o almacenamiento (UPME, 2006, p. 33)

5.1.6 Desventajas.

- ❖ Varía dependiendo de la época del año.
- ❖ Varía según el clima.
- ❖ Puede variar de día o de noche.
- ❖ Grandes cantidades de energía eléctrica requieren grandes extensiones de terreno.
- ❖ Impacto paisajístico por placas solares (UPME, 2006, p. 39).

5.1.7 Ventajas medioambientales.

- ❖ La energía solar contribuye a la reducción de las emisiones de CO₂.
- ❖ No produce residuos de difícil tratamiento (UPME, 2006, p. 39).

5.1.8 Ventajas estratégicas.

- ❖ Tanto la energía solar térmica como la fotovoltaica provienen de recursos autóctonos, por lo que disminuye la dependencia energética y económica exterior (UPME, 2006, p. 39).

5.1.9 Ventajas socioeconómicas.

- ❖ Como un valor agregado, el desarrollo de la energía solar genera puestos de trabajo.
- ❖ Permite el desarrollo de tecnologías propias y limpias (UPME, 2006, p. 39).

5.2 Energía eólica

La energía eólica es la que está presente en forma de energía cinética en las corrientes de aire o viento (UPME, (s. f.), p. 18).

5.2.1 Introducción.

Apenas un 2 % de la energía solar que llega a la Tierra se convierte en energía eólica y solo podemos aprovechar una pequeña parte. Aun así, se calcula que el potencial eólico es veinte veces el actual consumo mundial de energía; por esto, la energía eólica es una de las fuentes de energía renovable más importantes.

El viento surge de la radiación solar sobre la Tierra, que calienta las masas de aire que la circundan. Al calentar de forma desigual la superficie del planeta, en función de la latitud, se provocan diferencias de presión que el flujo de aire tiende a igualar.

5.2.2 Funcionamiento.

Son máquinas rotativas de diferentes tipos, tamaños y conceptos, en los que el dispositivo de captación rotor está unido a un eje. Se clasifican por la posición del eje, horizontal y vertical, y por la forma de aprovechar energía del viento, con rotores de accionamiento por arrastre y por sustentación. El sistema más utilizado es el de eje horizontal por sustentación (UPME, (s. f.), pp. 22, 23).

5.2.3 Ventajas.

- ❖ Es una fuente energía limpia e inagotable.
- ❖ La instalación no es muy costosa y los costos de mantenimiento son bajos.
- ❖ No emite gases de efecto invernadero.
- ❖ El impacto ambiental de las instalaciones eólicas es muy bajo.
- ❖ Es una evidente contribución al autoabastecimiento energético.

5.2.4 Desventajas.

- ❖ Alteraciones.
- ❖ No es una fuente de energía constante (vientos intermitentes y aleatorios).
- ❖ Efectos sobre la avifauna (colisiones, afectación a la nidificación y alteración de rutas migratorias).
- ❖ Emisión de ruido.

5.2.5 Ventajas medioambientales.

- ❖ Disminuye los niveles de emisión de gases y CO₂.
- ❖ Ocupa un terreno reducido, que se puede complementar con actividades agrícolas y ganaderas.
- ❖ Las instalaciones son fácilmente reversibles; se pueden retirar sin dejar rastro.
- ❖ Contribuyen a la estabilidad climática.

5.2.6 Ventajas sociales y económicas.

- ❖ Genera más puestos de trabajo por unidad energética producida.
- ❖ El fomento de la energía eólica produce un efecto positivo sobre la industria.

5.3 Energía hidráulica

La energía hidráulica es aquella que proviene del agua y se manifiesta como energía cinética en el caudal de las corrientes y como energía potencial en la altura de caída de los ríos (UPME, (s. f.), p. 31).

5.3.1 Introduccion.

La sociedad humana necesita un suministro constante de grandes cantidades de agua, ya que es un bien insustituible, una necesidad básica e interviene directamente en casi todos los procesos productivos: se trata del recurso natural más preciado. Los recursos hídricos están distribuídos de manera desigual, tanto temporal como territorialmente. Cada país o región tiene sus propios recursos hídricos, que son la cantidad de agua dulce presente en los ríos y sus acuíferos, aportada por la precipitación local o recibida de regiones o países vecinos a través de otros ríos o acuíferos tranfornterizos (UPME, (s. f.), p. 32).

Hay que distinguir entre demanda y consumo de agua, ya que a menudo se confunde: la demanda es la cantidad de agua que se necesita para un uso determinado, mientras que el consumo es la cantidad de agua que se pierde en esa utilización (UPME, (s. f.), p. 32).

5.3.2 Transformación.

La energía hidráulica se transforma mediante las plantas o centrales de generación hidráulica. La energía potencial almacenada en el agua contenida en un embalse es aprovechada para transformarla inicialmente en energía mecánica o cinética, con base en una diferencia de nivel; luego se pasa por una turbina hidráulica, a la cual se le ha acoplado un generador que,

finalmente, es el encargado de transformar la energía mecánica en eléctrica (UPME, (s. f.), p. 33). Según el caudal del río, las centrales hidroléctricas se pueden clasificar en diferentes grupos.

5.3.2.1 Centrales de agua embalsada.

Si el caudal del río es variable, se acumula el agua mediante un embalse de grandes dimensiones para conseguir una producción regular

5.3.2.2 De gravedad.

Su propio peso sirve para contrarrestar el empuje del agua suele ser recta o cóncava. Es el tipo de presa más caro.

5.3.2.3 De bóveda.

La presión del agua se trasmite a las laderas de la montaña; suele ser convexa de modo que cuando más empuja el agua del embalse, más se calaban los lados de la presa en las laderas de la montaña. Son presas más pequeñas y baratas.

5.3.2.4 Centrales de agua fluyente o derivación.

Si el caudal es prácticamente constante en las diferentes estaciones, la energía potencial del agua se aprovecha directamente o con embalse de pequeñas dimensiones. La presa no hace crecer el nivel del río. De esta presa sale en derivación un canal que lleva el agua hasta un depósito a partir del cual una tubería se hace llegar el agua hasta la central.

5.3.3 Ventajas.

- ❖ El proceso de transformación de energía hidráulica en eléctrica es limpio.

- ❖ Las presas permiten regular el caudal del río, evitan inundaciones en épocas de crecidas y pueden regar tierras en periodo de escasez de lluvias.
- ❖ El agua embalsada puede servir para abastecimiento en ciudades durante largos periodos de tiempo.
- ❖ Los embalses pueden ser utilizados como zonas de deportes y recreación.

5.3.4 Desventajas.

- ❖ Los embalses de agua anegan extensas zonas de terreno.
- ❖ Generación de deltas en las desembocaduras de los ríos por la retención de arenas.
- ❖ Alteraciones en la flora y fauna fluvial por interrupción del curso natural del río.
- ❖ Posibilidad de catástrofes por rupturas de la presa.
- ❖ Dependencia de energía hidráulica para épocas de sequía; es necesario reservar agua para otros usos no energéticos.

5.3.5 Ventajas ambientales.

- ❖ Bajo impacto ambiental; no contamina.

5.3.6 Ventajas económicas.

- ❖ Bajo costo de inversión y de mantenimiento.

5.4 Energía de la biomasa

Es cualquier material proveniente de organismos vivos que pueda utilizarse para producir energía. Puede ser vegetación, bosques, selvas, cultivos, ecosistemas acuáticos, bosques

naturales, residuos agrícolas, desechos animales y desechos urbanos e industriales (UPME, (s. f.), p. 25).

Se considera que la biomasa es una fuente renovable de energía porque su valor proviene del sol. A través del proceso de fotosíntesis, la clorofila de las plantas captura su energía y convierte el dióxido de carbono (CO_2) del aire y el agua del suelo en carbohidratos, para formar la materia orgánica. Cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de dióxido de carbono y agua y liberan la energía que contienen. La biomasa funciona como una especie de batería que almacena la energía solar; entonces, si se produce en forma sostenida, o sea en el mismo nivel en que se consume, esa batería durará indefinidamente.

Los recursos biomásicos incluyen cualquier fuente de materia orgánica, como desechos agrícolas y forestales, plantas acuáticas, desechos animales y basura urbana. Su disponibilidad varía de región a región, de acuerdo con el clima, el tipo de suelo, la geografía, la densidad de la población, las actividades productivas, etc.; por eso, los correspondientes aspectos de infraestructura, manejo y recolección del material deben adaptarse a las condiciones específicas del proceso en el que se deseen explotar (FOCER, 2002, p. 6).

5.4.1 Introducción.

Para la mayoría de la población mundial, las formas más familiares de energía renovable son las que provienen del sol y del viento. Sin embargo existen otras fuentes de biomasa, como leña, carbón de leño, cascarilla de arroz, que proveen un alto porcentaje de la energía consumida en el mundo y tienen potencial para suplir mayores volúmenes.

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura

(residuos de maíz, café, arroz, macadamia), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego.

Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad.

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía; transformándola, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, los cuáles son más convenientes y eficientes. Así aparte de la combustión directa, se pueden distinguir otros dos tipos de procesos: el termo-químico y el bio-químico.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse solo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; tal es el caso del bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de café y la de arroz. Por otro lado, los centros urbanos generan grandes cantidades de basura compuestas en gran parte, por materia orgánica que puede ser convertida en energía, después de procesarla adecuadamente.

Para transformar la energía contenida en la biomasa se utilizan tecnologías que dependen de la cantidad y clase de biomasa disponible. Con los principales sistemas de transformación

pueden obtenerse combustibles, energía eléctrica, fuerza motriz o energía térmica (FOCER, 2002, p. 4).

5.4.2 Recurso biomásicos.

La principal limitante para este tipo de plantaciones está en la escala, pues se requieren grandes extensiones de tierra para lograr una producción de energía rentable. Por esta razón, son factibles cuando se desarrollan con algún tipo de producción agrícola paralela, como por ejemplo, el maíz, la caña de azúcar y la palma de aceite (FOCER, 2002, p. 8).

5.4.2.1 Residuos forestales.

Los residuos de procesos forestales son una importante fuente de biomasa que actualmente es poco explotada en el área centroamericana. Se considera que, de cada árbol extraído para la producción maderera, solo se aprovecha comercialmente un porcentaje cercano al 20 %. Se estima que un 40% es dejado en el campo, en las ramas y raíces, a pesar de que el potencial energético es mucho mayor como se muestra en la figura 5, y otro 40 % en el proceso de aserrío, en forma de astillas, corteza y aserrín (FOCER, 2002, p. 8).

La mayoría de los desechos de aserrío son aprovechados para generación de calor, en sistemas de combustión directa; en algunas industrias se utilizan para la generación de vapor. Los desechos de campo, en algunos casos, son usados como fuente de energía por comunidades aledañas, pero la mayor parte no es aprovechada por el alto costo del transporte.

5.4.2.2 Desechos agrícolas.

La agricultura genera cantidades considerables de desechos (rastros): se estima que, en cuanto a desechos de campo, el porcentaje es más del 60 %, y en desechos de proceso, entre 20 % y 40 % (FOCER, 2002, p. 8).

Al igual que en la industria forestal, muchos residuos de la agroindustria son dejados en el campo. Aunque es necesario reciclar un porcentaje de la biomasa para proteger el suelo de la erosión y mantener el nivel de nutrientes orgánicos, una cantidad importante puede ser recolectada para la producción de energía. Ejemplos comunes de este tipo de residuos son el arroz, el café y la caña de azúcar. Los campos agrícolas también son una fuente importante de leña para uso doméstico: más del 50% del volumen total consumido (FOCER, 2002, p. 8).

Por otro lado, las granjas producen un elevado volumen de “residuos húmedos” en forma de estiércol de animales. La forma común de tratar estos residuos es esparciéndolos en los campos de cultivo, con el doble interés de disponer de ellos y obtener beneficio de su valor nutritivo. Esta práctica puede provocar una sobre fertilización de los suelos y la contaminación de las cuencas hidrográficas (FOCER, 2002, p. 8).

5.4.2.3 Desechos industriales.

La industria alimenticia genera una gran cantidad de residuos y subproductos, que pueden ser usados como fuentes de energía, los provenientes de todo tipo de carnes (avícola, vacuna, porcina) y vegetales (cáscaras, pulpa) cuyo tratamiento como desechos representan un costo considerable para la industria. Estos residuos son sólidos y líquidos con un alto contenido de azúcares y carbohidratos, los cuales pueden ser convertidos en combustibles gaseosos (FOCER, 2002, p. 9).

5.4.2.4 Desechos urbanos.

Los centros urbanos generan una gran cantidad de biomasa en muchas formas, por ejemplo: residuos alimenticios, papel, cartón, madera y aguas negras. La mayoría de los países centroamericanos carecen de adecuados sistemas para su procesamiento, lo cual genera grandes problemas de contaminación de suelos y cuencas; sobre todo por la inadecuada disposición de la basura y por sistemas de recolección y tratamiento con costos elevados de operación (FOCER, 2002 p. 9)

Por otro lado, la basura orgánica en descomposición produce compuestos volátiles (metano, dióxido de carbono, entre otros) que contribuyen a aumentar el efecto invernadero. Estos compuestos tienen un considerable valor energético que puede ser utilizado para la generación de energía “limpia” (FOCER, 2002, p. 9).

En el corto y mediano plazo, la planificación urbana deberá incluir sistemas de tratamiento de desechos que disminuyan eficazmente las emanaciones nocivas de los desechos al ambiente, dándoles un valor de retorno por medio del aprovechamiento de su contenido energético, pues aproximadamente el 80 % de toda la basura orgánica urbana puede ser convertida en energía (FOCER, 2002, p. 9).

5.4.3 Digestión anaerobia.

Es el proceso de descomposición de residuos animales y vegetales que sin aire hace que se produzca gas y lodo. El gas resultante de este proceso se conoce como biogás y el lodo se usa como fertilizante orgánico (FOCER, 2002 p. 14).

5.4.3.1 Biocombustibles.

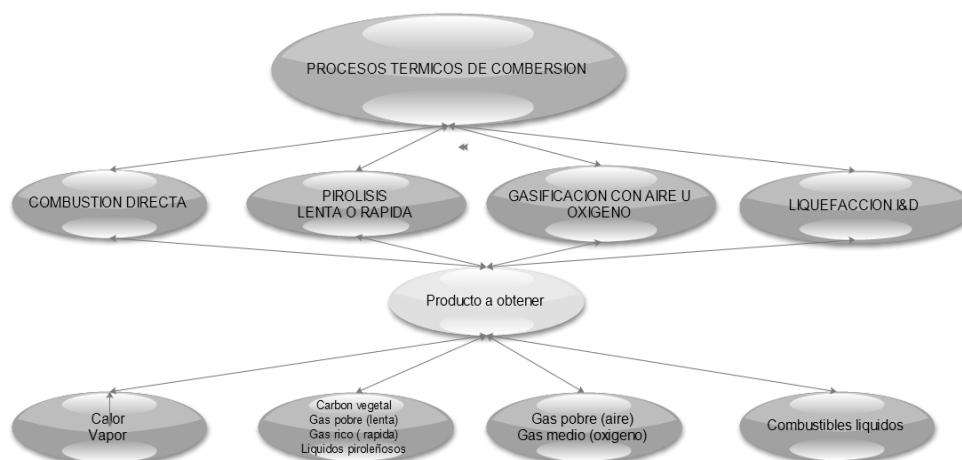
Los biocombustible líquidos son combustibles para transporte principalmente (biodiesel y bioetanol) procesados de cosechas agrícolas y otras plantaciones renovables (UPME, (s. f.), p. 29).

5.4.4 Procesos de conversión de la biomasa en energía.

Desde el punto de vista del aprovechamiento energético, la biomasa se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono, un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles. Estos compuestos volátiles (formados por cadenas largas de tipo C_nH_m y presencia del CO_2 , CO y H_2) son los que concentran una gran parte del poder calorífico de la biomasa. El poder calorífico de la biomasa depende mucho del tipo de biomasa considerada y su humedad, así normalmente estos valores de poder calorífico de la biomasa se pueden dar en base seca o en base humedad.

En general se puede considerar que el poder calorífico de la biomasa puede oscilar entre los 3000-3500 Kcal/Kg para los residuos lignocelulósicos, los 2000-2500 Kcal/Kg para residuos urbanos y finalmente 10000Kcal/Kg para los combustibles líquidos provenientes de cultivos energéticos. Estas características juntamente con el bajo contenido de azufre de la biomasa, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente (Secretaría de Energía, 2008, p. 6).

Figura 4. Procesos térmicos de conversión de biomasa en energía



Fuente: Secretaría de Energía, 2008, p. 6.

5.4.4.1 Combustión.

Es el más sencillo ampliamente utilizado, tanto en el pasado como en presente (Secretaría de Energía, 2008, p. 8).

Permite obtener energía térmica, ya sea para uso doméstico (cocción o calefacción) o industriales (calor de proceso, vapor mediante una caldera, energía mecánica utilizando el vapor de una maquina) las tecnología utilizadas para la combustión directa de la biomasa abarcan un amplio espectro que va desde el sencillo fogón a fuego abierto hasta caldera de alto rendimiento utilizadas en la industria (Secretaría de Energía, 2008, p. 8).

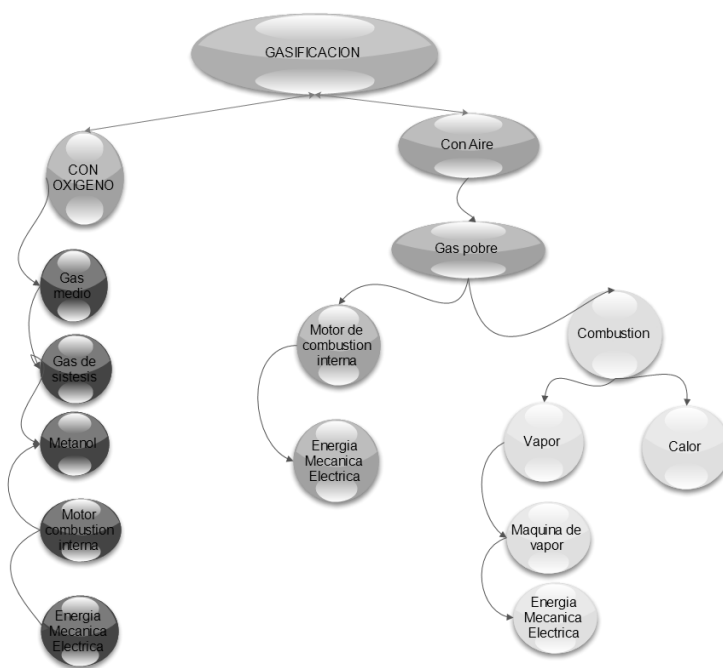
5.4.4.2 Gasificación.

Consiste en la quema de biomasa (fundamentalmente residuos forestoindustriales) en presencia de oxígeno de forma controlada de manera que se produce un gas combustible denominado “gas pobre” por su bajo contenido calórico en relación al gas natural (la cuarta parte).

La gasificación se realiza en un recipiente cerrado, conocido como gasógeno en el cual se introduce el combustible y una cantidad de aire menor a la que se requerirá para su combustión completa (Secretaría de Energía, 2008, p. 8).

El gas pobre obtenido puede quemarse luego en un quemador para obtener energía térmica, en una caldera para producir vapor o bien ser enfriado y acondicionado para su uso en un motor de combustión interna que produzca a su vez energía mecánica (Secretaría de Energía, 2008, p. 8).

Figura 5. Diagrama gasificación y sus productos



Fuente: Secretaría de Energía, 2008, p. 6.

5.4.4.3 Procesos térmicos.

Comprende básicamente la combustión, gasificación y pirólisis, encontrándose aún en etapa de desarrollo la licuefacción directa (Secretaría de Energía, 2008, p. 7).

5.4.4.4 Biomasa seca.

Aquella puede obtener de forma natural con un tenor de humedad menor al 60 %, como la leña, paja etc. Este tipo se presta mejor a ser utilizada energéticamente mediante procesos termoquímicos o fisicoquímicos que producen directamente energía térmica o productos secundarios en la forma de combustibles sólidos líquidos o gaseosos (Secretaría de Energía, 2008, p. 7).

5.4.4.5 Biomasa húmeda.

Se denomina así cuando el porcentaje de humedad supera el 60 %, como por ejemplo en los restantes vegetales, residuos animales, vegetación acuática, etc. Resulta especialmente adecuada para su tratamiento mediante procesos químicos o en algunos casos particulares, mediante simples procesos físicos obteniéndose combustibles líquidos y gaseosos (Secretaría de Energía, 2008, p. 7).

5.4.5 Funcionamiento.

La obtención de energía sigue tres procedimientos:

5.4.5.1 Procesos termoquímicos.

Se trata de someter a la biomasa a temperaturas elevadas

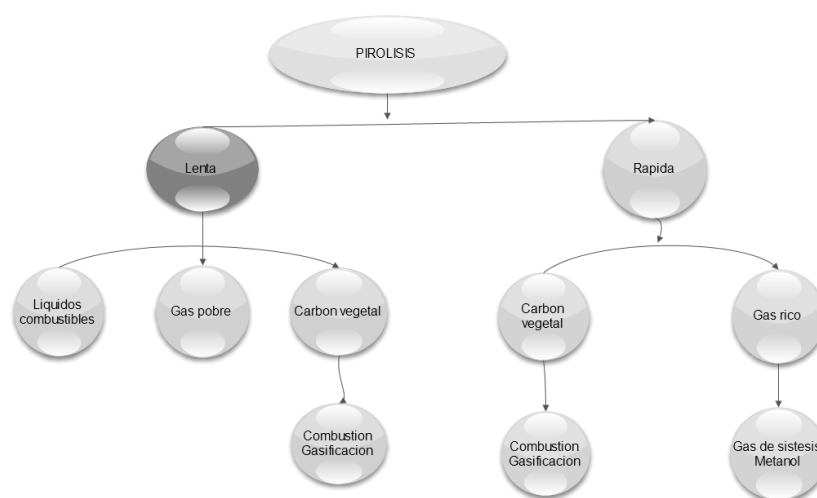
5.4.5.2 Combustión directa de la biomasa con aire.

Al quemar la biomasa, se obtiene calor para producir vapor, este mueve una turbina que arrastra un alternador y produce electricidad. También se aprovecha para calefacción. La biomasa debe ser baja en humedad.

5.4.5.3 Pirólisis.

La combustión se realiza sin la presencia de aire. La materia orgánica se descompone, obteniendo productos finales más energéticos.

Figura 6. Diagrama pirólisis y sus productos



Fuente: Secretaría de Energía, 2008, p. 7.

5.4.5.4 Procesos bioquímicos.

Ciertos microorganismos actúan sobre la biomasa, transformándola (Secretaría de Energía, 2008, p. 9).

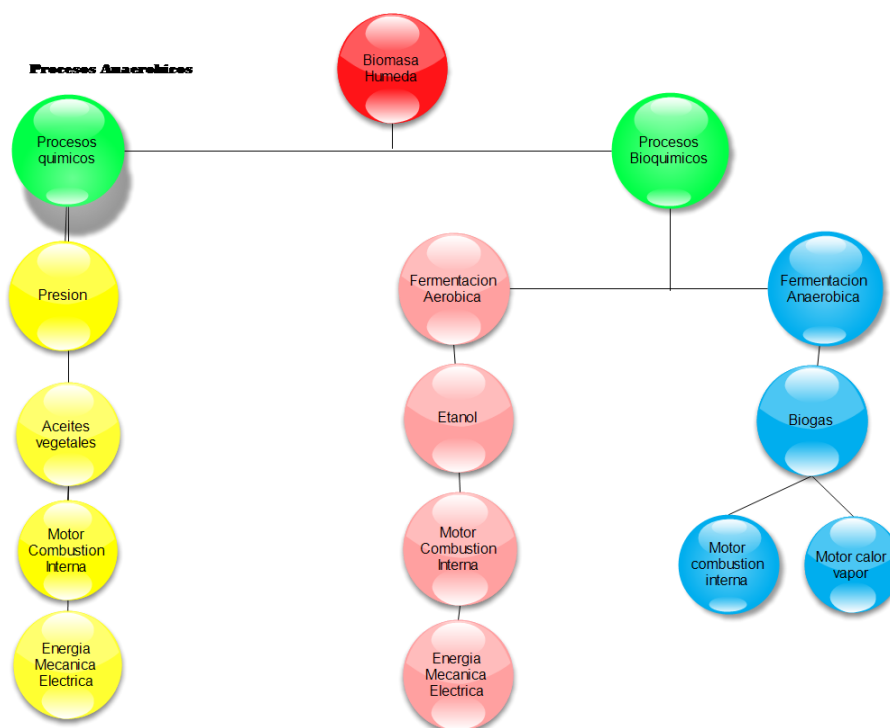
5.4.5.5 Fermentación alcohólica.

Es el proceso de transformación de la glucosa en etanol por la acción de los microorganismos. El resultado es el bioalcohol, un combustible para vehículos. En Brasil, uno de cada tres vehículos funciona con etanol extraído de la caña de azúcar (Secretaría de Energía, 2008, p. 10).

5.4.5.6 Fermentación anaerobia.

Consiste en fermentar la biomasa en ausencia de oxígeno y durante largo tiempo. Origina productos gaseosos (biogás), principalmente metano y dióxido de carbono. Este biogás se suele emplear en granjas para activar motores de combustión o calefacción (Secretaría de Energía, 2008, p. 10).

Figura 7. Diagrama de procesos anaeróbicos



Fuente: Secretaría de Energía, 2008, p. 10.

5.4.5.7 Procesos químicos.

En este caso en el proceso de transformación no intervienen micro-organismos.

5.4.5.8 Transformación de ácidos grasos.

Consiste en transformar aceites vegetales y grasas animales una mezcla de hidrocarburos mediante procesos químicos no biológicos para crear un producto llamado biodiesel, que sirve de combustible. Como materia prima se emplean, principalmente, cereales, trigo, soja y maíz

5.4.6 Ventajas.

- ❖ La biomasa es una fuente renovable de energía y su uso no contribuye a acelerar el calentamiento global; de hecho, permite reducir los niveles de dióxido de carbono y los residuos de los procesos de conversión, aumentando los contenidos de carbono de la biósfera (FOCER, 2002, p. 26).
- ❖ La captura del metano de los desechos agrícolas y los rellenos sanitarios, y la sustitución de derivados del petróleo, ayudan a mitigar el efecto invernadero y la contaminación de los acuíferos (FOCER, 2002, p. 26).
- ❖ Los combustibles biomásicos contienen niveles insignificantes de sulfuro y no contribuyen a las emanaciones que provocan “lluvia ácida” (FOCER, 2002, p. 26).
- ❖ La combustión de biomasa produce menos ceniza que la de carbón mineral y puede usarse como insumo orgánico en los suelos (FOCER, 2002, p. 26).
- ❖ La conversión de los residuos forestales, agrícolas y urbanos para la generación de energía reduce significativamente los problemas que trae el manejo de estos desechos (FOCER, 2002, p. 26).

- ❖ La biomasa es un recurso local que no está sujeto a las fluctuaciones de precios de la energía, provocadas por las variaciones en el mercado internacional de las importaciones de combustibles. En países en desarrollo, su uso reduciría la presión económica que impone la importación de los derivados del petróleo (FOCER, 2002, p. 26).
- ❖ El uso de los recursos de biomasa puede incentivar las economías rurales, creando más opciones de trabajo y reduciendo las presiones económicas sobre la producción agropecuaria y forestal (FOCER, 2002, p. 26).
- ❖ Las plantaciones energéticas pueden reducir la contaminación del agua y la erosión de los suelos; así como a favorecer el mantenimiento de la biodiversidad (FOCER, 2002, p. 26).

5.4.7 Desventajas.

- ❖ Por su naturaleza, la biomasa tiene una baja densidad relativa de energía; es decir, se requiere su disponibilidad en grandes volúmenes para producir potencia, en comparación con los combustibles fósiles, por lo que el transporte y manejo se encarecen y se reduce la producción neta de energía. La clave para este problema es ubicar el proceso de conversión cerca de las fuentes de producción de biomasa, como aserraderos, ingenios azucareros y granjas, donde los desechos de aserrío, el bagazo de caña y las excretas de animales están presentes. (FOCER, 2002, p.26).
- ❖ Su combustión incompleta produce materia orgánica, monóxido de carbono (CO) y otros gases. Si se usa combustión a altas temperaturas, también se producen óxidos de nitrógeno. A escala doméstica, el impacto de estas emanaciones sobre la salud familiar es importante (FOCER, 2002, p. 26).

- ❖ La producción y el procesamiento de la biomasa pueden requerir importantes insumos, como combustible para vehículos y fertilizantes, lo que da como resultado un balance energético reducido en el proceso de conversión. Es necesario minimizar el uso de estos insumos y maximizar los procesos de recuperación de energía (FOCER, 2002, p. 26).
- ❖ Aún no existe una plataforma económica y política generalizada para facilitar el desarrollo de las tecnologías de biomasa, en cuanto a impuestos, subsidios y políticas que cubren, por lo general, el uso de hidrocarburos. Los precios de la energía no compensan los beneficios ambientales de la biomasa o de otros recursos energéticos renovables (FOCER, 2002, p. 26).
- ❖ El potencial calórico de la biomasa es muy dependiente de las variaciones en el contenido de humedad, clima y la densidad de la materia prima (FOCER, 2002, p. 26).

5.5. Energía de los océanos

La energía mareomotriz se obtiene del océano, por lo que no tiene costos. Es una fuente de energía renovable e inagotable (UPME, (s. f.), p. 34).

5.5.1 Introducción

Desde 1581 hasta 1822, en Londres, capital de Inglaterra, funcionó, sobre el río Támesis, una gran rueda movida por la marea, que permitía bombear el agua hasta el centro de la ciudad. Modernamente, en el estuario del río Rance, en Francia y en Kislaya, URSS, existen sendas centrales mareomotrices. La potencia instalada en la central francesa es de 250 MW.

5.5.2 Transformación

Actualmente, se conocen formas diferentes de utilizar la energía proveniente de los océanos para producir energía eléctrica: las mareas, las olas y la diferencia de temperatura (UPME, (s. f.), p. 36).

5.5.2.1 Energía de las olas

La transformación de la energía de las olas en energía eléctrica se puede hacer a través de flotadores, columnas oscilantes de agua y aparatos fiscalizadores. Como son producidas por el viento, la disponibilidad del recurso debe es impredecible (UPME, (s. f.), p. 36).

5.5.2.2 Energía de las mareas

Las mareas son movimientos oscilatorios del nivel del mar, debido a las fuerzas de atracción gravitacional que la Luna y el Sol ejercen sobre las partículas líquidas de los océanos. El comportamiento de las mareas y su desnivel dependen de la posición relativa de la Tierra, el Sol y la Luna, que cambia cada día, y de la proporción mares-tierra, de su distribución geográfica, de la topografía local, de la profundidad de las cuencas oceánicas, de los fenómenos meteorológicos y otros factores.

La tecnología aprovecha las corrientes marinas y explota las fuertes corrientes que se encuentran en los océanos no tan profundos, particularmente donde existen estrechos naturales, por ejemplo entre islas. Los equipos son muy similares a las turbina eólicas, solo que sumergidas (Anónimo, (s. f.b)).

5.5.3 Mecanismos y funcionamiento.

Los principios físicos y de ingeniería de la generación de potencia utilizando las mareas son relativamente sencillos. Diques, construidos en estuarios adecuados, se diseñan para

extraer energía de la subida y bajada de las mareas, utilizando turbinas localizadas en conductos que atraviesan los diques. La energía potencial, originada por la diferencia del nivel del agua en los diques, se convierte en energía cinética debido al rápido movimiento del agua al pasar a través de las turbinas. Las palas o álabes de las turbinas, al girar, convierten la energía cinética del agua en mecánica de rotación, la cual permite accionar un generador para producir electricidad (Anónimo, (s. f.b)).

Además de los temas básicos de localización y orientación de los diques, existe un segundo conjunto de factores que influyen en la potencial energía generada por estos sistemas, relacionados con la forma de funcionamiento.

Una central mareomotriz puede diseñarse para operar de distintas formas, que dependen del número de ciclos y del sentido de aprovechamiento de las mareas.

Cuando la instalación se diseña para aprovechar la energía únicamente en la etapa de vaciado de un estuario, es decir, durante la bajamar, se dice que opera en un ciclo elemental de simple efecto. Esta forma de operar limita la energía eléctrica generada, ya que solamente se aprovechan los dos periodos diarios en que se vacía el estuario. Es decir, entre tres y seis horas, como mucho, en cada ciclo.

Con el propósito de incrementar el periodo de generación eléctrica se han diseñado centrales que aprovechan mejor la energía de las mareas. Se han diseñado instalaciones que operan según un ciclo elemental de doble efecto este tipo de instalaciones y aprovechan la energía del agua en dos sentidos: al entrar en el estuario y al salir del mismo. Para esto, se recurre al empleo de canalizaciones de entrada y canalizaciones de salida o a la utilización de un único tipo de canalizaciones, pero equipadas con turbinas que pueden trabajar en los dos sentidos (Anónimo, (s. f.b)).

Estas compuertas permanecen cerradas entre la marea media y la marea alta, abriéndose en el periodo comprendido entre la marea media y la marea baja. Las turbinas y generadores encargados producir la energía eléctrica se encuentran ubicadas en el dique que separa ambos embalses.

Al igual que en las instalaciones hidroeléctricas, también en las instalaciones mareomotrices pueden utilizarse turbinas reversibles, que pueden funcionar como bombas en un sentido y como turbinas en el otro. De esta forma, cuando exista un exceso de energía, puede emplearse para bombear agua desde el mar hacia los embalses, aumentando así el nivel para disponer de agua extra para la siguiente fase de generación.

Cualquiera que sea la configuración elegida para una central mareomotriz, los componentes básicos son los mismos: turbinas, diques, compuertas, generadores eléctricos, subsistema de control e infraestructura de transporte de la energía eléctrica generada.

5.5.4 Ventajas.

- ❖ Autorenovable.
- ❖ No concentra población.
- ❖ No contaminante.
- ❖ Disponible en cualquier clima y época del año.
- ❖ Silenciosa.
- ❖ Bajo costo de materia prima.

5.5.5 Desventajas.

- ❖ Impacto visual y estructural sobre el paisaje.
- ❖ Localización puntual.

- ❖ Dependiente de la amplitud de mareas.
- ❖ Traslado de energía muy costoso.
- ❖ Efecto negativo sobre la flora y fauna.

5.6 Energía geotérmica

“Geotérmica” es una palabra de origen griego, derivada *geos*, que quiere decir tierra, y *thermos*, que significa calor. Se emplea indistintamente para designar la ciencia que estudia los fenómenos térmicos internos del planeta y el conjunto de procesos industriales que intentan explotar ese calor para producir energía eléctrica o calor útil al ser humano. **“Energía geotérmica”** es la energía almacenada en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la tierra (Llopis & Rodrigo, (s. f.), p. 14).

5.6.1 Introducción.

Las regiones volcánicas han sido siempre polos de atracción para los seres humanos, por el hecho de la existencia de fumarolas y fuentes termales que se pueden usar para calentarse, cocinar alimentos o simplemente bañarse. Los restos arqueológicos más antiguos relacionados con la energía geotérmica han sido encontrados en Niisato Japón y son objetos tallados en piedra volcánica que datan de la tercera glaciación hace entre 15.000 y 20.000 años (Llopis & Rodrigo, (s. f.), p. 26).

Durante mucho tiempo, el hombre se conformó con utilizar el calor que afloraba de forma natural en la superficie del planeta. A partir del siglo XIX, los avances técnicos y el mejor conocimiento del subsuelo permitieron buscar cada vez a mayor profundidad y explotar cada vez mejor el calor de la tierra (Llopis & Rodrigo, (s. f.), p. 27).

El descubrimiento en 1818 de sales de boro en Larderello, Toscana (Italia), marcó el inicio de la utilización industrial de los recursos geotérmicos. En 1827, el fundador de esta industria, el francés Francois Larderel, desarrolló un sistema para utilizar el calor de los fluidos en el proceso de evaporación, en lugar de quemar madera de los bosques cercanos.

En el siglo XX, el empleo de la energía geotérmica se incrementa arrastrado por la necesidad cada vez más elevados de energía para abastecer la civilización moderna (Llopis & Rodrigo, (s. f.), p. 27). La industria de ácido bórico en Larderello dio paso, en 1904, a la generación de electricidad a partir de vapor geotérmico, entrando en funcionamiento en 1913 una central de 250Kw. (Llopis & Rodrigo, (s. f.), p. 28).

En el año 2000, la capacidad geotermo-eléctrica instalada a nivel mundial era de 8.000MW_e, pasando a 9.000 MW_e en año 2005. Por lo que respecta a los usos no eléctricos de la energía geotérmica, en el año 2.000 la capacidad instalad en 59 países era de unos 15.000 MW_t. En 2005, la capacidad instalada en 72 países ascendió alrededor de 20.000 MW_t, de los cuales 15.000 MW_t correspondían a bombas de calor geotérmicas (Llopis & Rodrigo, (s. f.), p. 30).

5.6.2 Aplicaciones y tipos de energía geotérmica.

Las aplicaciones que se pueden dar a un fluido geotermal dependen de su contenido en calor o, lo que es lo mismo, de su entalpia. **Entalpia** es la cantidad energía térmica que un fluido o un objeto puede intercambiar con su entorno y se expresa en kilo julios/ kg o en Kcal/Kg (Llopis & Rodrigo, (s. f.), p. 31).

No existen aparatos que determinen directamente la entalpia de un fluido en el subsuelo, pero sí existen sondas térmicas que miden la temperatura; entonces, como la entalpia y la temperatura pueden considerarse más o menos proporcionales, la práctica habitual ha

generalizado el empleo de las temperaturas de los fluidos geotermales en lugar de sus contenidos en calor, pues al fin y al cabo son las temperaturas las que determinan su futura aplicación industrial (Llopis & Rodrigo, (s. f.), p. 32).

Las aplicaciones más importantes de la energía geotérmica con los rangos de temperatura y de utilización son:

- Alta temperatura más de 150 °C una temperatura superior a 150 °C permite transformar directamente el vapor de agua en energía eléctrica.
- Media temperatura entre 90 °C y 150 °C permite producir energía eléctrica utilizando un fluido de intercambio que es el que alimenta a las centrales.
- Baja temperatura entre 30 °C y 90 °C su contenido en calor es insuficiente para producir energía eléctrica, pero es adecuado para calefacción de edificios y en determinados procesos industriales y agrícolas (Llopis & Rodrigo, (s. f.), pp. 32-33).
- Muy baja temperatura menos de 30 °C puede ser utilizada para calefacción y climatización necesitando emplear bombas de calor (Llopis & Rodrigo, (s. f.), p. 33).

5.6.3 Generación de electricidad.

Los yacimientos geotérmicos de alta temperatura pueden aprovecharse para generar electricidad mediante un ciclo similar al utilizado en las centrales termoeléctricas convencionales.

Dependiendo de las características del recurso geotérmico, la generación de electricidad se realiza mediante turbinas de vapor convencionales (ciclo Rankine) y plantas de ciclo binario.

Cuando la temperatura del fluido es alta o muy alta, la utilización de los recursos geotérmicos como fuente de energía primaria para la generación de electricidad es una de las

aplicaciones más importantes. Ahora bien, a medida que disminuye el nivel térmico del recurso aumenta, el consumo específico de la central de generación y el rendimiento disminuye rápidamente (Anónimo. (s. f.c))

Existen tres tipos de plantas para generar energía eléctrica procedente de los recursos geotérmicos, según las características, naturaleza y profundidad del fluido geotermal disponible:

5.6.3.1 Plantas de vapor seco.

El fluido que llega a la superficie, proveniente de las fracturas del suelo, es vapor en estado de saturación o ligeramente recalentado (vapor seco). Este vapor se dirige directamente a una turbina que acciona un generador para producir electricidad.

5.6.3.2 Plantas flash

El fluido que llega a la superficie es una mezcla vapor-líquido a una presión que depende del pozo y de la temperatura del estado de saturación, por lo que previamente el fluido se dirige a unos separadores vapor/agua, desde donde la fracción de vapor resultante se conduce a la turbina para producir electricidad y el líquido se rechaza.

5.6.3.3. Plantas de ciclo binario

Se adopta esta tecnología cuando la temperatura del recurso geotérmico no es demasiado alta (entre 120-150°C) o el fluido geotérmico tiene una elevada salinidad. Se basan en evitar el uso directo del fluido termal y utilizar un fluido secundario, normalmente de carácter orgánico, que tenga un comportamiento termodinámico mejor, es decir, bajo punto de ebullición y alta presión de vapor a bajas temperaturas. El fluido geotermal entrega el calor al fluido secundario a través de un intercambiador de calor, y este fluido es calentado y vaporizado. Este vapor acciona la turbina y posteriormente es enfriado y condensado (Anónimo. (s. f.c)).

5.6.4. Ventajas.

- ❖ Por su carácter autóctono, el aprovechamiento de los recursos geotérmicos implica la reducción del grado de dependencia del sector energético exterior, la reducción del consumo de fuentes de energía fósiles y el refuerzo de la seguridad del suministro (IDAE, 2008, p. 127).
- ❖ Ofrece un flujo constante de producción de energía a lo largo del año, porque no depende de variaciones estacionales como lluvias, caudales de ríos, viento, sol, etc. (IDAE, 2008, p. 128).
- ❖ Contribuye al desarrollo regional, ya que, en la mayoría de los casos, los recursos geotérmicos están localizados en áreas rurales con pocas oportunidades de empleo (IDAE, 2008, p. 130).
- ❖ El uso de la energía geotérmica en la agricultura permite disponer de los productos en cualquier fecha del año y en unas condiciones óptimas, lo que influye en la capacidad de producción del país y en el precio del producto final (IDAE, 2008, p. 130).
- ❖ Puede contribuir a la disminución de las puntas de demanda de energía eléctrica, por sus aplicaciones en climatización y refrigeración (IDAE, 2008, p. 130).

6. Experiencias exitosas en energías alternativas en Puerto Carreño

6.1 Sena Regional Vichada “Centro de Producción y Transformación Agroindustrial de la Orinoquia”

Es un proyecto PPP, sigla que identifica a las cooperaciones público-privadas o "Public-Private Partnerships". Así se denominan las alianzas para el desarrollo en las que empresas privadas y organizaciones de la política de desarrollo planifican, financian e implementan proyectos de forma conjunta.

Dotadas con fondos del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), las organizaciones ejecutoras DEG, GTZ y SEQUA, el proyecto busca aunar esfuerzos que contribuyan al desarrollo de los sectores energético, ambiental y de desarrollo sostenible, fortaleciendo la formación profesional, a través de la transferencia de conocimientos y tecnologías apropiadas y disponibles para el sector y promoviendo el desarrollo productivo regional y la inclusión social.

El convenio SUNSENA beneficiará dos Centros de formación del SENA, uno en Bogotá (zona urbana) y otro en la regional Vichada (zona no interconectada). Se instalarán dos plantas generadores de energía eléctrica, las cuales funcionan con energía solar fotovoltaica.

Inicialmente se pactaron condiciones, donde el SENA Regional Vichada deberá:

- Nombrar un funcionario para que responda por el mantenimiento y funcionamiento de la planta solar fotovoltaica.
- Capacitar técnicos en el manejo de la tecnología en energía solar fotovoltaica.
- Hacer seguimiento a las variables técnicas de la planta, potencia producida, voltaje amperaje por línea, etc.

- Informar cualquier cambio en el sistema solar instalado.
- Crear un programa Técnico en Instalaciones y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaico, que contribuyan al desarrollo e implementación de tecnologías emergentes y que cuenten con competencias laborales acordes con las necesidades del mercado.

Colombia cuenta con un significativo potencial en diversas fuentes de energías renovables, su difusión, fortalecimiento y crecimiento tanto a nivel regional como nacional, dependen en gran medida de contar con un recurso humano cualificado y calificado, capaz de responder integralmente a la dinámica del sector.

La energía solar fotovoltaica, ocupa un puesto importante entre las energías renovables ya que puede aprovecharse en prácticamente cualquier lugar, así entonces Colombia cuenta con empresas que han enfocado sus esfuerzos en la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en la regional Vichada, espera fortalecer y brindar a este naciente mercado las herramientas humanas necesarias.

Por tanto, el SENA inició este proyecto con unos estudios de todas las fuentes de energía existentes en Vichada. En Cumaribo se revisó el potencial hídrico del río Vichada, pero se descartó esa posibilidad por la distancia existente entre el río y la población.

Luego se visitó la parte más alta de la población con el fin de medir la velocidad del viento y probar la viabilidad con la generación eólica. Al final del proceso se midió la radiación solar y se determinó que por el índice de radiación la generación por energía solar fotovoltaica era la mejor opción para esta región.

Sin embargo, como el SENA no tiene una sede propia en este municipio, se trajo el proyecto a Puerto Carreño. Allí, mediante mediciones, se determinó igualmente que la mejor

posibilidad es la energía solar fotovoltaica; Puerto Carreño tiene un índice de radiación solar similar al del departamento de La Guajira, de 6 kWh/m².

Se determinó instalar el sistema solar fotovoltaico de capacidad 20 KWP (ver los componentes en la tabla 4).

Tabla 4. Componentes de un sistema solar fotovoltaico

Componente	Cantidad	Características técnicas
Páneles Solares	72	Potencia =280 W. Voltaje=30.5 VDC. Amperaje Corto circuito= 9.2
INVERSOR STECA 2020	6	P nominal=2000 W Voltaje batería =190-450 VDC. Intensidad de carga=10 ADC Voltaje AC.=125 VAC max. Intensidad =16 A.AC F.P=1
INVERSOR XTENDER	3	P nominal=5000VA. Voltaje batería =48 VDC. Intensidad de carga=100 ADC. Voltaje AC.=120 VAC max. Intensidad =50 A.
Baterías	24	V=2 V, 3540 A/H, C100.
Sensor de radiación	1	

solar		
Sensor de temperatura	2	
Sensor de velocidad de viento	1	Rango De Medida=0 A 35 M/S, Voltaje De Entrada= 220VAC, Longitud= 190 m.m.

Fuente: SENA Regional Vichada

6.1.1 Indicadores y logros

- ❖ Diseño Curricular para formación complementaria y titulada en el área de energías renovables.
- ❖ Proceso de formación en el programa técnicos en instalación y mantenimiento de sistemas de energía solar fotovoltaica.
- ❖ Capacitación, en el CPTAO, de 26 instructores del área eléctrica de todo el país, más 7 funcionarios de empresas públicas y privadas.
- ❖ Mayor estabilidad de la red eléctrica del SENA, CPTAO.
- ❖ Reducción de costos por concepto de pago de energía eléctrica.
- ❖ Disminución de la emisión de gas efecto invernadero CO₂.

6.1.2 Dificultades

- ❖ El transporte aéreo de los elementos desde Bogotá a Puerto Carreño.
- ❖ La cultura de la población no ha permitido tener el ahorro energético esperado.

- ❖ Los 6 inversores STECA GRID 2020 de inyección a red se averiaron debido a la inestabilidad de la red eléctrica local y se encuentran en mantenimiento en el Centro de Electricidad y Electrónica y Telecomunicaciones (CEET) de Bogotá.
- ❖ La utilización de equipos de alta potencia (bomba de agua, equipos de soldadura) afecta el sistema solar fotovoltaico.

Adicionalmente, se realizaron estudios sobre la resistencia de mecánica de la terraza del SENA, Centro de Producción y Transformación Agroindustrial de la Orinoquia (CPTAO), donde se instalarían los 72 paneles solares lo cual resulto positivo para la estructura necesaria para el proyecto, simultáneamente se hizo un estudio mediante analizador de redes eléctricas para la red de Electrochada, en el que se determinó su inestabilidad.

Con estos estudios, se calcularon las protecciones y el dimensionamiento total de la planta. Esto incluyó estructuras, cantidad de paneles, tipo de inversores, baterías, tipo de baterías, ángulo de inclinación, etc. Estas memorias de cálculo reposan en el CEET de Bogotá.

6.2 El CINER

El Centro de Investigación y Formación en Energías Renovables (CINER) es un espacio para la investigación aplicada en generación eléctrica, a partir de fuentes naturales renovables, así como para la formación y el entrenamiento de capital humano en competencias necesarias para la gestión integral de sistemas energéticos limpios.

Su propósito se centra en el despliegue, en comunidades no interconectadas del país, de soluciones tecnológicas de generación eléctrica, ajustadas a diversos contextos en relación a la

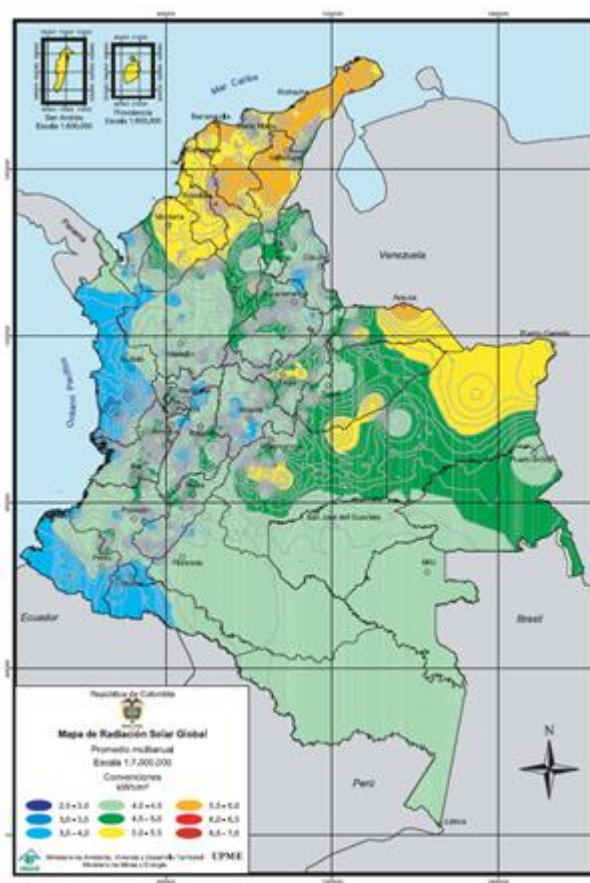
oferta de fuentes renovables de energía (solar, eólica, geotérmica, hidráulica, biomasa, mareomotriz y undimotriz).

6.2.1 El CINER en Puerto Carreño.

El departamento de Vichada hace parte del 51 % del territorio nacional que no se encuentra interconectado. De esta limitación surge la oportunidad de generar conocimiento y capacidades para la implementación de sistemas de generación basados en fuentes renovables.

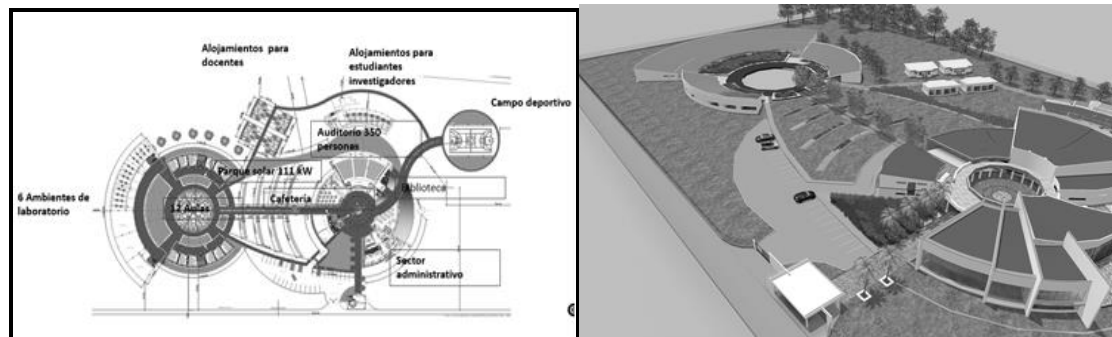
La oportunidad de desarrollar el CINER en Puerto Carreño coincide con los potenciales de irradiación solar en Colombia, en donde el departamento de Vichada representa el 35 %.

Figura 8. Mapa de irradiación solar en Colombia



Fuente: Gobernación de Vichada 2014

Figura 9. Plano y maqueta de la distribución del CINER



Fuente: Gobernación de Vichada 2014 - CINER

6.2.2 Impacto regional, nacional y binacional.

6.2.2.1 Regional.

El CINER será un eje de desarrollo energético limpio para los siete departamentos de la Región del Llano. Se esperan alcanzar establecimientos educativos y de salud, con soluciones eléctricas sostenibles que satisfagan sistemas de potabilización y equipamiento TIC educativo.

6.2.2.2 Nacional.

El CINER se constituye en el máximo escenario académico asociado a las energías renovables. Contiene la granja solar más grande del país 111kW.

6.2.2.3. Binacional.

El CINER podrá asistir comunidades rurales e indígenas de los estados Apure, Bolívar y Amazonas, en la gestión integral de generación eléctrica solar fotovoltaica, así como la cooperación académica.

El CINER fue construido con el fin de que se convierta en complejo de investigación, formación, así como de intercambio de experiencias con estudiantes, profesores e investigadores de otras partes, son solo de Colombia sino del mundo.

6.2.3 Costo del CINER

\$ 33.000.000.000

Fase I: \$ 14.100.000.000

Fase II: \$ 18.900.000.000

6.3 Electrovichada S.A E.S.P.

La empresa Electrovichada adelanta un proceso de compra de un sistema híbrido de energía convencional y no convencional para un periodo de 20 años para el municipio de Puerto Carreño, Vichada. Dicho proceso se encuentra próximo a su fase de ejecución y desarrollo, que consiste en suministrar más de 3 megavatios con generación diesel y/o biomasa. A continuación se presentan los detalles del proyecto:

6.3.1 Central de generación.

La construcción de la Central de Generación de Energía con tecnología de generación híbrida combina las ventajas de generación con biomasa (recurso renovable) y la generación con una fuente convencional como el diesel.

Figura 10. Capacidad instalada propuesta



Fuente: Empresa de Energía Eléctrica del Departamento, 2015

6.3.2 Materia prima

La materia prima principal propuesta para esta planta de generación se obtendrá inicialmente de las áreas de reforestación de la UT Agroindustria Horizonte Verde, que cuenta con aproximadamente 3.000 hectáreas disponibles para su aprovechamiento, con especies que tienen ciclos rápidos de crecimiento.

En el departamento del Vichada existen alrededor de 60.000 hectáreas de bosques reforestados con capacidad de ser proveedores del proyecto. Así se garantizan los consumos necesarios para la planta y el cumplimiento con la demanda de energía.

Aspectos metodológicos

Esta investigación está enmarcada dentro de una monografía en la que se compilan diferentes investigaciones, referencias bibliográficas, artículos científicos y páginas oficiales como bases teóricas de las diferentes fuentes de energías alternativas.

Esta compilación de información fue buscada de contenidos investigativos de la web, publicaciones, estudios de los diferentes organismos estatales en Colombia y recolección de información primaria en el municipio de Puerto Carreño, donde se desarrollan proyectos con energías alternativas.

De acuerdo con la revisión bibliográfica, se pudieron identificar diferentes energías alternativas: solar, eólica, hidráulica, geotérmica, mareomotriz y biomasa. Estas se utilizan en diferentes partes del mundo, según los potenciales de las regiones, su tecnología y recursos financieros. El potencial para Puerto Carreño, Vichada, es la energía solar y biomasa y, precisamente, los proyectos más significativos que se están implementando son dos proyectos fotovoltaicos y uno híbrido de biomasa-energía convencional (diesel).

De estos proyectos desarrollados en Puerto Carreño, uno está orientado principalmente como centro de investigación experimental en energías alternativas solar fotovoltaica, desarrollado por la Gobernación de Vichada y centrado en el Centro de Investigación de Energías Renovables (CINER). El segundo se orienta como un autogenerador, que abastece el centro de Formación Académica del SENA, Regional Vichada, con un sistema de generación solar fotovoltaico. El tercero, auspiciado por Electrovichada S.A. E.S.P., consiste en la generación de energía de un sistema híbrido compuesto por tres megavatios de generación con biomasa y 4

megavatios de generación con plantas diésel, cuyo objetivo principal es el suministro de energía para los usuarios para la ciudad de Puerto Carreño.

Conclusiones

Con la revisión de literatura sobre las energías alternativas pudimos conocer los impactos de la generación convencional de energía sobre los recursos naturales, así como su escasez por el uso exagerado y la demanda debido al aumento de población. Desde la revolución industrial, en el siglo XIX, el uso de los combustibles fósiles como fuente de energía ha ido aumentando, de la mano de los desarrollos tecnológicos, hasta el punto de que se ha hecho necesaria la aparición de otras alternativas para la generación de energía.

Las energías renovables se presentan, entonces, como una gran alternativa para la conservación de los recursos naturales, además de asegurar la demanda energética mundial y el aprovechamiento de fuentes económicas. Así, la sostenibilidad en la producción energética es ahora un tema que no puede dejarse de lado y que está en la cima de la discusión ambiental en nuestro planeta.

Si bien su implementación se había retrasado o evitado en años anteriores por falta de productividad o costos elevados, los desarrollos tecnológicos e investigación científica actuales han facilitado el uso y producción de energía limpia y renovable. Con la mirada puesta en el impacto ambiental y en el compromiso que tiene la sociedad con el medio ambiente, se hace obligatorio buscar la reducción de gases contaminantes provenientes del uso de energías convencionales no renovables.

Es en este punto que, entre las diferentes fuentes de energía renovable, la energía solar surge como una opción viable, económica y sostenible y se hace necesaria, en Colombia y en el mundo, su implementación. El municipio de Puerto Carreño ya ha comenzado algunos proyectos

con esta visión y, si continua en este camino, podría posicionarse como un municipio pionero en el desarrollo de energías alternativas en el país y la región.

Opinión personal

Con la elaboración de esta monografía adquirimos conocimientos sobre el uso e implementación de energías alternativas que están a la vanguardia en el mundo como una opción para impulsar regiones apartadas como la nuestra y acercarlas al progreso y desarrollo y contribuir al cuidado del medio ambiente.

Sumado a este nuevo aprendizaje, el conocimiento de la región de Puerto Carreño y la investigación de las experiencias que se están llevando a cabo en la implementación de fuentes de energías limpias nos dan la certeza de que el camino que se debe seguir es el de la producción energética limpia, en especial el aprovechamiento de la energía solar como fuente principal.

Esperamos que esta monografía sea una herramienta útil en la investigación para la implementación de las fuentes de energías renovables en nuestro país y posibilite el acercamiento de la población interesada a los proyectos que se desarrollan actualmente en Puerto Carreño. Igualmente, tenemos la esperanza de que aporte un poco a la consciencia ambiental de Colombia.

Bibliografía

- Anonimo. (s. f.a). *Conceptos electricos*. Recuperado de
<http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171578.pdf>
- Anonimo. (s. f.b). *Energía de las mareas*. Recuperado de
<http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo23.pdf>
- Anonimo. (s. f.c). *Energía geotérmica*. Recuperado de
<http://comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo21.pdf>
- Arancibia, C. A., & Estrada, C. A. (2010). Las energías renovables: La energía solar y sus aplicaciones. *Revista Digital Universitaria*. Vol. 11(8). Recuperado de
<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art96/art96.pdf>
- Benavides, J. (2011). *Observatorio de Energías Renovables para América y el Caribe: Retos y Oportunidades de las Energías Renovables en Colombia*. ONUDI. Recuperado de
http://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/Anexo_22_Estudio.Retos_y_Oportunidades.Colombia.pdf
- Canseco, M. (2010). *Energías renovables en America Latina*. Madrid: Ciudadanía y valores Fundacion. Recuperado de
http://plataforma.responsable.net/sites/default/files/1279184521_energias_renovables_en_america_latina.pdf
- CEPAL, ONU, & GTZ. (2004). *Fuentes Renovables de Energía en America Latina y el Caribe. Situación y Propuestas de Politicas*. Santiago: CEPAL
- Empresa Energía Eléctrica Departamento del Vichada. (2015). *Convocatoria Pública 002 de 2015*. Puerto Carreño.

Fenercom. (2006) *Guía de la Energía Solar*. Madrid: Madrid Solar. Recuperado de

<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-solar-fenercom.pdf>

Fenercom. (2016). *Guía sobre Energía Solar Térmica*. Madrid: Dirección General de Industria Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. Recuperado de

https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia_sobre_Energia_Solar_Termica_fenercom_2016.pdf

FOCER. (2002). *Manuales sobre energía renovable: Biomasa*. San Jose, C. R.: Biomass Users Network.

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (s.f.). *Energías Renovables para Todos Energía Geotérmica y del Mar*.

Gobernación Departamento del Vichada. (2014). *CINER*. Puerto Carreño.

Graciá Ribes, M. T. (2014). *Estudio de las diferentes formas de conseguir energía con el mar y su aplicación con el litoral Español*. (Tesis final de carrera). Recuperado de

<http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/22261/PFC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

IDAE. (2007). *Manuales de la energía renovable 2: Energía de la biomasa*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Recuperado de

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10374_Energia_de_la_biomasa_07_28e17c9c.pdf

IDAE. (2008). *Manual de Geotermia*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Recuperado de

<http://www.idae.es/file/9590/download?token=9ZMvlu4a>

IEA. (2008). *Renewables Information 2008*, OECD Publishing, Paris. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1787/renew-2008-en>

Johnstone, N., Hascic, I., & Popp, D. (2008). Renewable Energy Policies And Technological Innovation: Evidence Based On Patent Counts. *NBER Working Paper Series*, No. 13760.

Recuperado de <http://hassler-j.iies.su.se/courses/climate/johnstoneHasicPopp2008.pdf>

Llopis Trillo, G. & Rodrigo Angulo, V. (s. f.). *Guía de la energía geotérmica*. Madrid: Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid. Recuperado de

<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-geotermica.pdf>

Marzolf, N. C. (2014). *Emprendimiento de la Energía Geotérmica en Colombia*. Bogota:

Convenio ISAGEN-BID. Recuperado de

<https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6558/Energia%20Geotermica%20Colombia%207-1-14finalweb.pdf?sequence=1>

Meisen, P., & Krumpel, S. (2009). *El potencial de América Latina con referencia a la energía renovable*. Global Energy Network Institute (GENI). Recuperado de

<http://www.geni.org/globalenergy/research/renewable-energy-potential-of-latin-america/el-potencial-de-america-latina-energia-renovable.pdf>

Merino, L. (s. f.). *Energías renovables para todos: Las energías renovables*. Haya

Comunicación. Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/cuadernos-energias-renovables-para-todos.pdf>

Popp, D., Hascicc, I., & Medhia, N. (2011). Technology and the diffusion of renewable energy.

Energy Economics, Vol. 33, pp. 648–662.

Schneider Electric. (s.f.). *Guía Soluciones Parques Fotovoltaicos*. Recuperado de

<https://www.schneiderelectric.es/documents/local/soluciones/guia-soluciones-parque-fotovoltaico.pdf>

Secretaría de Energía. (2008). *Energías renovables: Energía biomasa*. Buenos Aires:

Coordinación de Energías Renovables, Dirección Nacional de Promoción, Subsecretaría de Energía Eléctrica. Recuperado de http://www.inti.gob.ar/e-renova/erTO/pdf/libro_energia_biomasa.pdf

Secretaria de la Energía de la Nación. (2004). *Descripción, desarrollo y perspectivas de las energías renovables en la Argentina y el mundo*. Secretaria de la Energía de la Nación.

Recuperado de

http://finanzascarbono.org/comunidad/mod/file/download.php?file_guid=545516.

SENA -SUNSET. (2014). *Proyecto Sunset-Sena regional Vichada*.

SENA. (s.f.). *Energías Renovables y Eficacia Energaetica una Politica de Emprendimiento al Interior del Sena*. Bogota.

UPME. (2006). *Guía de Energía Solar*. Bogota.

UPME. (2012). Metodología para la estimación del Índice de Cobertura del Servicio de Energía Eléctrica – ICEE. Recuperado de

http://www.upme.gov.co/Siel/Siel/Portals/0/Piec/Anexo3_MetodologiaCalculoCobertura_EE_2012.pdf

UPME. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*.

Recuperado de

http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf

UPME. (s. f.). *Energías renovables: descripción tecnologías y usos finales*. Bogotá. Recuperado de <http://www.si3ea.gov.co/EnergiaAlternativa/>