



**ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SISTEMA DE PANELES FOTOVOLTAICOS  
EN EL MUNICIPIO DE CUBARA.**

**AUTORES**

**ANGELA LILIANA TORRES TORRES**

**EDGAR DAVID VANEGAS QUIÑONES**

**ANDRES FELIPE HERRERA MOLINA**

**Director:**

**HAMILTON DAVID CARRILLO MERIÑO**

**Universidad EAN**

**Facultad de Ingeniería**

**Bogotá, Colombia**

**2022**

## RESUMEN

Las zonas no interconectadas (ZNI) son los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (Zonas no Interconectadas), estas zonas se caracterizan por tener baja densidad poblacional, donde el consumo de energía es bajo, sus habitantes tienen una baja capacidad de pago, los altos costos de los servicios públicos de la prestación e implementación de los mismos, además la población que habita en estas zonas son campesinos, comunidades indígenas y minorías étnicas, según cifras del Ministerio de Minas y Energía, 3% de la población colombiana no tiene acceso a energía eléctrica, es decir, que unas 450.000 familias viven en la oscuridad.

En la actualidad esta situación que perjudica la calidad de vida de las personas que se encuentran en estos lugares y al mismo tiempo afecta al desarrollo del municipio donde residen, además se tiene una dependencia de fuentes convencionales como el carbón, petróleo y la generación a través de hidroeléctricas que representan un gran impacto negativo al medio ambiente, esta investigación tiene como propósito principal evaluar la viabilidad técnica y ambiental de la instalación de paneles solares en las zonas rurales no interconectadas del municipio de Cubara-Boyacá esto por las necesidades y la dificultad de la zona que será representado y determinado a continuación. Se espera con el desarrollo de este trabajo entregar una solución basada en energía fotovoltaica, pues actualmente este tipo de energía eléctrica se considera como una de las más viables y económicas en la implementación para estas zonas que están alejadas de las grandes ciudades y que presentan difícil acceso como lo es la población de Cubara donde se quiere establecer el sistema.

En conclusión, esta investigación permitirá obtener los datos que se requieren para así poder implementar un sistema de paneles fotovoltaicos logrando satisfacer todos los aspectos técnicos para óptimo desempeño del mismo logrando de esta manera mejorar la calidad de vida de esta población.

## ABSTRACT

The non-interconnected zones (ZNI) are the municipalities, districts, towns and villages not connected to the National Interconnected System (Non-Interconnected Zones), these zones are characterized by low population density, where energy consumption is low, its inhabitants have a low ability to pay, the high costs of public services for the provision and implementation of the same, in addition, the population that lives in these areas are peasants, indigenous communities and ethnic minorities, according to figures from the Ministry of Mines and Energy, 3% of the Colombian population does not have access to electricity, which means that some 450,000 families live in the dark.

At present, this situation that harms the quality of life of the people who are in these places and at the same time affects the development of the municipality where they reside, in addition there is a dependence on conventional sources such as coal, oil and generation through of hydroelectric plants that represent a great negative impact on the environment, this research has as its main purpose to evaluate the technical and environmental viability of the installation of solar panels in the non-interconnected rural areas of the municipality of Cubara-Boyacá, taking into account the needs and obstacles of the area that will be captured and resolved below. It is expected with the development of this work to provide a solution through photovoltaic energy since this type of electric power generation is considered one of the most viable and economical for the most remote areas or with difficult access as represented by the target population where it is located. expect to set the system.

In conclusion, this research will allow obtaining all the information required for the implementation of the photovoltaic panel system, covering all the technical aspects for its optimal performance, thus achieving an improvement in the quality of life of this population.

## PALABRAS CLAVE

Energía renovable, desarrollo sostenible, energía solar, centrales fotovoltaicas, paneles solares, medio ambiente, eficiencia, ahorro energético.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>8</b>
<b>3.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	<b>14</b>
<b>6.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>7.</b>	<b>ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS</b> .....	<b>18</b>
<b>8.</b>	<b>ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO</b> .....	<b>19</b>
<b>8.1</b>	<b>PANELES FOTOVOLTAICOS</b> .....	<b>19</b>
<b>8.2</b>	<b>INVERSOR</b> .....	<b>20</b>
<b>8.3</b>	<b>BATERÍAS</b> .....	<b>20</b>
<b>9.</b>	<b>MARCO DE REFERENCIA</b> .....	<b>20</b>
<b>9.2</b>	<b>ENERGÍA SOLAR</b> .....	<b>23</b>
<b>9.3</b>	<b>RADIACIÓN SOLAR</b> .....	<b>23</b>
<b>9.3.1</b>	<b>DISPERSIÓN</b> .....	<b>24</b>
<b>9.3.2</b>	<b>REFLEXIÓN (ALBEDO)</b> .....	<b>25</b>
<b>9.4</b>	<b>ABSORCIÓN POR MOLÉCULAS DE GASES Y PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN</b> .....	<b>26</b>
<b>9.5</b>	<b>APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR</b> .....	<b>28</b>
<b>9.6</b>	<b>ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b> .....	<b>28</b>
<b>9.7</b>	<b>LA ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA</b> .....	<b>28</b>
<b>9.8</b>	<b>ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>28</b>
<b>9.9</b>	<b>SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO</b> .....	<b>29</b>
<b>9.9.1</b>	<b>EFFECTO FOTOVOLTAICO</b> .....	<b>30</b>
<b>9.9.2</b>	<b>CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>32</b>
<b>9.9.3</b>	<b>CÉLULA FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>32</b>
<b>9.9.4</b>	<b>TIPOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS</b> .....	<b>33</b>
<b>9.10</b>	<b>MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CELDAS</b> .....	<b>33</b>
<b>9.11</b>	<b>MÓDULOS FOTOVOLTAICOS</b> .....	<b>34</b>
<b>9.12</b>	<b>CONTROLADOR DE CARGA</b> .....	<b>35</b>
<b>9.12.1</b>	<b>REGULADOR DE CARGA PWM</b> .....	<b>35</b>
<b>9.12.2</b>	<b>REGULADOR DE CARGA MPPT</b> .....	<b>35</b>
<b>9.12.3</b>	<b>INVERSOR</b> .....	<b>35</b>
<b>9.12.4</b>	<b>BATERÍAS</b> .....	<b>36</b>
<b>9.13</b>	<b>SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (SFV)</b> .....	<b>37</b>
<b>10.</b>	<b>ANÁLISIS DE RESTRICCIONES</b> .....	<b>39</b>
<b>10.1</b>	<b>AMBIENTALES</b> .....	<b>39</b>
<b>10.1.1</b>	<b>RADIACIÓN SOLAR:</b> .....	<b>39</b>
<b>10.1.2</b>	<b>NUBOSIDAD</b> .....	<b>40</b>
<b>10.1.3</b>	<b>IRRADIANCIA</b> .....	<b>40</b>

10.1.4	ANGULO DE INCIDENCIA .....	40
10.2	ASPECTOS TÉCNICOS .....	<b>40</b>
10.2.1	CORRIENTE ALTERNA (CA).....	40
10.2.2	CORRIENTE CONTINUA (CC) .....	41
10.2.3	REGULADOR DE CARGA SOLAR .....	41
10.2.4	REGULADOR DE CARGA MPPT.....	42
10.2.5	INVERSOR .....	42
10.2.6	BATERÍAS .....	42
10.3	ASPECTOS SOCIALES .....	42
10.4	ASPECTOS POLÍTICOS .....	<b>43</b>
10.5	SALUD Y SEGURIDAD.....	<b>43</b>
10.5.1	QUEMADURAS TÉRMICAS .....	44
10.5.2	DESCARGAS ELÉCTRICAS .....	44
10.5.3	CONTAMINACIÓN .....	44
11.	METODOLOGÍA .....	44
11.1	ENFOQUE METODOLÓGICO.....	44
11.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	45
11.3	VARIABLES .....	45
12.	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN .....	47
12.1	POSIBLES ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....	48
12.1.1	ALTERNATIVA 1:.....	48
12.1.2	ALTERNATIVA 2:.....	48
12.2	ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	54
13.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	55
14.	PLAN DE IMPLEMENTACION .....	59
14.1	FASES .....	59
15.	CONCLUSIONES.....	61
16.	BIBLIOGRAFIA .....	62

## TABLA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Viviendas sin servicio de Energía en el área rural de Boyacá .....	13
<b>Ilustración 2.</b> Localización geográfica de Cubará- Boyacá .....	16
<b>Ilustración 3.</b> Energía Solar de Onda Corta Diaria Promedio en Cubará .....	17
<b>Ilustración 4.</b> Propiedades Técnicas del Panel Solar .....	19
<b>Ilustración 5.</b> Participación porcentual de fuentes de energía en la composición de la oferta (1975-2018) .....	22
<b>Ilustración 6.</b> Dispersión, Reflexión y Absorción de la luz .....	25
<b>Ilustración 7.</b> Albedo Planetario .....	26
<b>Ilustración 8.</b> La radiación ultravioleta .....	27
<b>Ilustración 9.</b> Transformación de la energía solar .....	30
<b>Ilustración 10.</b> Producción de corriente eléctrica .....	31
<b>Ilustración 11.</b> Célula Fotovoltaica .....	32
<b>Ilustración 12.</b> Sistema Fotovoltaico Típico .....	37
<b>Ilustración 13.</b> Sistema solar fotovoltaico conectado a red .....	38
<b>Ilustración 14.</b> Sistemas aislados de red .....	39
<b>Ilustración 15.</b> SFA en corriente continua y alterna (DC y AC) .....	41

## 1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Cubara ubicado en el departamento de Boyacá, está conformado principalmente por campesinos y personas del grupo indígena U'wa, su economía se constituye principalmente en agricultura, ganadería y comercio, entre los productos que más se destacan en esta son maíz, yuca y plátano, esta población también genera ingresos por medio de la ganadería. También es un atractivo turístico ya que en este municipio está la Reserva Resguardo Unido Comunidad U'wa, la cual es una reserva indígena protegida por el estado y sus habitantes.

Este municipio del norte del departamento de Boyacá se ha visto afectado por las condiciones geográficas del sector y la lejanía(ubicación) con el área urbana hacen difícil el acceso a la energía eléctrica, es el municipio más afectado del departamento de Boyacá con un alto déficit en la prestación de este servicio, lo que conlleva a que la mayoría de la población no cuente con este servicio y que los pocos que tienen acceso no reciban un servicio con calidad ya que en muchas ocasiones se les presta interrumpidamente.

Lo que nos lleva a estudiar la viabilidad para la implementación de paneles solares en Cubara-Boyacá son los innumerables problemas ambientales que trae el uso de la energía eléctrica convencional pues al realizar la quema de combustibles fósiles se produce dióxido de carbono, diluyéndose en la atmósfera, produciendo un incremento en los niveles del dióxido de carbono, y reforzando el efecto invernadero que contribuye al calentamiento global de la Tierra, lo cual hace que sea necesario explorar otras fuentes de energía que puedan mejorar la calidad ambiental, social y económica de una población, contribuyendo a el cuidado del planeta para que las futuras generaciones puedan seguir manteniendo una buena calidad de vida. Entre las diferentes opciones de fuentes renovables tenemos el sol, el viento, el agua, entre otras, las cuales aportan una variedad de ventajas para cubrir la demanda de energía eléctrica en la región.

De los diferentes tipos de energía renovable que existen, la energía solar es una de las fuentes que ha presentado un mayor crecimiento a nivel mundial en los últimos años, por esta razón implementar un sistema de paneles fotovoltaicos en el municipio de Cubara, promueve el uso de energías renovables, permitiendo aprovechar los recursos naturales como lo es la radiación solar

transformándola en energía eléctrica, generando en esta comunidad acceso al servicio eléctrico, con cero emisiones de gas de efecto invernadero, a un costo asequible y abastecimiento continuo para las diferentes actividades que requieren del servicio eléctrico

## 2. ANTECEDENTES

En el siglo XIX, en pleno desarrollo tecnológico, la electricidad dio el salto a campos tan insospechados, la energía eléctrica se coló en las casas de los países industrializados amparando desde los más básicos a los más sofisticados electrodomésticos. De esta manera, la sociedad de consumo hizo que el servicio de la energía eléctrica sea muy importante para la realización de las diferentes labores día a día, hoy en día casi nadie puede pasar un solo día sin luz. La energía eléctrica debe ahora, en pleno siglo XXI, garantizar supervivencia para asegurar un bienestar al que prácticamente ninguna persona quiere renunciar. (La historia de la energía eléctrica, 2019)

La energía es una parte esencial del desarrollo: posibilita las inversiones, la innovación y las nuevas industrias que son motores de la creación de empleo, el crecimiento inclusivo y la prosperidad compartida para economías enteras. El acceso universal a una energía asequible, segura, sostenible y moderna constituye el eje de los esfuerzos para hacer frente al cambio climático. Hoy en día, 789 millones de personas viven sin electricidad, y cientos de millones más tienen acceso a un suministro insuficiente o poco confiable. Aproximadamente 3000 millones de personas cocinan o calefaccionan sus hogares con combustibles contaminantes, como leña u otros tipos de biomasa, provocando contaminación del aire interior y exterior que tiene amplias repercusiones en la salud. (Energía, 2020)

Desde el advenimiento de la revolución industrial, el consumo energético mundial ha crecido de forma continuada. En 1890 el consumo de combustibles fósiles alcanzó al de biomasa utilizada en la industria y en los hogares. En 1900, el consumo energético global supuso 0,7 TW ( $0,7 \times 10^{12}$  Watts).

Durante el siglo veinte se observó un rápido incremento en el uso de los combustibles fósiles que se multiplicaron por veinte. Entre 1980 y 2004, las tasas anuales de crecimiento fueron del 2%.<sup>10</sup> Según las estimaciones en 2006 de la Administración de Información sobre la Energía

estadounidense, los 15 TW estimados de consumo energético total para 2004 se dividen como se muestra a continuación.

El carbón suministró la energía para la revolución industrial en los siglos XVIII y XIX. Con la llegada del automóvil, de los aviones y con la generalización del uso de la electricidad, el petróleo se convirtió en el combustible dominante durante el siglo XX. El crecimiento del petróleo como principal combustible fósil fue reforzado por el descenso continuado de su precio entre 1920 y 1973. Tras las crisis del petróleo de 1973 y 1979, en las cuales el precio del petróleo se incrementó desde los 5 hasta los 45 dólares estadounidenses por barril, se produjo un retraimiento del consumo de petróleo. El carbón y la energía nuclear pasaron a ser los combustibles elegidos para la generación de electricidad y las medidas de conservación incrementaron la eficiencia energética.

El panorama energético mundial está experimentando una gran transformación, y la energía renovable desempeña un papel cada vez más importante en el proceso de ayudar a los países a desarrollar sistemas energéticos modernos y seguros. La reducción de los costos de las energías limpias está contribuyendo a esta transición, mientras que tecnologías disruptivas como las redes y los contadores inteligentes y los sistemas de datos geoespaciales han mejorado la planificación energética.

La aplicación de nuevos enfoques a gran escala que combinan electrificación con y sin conexión a la red también ha contribuido a generar resultados asombrosos en el acceso a la energía en muchos países. En otros, las minirredes están demostrando ser prometedoras para subsanar la brecha de acceso. Al mismo tiempo, los sistemas de energía solar domiciliarios son cada vez más eficientes y menos costosos, lo que los hace más asequibles en Asia meridional y África subsahariana, regiones que presentan las mayores deficiencias de acceso a la energía.

La energía solar fotovoltaica se está incorporando rápidamente como reemplazo de los combustibles fósiles como fuente dominante de energía. Obsérvese la comparación anterior sobre la disponibilidad: Los recursos totales de todos los combustibles fósiles representan 0,4 YJ en total, mientras que la disponibilidad de energía solar es de 3,8 YJ al año.

En 2004, el suministro de energía renovable representó el 7% del consumo energético mundial.<sup>24</sup> El sector de las renovables ha ido creciendo significativamente desde los últimos años del siglo XX, y en 2005 la inversión nueva total fue estimada en 38000 millones de dólares

estadounidenses. Alemania y China lideran las inversiones con alrededor de 7000 millones de dólares estadounidenses cada una, seguidas de Estados Unidos, España, Japón e India. Esto ha resultado en 35 GW de capacidad adicional al año.

Las consideraciones políticas sobre la seguridad de los suministros, y las implicaciones medioambientales relacionadas con el calentamiento climático y con la sostenibilidad acabarán por sacar al consumo energético mundial de los combustibles fósiles. El concepto de pico del petróleo nos muestra que hemos empleado aproximadamente la mitad de los recursos de petróleo disponibles, y predice un descenso de la producción.

Un gobierno que lidere la retirada de los combustibles fósiles debería crear presión económica mediante el comercio de derechos de emisiones de carbono y mediante ecotasas. Algunos países están desarrollando acciones a partir del Protocolo de Kioto, y hay propuestas de ir más lejos en esta dirección. Por ejemplo, la Comisión Europea ha propuesto que la Política Energética de la Unión Europea debería establecer unos objetivos vinculantes para elevar los niveles uso de las energías renovables desde el actual menos del 7% hasta un 20% en 2020.

El Efecto Isla de Pascua es citado como ejemplo de una cultura que fue incapaz de desarrollarse sosteniblemente que arrasó prácticamente el 100% de sus recursos naturales

Las fuentes energéticas renovables son aún mayores que los tradicionales combustibles fósiles y en teoría pueden fácilmente suministrar la energía que el mundo necesita. 89 PW de energía solar llegan a la superficie del planeta. Aunque no es posible atraparla toda, ni tan siquiera la mayor parte, aun capturando menos del 0,02% de esta energía sería suficiente para colmar las necesidades energéticas actuales. Los obstáculos al desarrollo de la producción solar incluyen la dependencia del factor meteorológico y la falta de espacio para paneles solares en áreas de gran demanda como las ciudades. Además, la generación solar no produce electricidad durante la noche, lo cual es un problema destacado para los países ubicados en latitudes altas boreales y septentrionales; la demanda energética es más elevada en invierno, mientras la disponibilidad de energía solar es más baja. Globalmente, la generación solar es la fuente de energía de más rápido crecimiento, mostrando un crecimiento promedio anual del 35% durante los últimos años. Japón, Europa, China, los Estados Unidos de América e India son los países inversores de mayor crecimiento de la energía solar. Los avances en la tecnología y las economías de escala, así como

la demanda de soluciones al calentamiento global, han llevado a la energía fotovoltaica a convertirse en el mejor candidato para reemplazar a la energía nuclear y a los combustibles fósiles.

Los recursos energéticos disponibles mediante la energía solar son de 3,8 YJ/año (120 000 TW). Menos del 0,02% de los recursos disponibles son suficientes para reemplazar las energías fósiles y las nucleares como fuentes de energía. Considerando que las tasas actuales de uso permanecieran constantes, el petróleo se agotará en 35 años, y el carbón en 200 años de acuerdo a la teoría del pico de Hubbert. En la práctica no se llegará al agotamiento, ya que a medida que las reservas remanentes decaigan las limitaciones naturales obligarán a la producción a disminuir su ritmo.

En 2016, la energía solar fotovoltaica conectada a la red fue una de las fuentes de energía con mayor crecimiento mundial, hasta alcanzar una capacidad total instalada de 230 GW. La producción de células fotovoltaicas ha experimentado un crecimiento exponencial desde principios del siglo XXI, duplicándose aproximadamente cada dos años. China se ha convertido ya en el mayor productor fotovoltaico del mundo con 42 GW instalados, mientras que Alemania se aproximaba a los 40 GW, lo que equivale a la potencia de generación de varias decenas de centrales nucleares.

China, Japón, Estados Unidos e India, son los países donde la energía solar fotovoltaica está experimentando un crecimiento más vertiginoso, que se espera se acelere en los próximos años.

El consumo de agua caliente solar y la calefacción solar ha sido estimado en 88 GWt (gigavatios de energía térmica) para 2004.

El crecimiento mundial de la energía solar fotovoltaica ha seguido una curva exponencial durante más de dos décadas. Durante este periodo de tiempo, ha evolucionado desde un nicho de mercado basado en aplicaciones de pequeña escala hasta convertirse en una fuente convencional de electricidad.

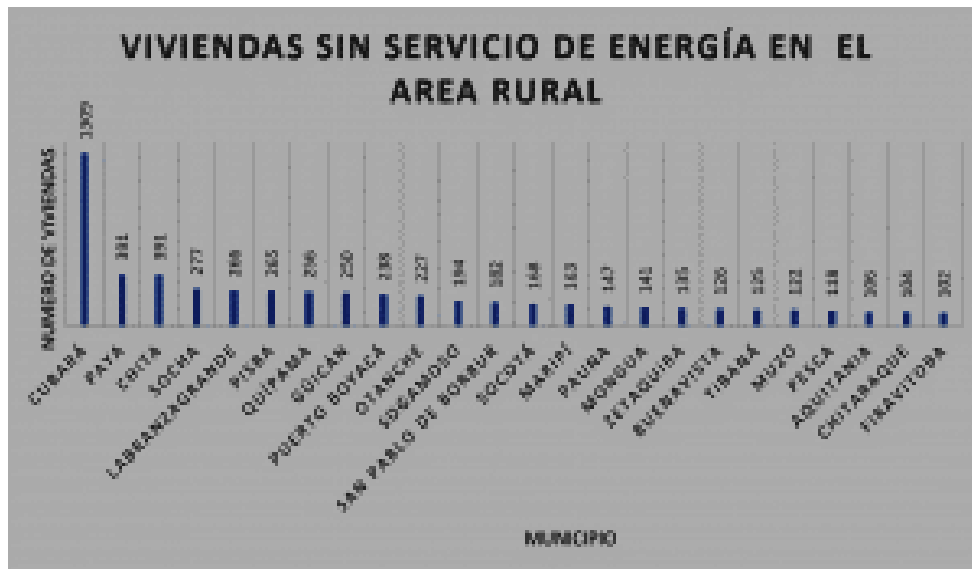
Cuando los sistemas fotovoltaicos se reconocieron por primera vez como una tecnología de energía renovable prometedora, se comenzaron a implementar programas de subvenciones en diferentes países para proporcionar incentivos económicos a las inversiones. Durante varios años, el crecimiento fue principalmente conducido por Japón y varios países europeos pioneros como Alemania.

Como consecuencia, el coste de la energía solar fotovoltaica ha declinado significativamente debido a las mejoras en tecnología y economías de escala, sobre todo cuando la producción de módulos y células solares empezó a dispararse en China. Desde entonces, el despliegue de la fotovoltaica se está produciendo a cada vez mayor escala, particularmente en Asia, pero también en América del Norte y otras regiones, donde la energía solar está compitiendo cada vez más con fuentes de energía convencional, al alcanzarse la paridad de red en aproximadamente 30 países.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Para el desarrollo del proyecto es importante tener claro que la energía eléctrica por constitución política del país es un servicio fundamental y es regulado por el estado, esto conlleva a que se afecten otros derechos fundamentales como el de salud, acceso a la educación, entre otros; En el caso puntual del departamento de Boyacá, la cobertura del servicio de energía eléctrica según estudios del censo nacional de población y vivienda 2018 - CNPV del DANE cuenta con un 97% de viviendas que tienen cobertura del servicio, coincidiendo con el índice de cobertura de energía eléctrica – ICEE, del Boletín Estadístico de Minas y Energía 2018 - UPME, dejando un déficit de cobertura del 2,8% que representan alrededor de 12.000 viviendas que no cuentan con el servicio de energía eléctrica (Gobernación de Boyacá | Secretaría de Minas y Energía, 2020).

**Ilustración 1.** Viviendas sin servicio de Energía en el área rural de Boyacá



**Fuente:** ESTADÍSTICAS PRIMER SEMESTRE 2020. Recuperado de Gobernación de Boyacá. <https://www.boyaca.gov.co/secretariaminasenergia/estadisticas-mineria-primer-semestre-2020/>

En la ilustración 3, se puede observar que, en el sector rural de Boyacá, cerca de 10.000 viviendas aun no cuentan con servicio de energía eléctrica, de los municipios que tienen mayor déficit encabeza la lista el municipio de Cubará con 1309 viviendas. Las condiciones topográficas del departamento y las distancias que separan una vivienda de otra en el sector rural son variables determinantes económicas para dar cobertura de energía eléctrica mediante interconexión (Gobernación de Boyacá | Secretaría de Minas y Energía, 2020).

Lo anteriormente expuesto y de acuerdo a las necesidades del municipio de Cubara de acceso a servicio de energía eléctrica, es necesario realizar una investigación que brinde una solución eficiente a los requerimientos de esta población por medio de energías renovables.

¿Es factible la implementación de paneles fotovoltaicos en el municipio de Cubara- Boyacá que permita una nueva alternativa para conectar a esta zona desde el punto de vista técnico?

#### **4. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la viabilidad de un sistema de generación eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica, para el suministro eléctrico de la población rural del municipio de Cubara- Boyacá, impulsando el uso de energías renovables.

#### **5. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ❖ Establecer la viabilidad técnica y ambiental para la implementación del sistema de paneles fotovoltaicos en el municipio de Cubara-Boyacá.
- ❖ Reunir toda la información sobre las diferentes variables que pueden afectar el sistema fotovoltaico, así mismo determinar la radiación solar que se pueda utilizar en el municipio de Cubara, de acuerdo con las necesidades y expectativas de la población.
- ❖ Determinar los impactos medio ambientales en la implementación de la energía fotovoltaica.

Evaluar el sistema de paneles fotovoltaicos y sus componentes según la demanda eléctrica y disponibilidad solar.

## 6. JUSTIFICACIÓN

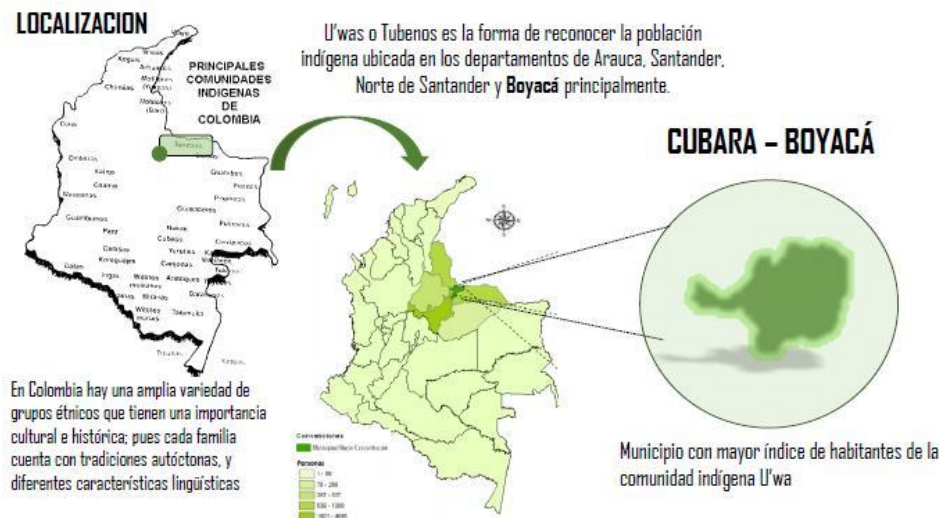
Con esta investigación se busca evaluar la viabilidad técnica, socioeconómica y ambiental de la instalación de celdas Fotovoltaicas en Cubara-Boyacá, como una alternativa para solucionar la problemática de abastecimiento de energía eléctrica en las zonas remotas del municipio, mejorando de esta manera, la calidad de vida y el desarrollo de las poblaciones afectadas, donde los niños y jóvenes tienen mayores oportunidades de formarse de manera virtual o presencial, y los habitantes en general podrán ampliar sus conocimientos en las diferentes áreas de interés teniendo acceso a la electricidad, de esta manera el proyecto será de gran utilidad para que las entidades territoriales con problemas de falta de energía eléctrica en zonas que no tienen cobertura, para que solucionen este problema con la implementación de Sistemas Solares Fotovoltaicas de una forma ágil y eficiente, éste proyecto además contribuirá a ampliar la cobertura del servicio de energía eléctrica, y a plantear la energía Solar Fotovoltaica como una alternativa viable para dar solución a la cobertura del servicio en Zonas No Interconectadas ZNI, especialmente a viviendas rurales dispersas.

Es importante destacar que Colombia tiene un promedio diario de irradiancia solar sobre todo el territorio de  $4.5 \text{ kWh m}^2$ , siendo la zona de la guajira  $6.0 \text{ kWh m}^2$  la zona del país donde la radiación es la más alta, el país tiene un buen potencial en términos generales para el uso de energía solar, la zona andina que es donde se encuentra ubicado el municipio de Cubara-Boyacá tiene un promedio de  $1.643 \text{ kWh m}^2$  anualmente, gracias a esto el uso de la energía solar fotovoltaica puede ser masificada para el uso tanto urbano, rural e industrial, normalmente esta tecnología es usada en sistemas aislados no conectados a la red eléctrica pero aún en la actualidad hay muchos inconvenientes en su mayoría por desinformación y desconocimiento. “Colombia tiene una radiación solar promedio de  $4,5 \text{ KW}$  por metro cuadrado, con algunas áreas del Caribe como La Guajira que alcanzan  $6 \text{ KW}$ , lo que es  $66\%$  superior al promedio mundial” (LA REPUBLICA, 2018). Considerando el potencial de riqueza energética que tiene el país, este proyecto busca desarrollar una investigación de viabilidad para el diseño e implementación de un sistema de paneles fotovoltaicos en este caso en las viviendas del área rural de Cubara-Boyacá y las microempresas que se encuentren en este sector, en estas zonas apartadas el aprovechamiento de

la energía solar aportaría en el desarrollo y mejoramiento social de muchos municipios, zonas remotas o de difícil acceso donde no están interconectados a la red de energía eléctrica nacional.

Este municipio del departamento de Boyacá se ubica en el extremo, tiene una altitud de 360m sobre el nivel del mar. En promedio tiene una temperatura de 24°C, por lo cual se sitúa entre el clima cálido y templado. (Cubará, 2022).

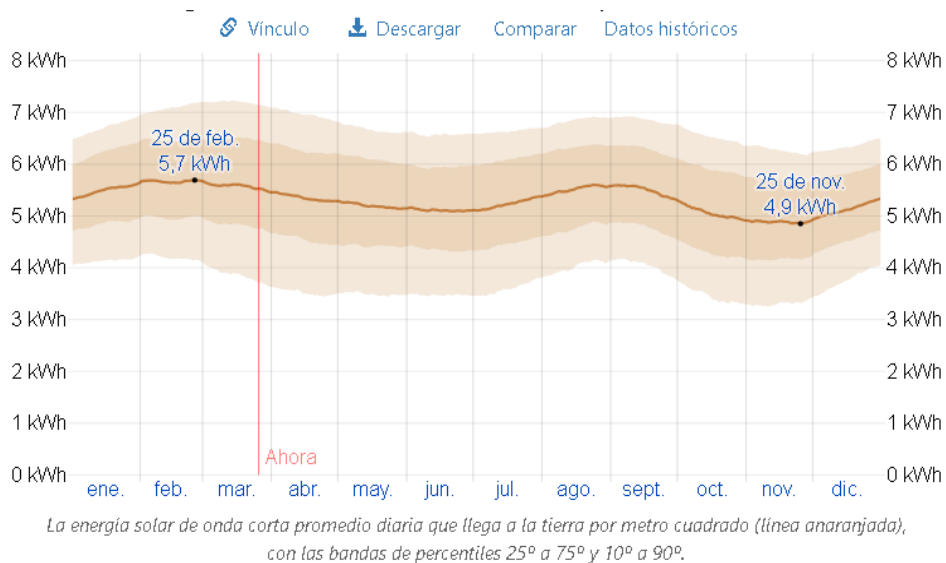
**Ilustración 2.** Localización geográfica de Cubará- Boyacá



**Fuente:** Ubicación del municipio de Cubara-Boyacá (2018). Docplayer

En el municipio de Cubara-Boyacá los veranos son cortos y cálidos; los inviernos son cortos y calurosos y está bochornoso, mojado y nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 20 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de 19 °C o sube a más de 32 °C. La energía solar de onda corta incidente diario total que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

### Ilustración 3. Energía Solar de Onda Corta Diaria Promedio en Cubará



**Fuente:** Energía Solar de Onda Corta Diaria Promedio en Cubará (2022). Recuperado de Weather Spark.

La energía solar de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado no varía considerablemente durante el año y permanece en un margen de más o menos 0,4 kilowatts-horas de 5,3 kilowatts-horas.

La utilización del recurso solar como una fuente de energía renovable para la industrialización de la radiación solar en energía eléctrica, es una práctica que se ha venido replicando en diferentes partes del mundo buscando desarrollar sistemas energéticos modernos y seguros, de esta manera lograr que los sistemas de energía solar domiciliarios sean cada vez más eficientes y menos costosos, en las regiones que presentan las mayores deficiencias de acceso a la energía, por medio de energías limpias, subsanando la brecha de acceso al servicio eléctrico, Por esto, es importante realizar la evaluación de la viabilidad para la implementación de un sistema solar fotovoltaico que permita que sea conocida y evaluada esta alternativa energética que puede llegar a reemplazar el uso de energías convencionales para satisfacer las diferentes necesidades.

## 7. ANALISIS DE REQUERIMIENTOS

Para el desarrollo del proyecto se establecen los siguientes requerimientos que permiten estructurar de forma clara y precisa el listado jerarquizado de los (que's) y los (Como's) que interpretan la voz del cliente.

(que's)	(como's)
1. Que sea un producto de carga solar	10. El producto contara con paneles fotovoltaicos y baterías de manera que funcionara por medio de la energía solar.
2. Que sea un producto con excelente calidad, con características únicas en su tipo	11. El producto será fabricado con los mejores materiales del mercado en términos de calidad y confiabilidad
3. Que se cargue automáticamente	12. El producto tendrá un dispositivo automático que, a entrar en exposición con la luz solar, de manera automáticamente iniciará su carga.
4. Que sean seguros	13. Contará con las medidas de seguridad según los estándares internacionales en cuanto a elementos de corriente.
5. Que pueda cubrir un área amplia con su iluminación.	14. Existirá una buena variedad del producto para que el usuario pueda escoger.
6. Que tengan un precio económico, de manera que sea de fácil acceso.	15. El precio estará acorde a los costes de fabricación y que satisfagan el bolsillo del cliente.
7. Que el diseño sea acorde a la necesidad.	16. Clasificación y selección de materiales.
8. Que su iluminación sea agradable a la vista	17. Diseño del producto.
9. Que sea de material resistente.	18. Preparación de forma.

**Fuente:** Elaboración propia

## 8. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

En la implementación de este sistema para la generación de energía eléctrica utilizando paneles fotovoltaicos, se analizaron las condiciones espaciales de acuerdo a los requerimientos técnicos para instalar el sistema y las condiciones de diseño que debe cumplir, en este caso del área rural del municipio de Cubara. El sistema de paneles fotovoltaicos que se diseña para este proyecto es un sistema aislado que necesita de los siguientes componentes, ver anexo de fichas técnicas:

### 8.1 PANELES FOTOVOLTAICOS

Los paneles comercialmente están entre el rango de 200 a 250 W de generación de potencia, debido a la configuración interna de los mismos y sus materiales. Los paneles monocristalinos tienen mayor capacidad de generación de energía eléctrica y al cumplir con la vida útil, a nivel ambiental es importante debido a que se puede reciclar, pero su costo de producción es mucho más alto y por ende la comercialización de este es mayor. Otra de las características principales por las cuales se selecciona este panel solar es el número NOCT, esta es la capacidad del panel solar para poder generar energía eléctrica a la temperatura ambiente, entre mayor sea la temperatura ambiente menor es la capacidad de generar energía.

#### Ilustración 4. Propiedades Técnicas del Panel Solar

Propiedades Técnicas	
Potencia máxima nominal (Pmax)	250W
Voltaje a Pmax (Vmp)	30.65V
Corriente a Pmax (Imp)	8.17A
Voltaje a circuito abierto (Voc)	37.8V
Corriente de Cortocircuito (Isc)	8.74A
Eficiencia de Celdas (%)	17,40%
Eficiencia del Módulo	15,30%
Temperatura de operación (Cº)	-40Cº~+85Cº
Voltaje máximo del sistema	DC 1000V(TUV) / DC600V(UL)
Fusible serie máximo	15A
Tolerancia a potencia máxima	±3 %
Coefficiente de Temperatura a Pmax	(-0.45±0.05)% / Cº
Coefficiente de Temperatura a Voc	(0.05±0.01) % / Cº
Coefficiente de Temperatura a Isc	(-0.35±0.05)% / Cº
NOCT	(47±2) / Cº

Test en condiciones estándar 1000W/m2. Temp. del módulo 25ºC, AM = 1,5

**Fuente:** AC Benítez Soler. Estudio de factibilidad de la implementación de un sistema (2018)

## **8.2 INVERSOR**

Para la selección de los inversos se tiene en cuenta la potencia que se desea generar y la frecuencia con la que trabaja, esta frecuencia esta dictaminada por el estándar de cada país. En Colombia se establece una frecuencia de 60Hz, dado que la demanda del proyecto es de 2800 W aproximadamente se selecciona el modelo IND-3.055, el cual tiene una capacidad de manejo de 3000w.

## **8.3 BATERÍAS**

Las baterías usadas para estos sistemas tienen un sistema de carga diferente, dado que la energía eléctrica suministrada por los paneles solares no es constante, las baterías cuenta con un sistema de carga progresiva, por lo cual debemos estimar el amperaje requerido para cumplir la demandad de la casa, ya que en la actualidad es 110A, de decide instalar las baterías de 250A, ya que por ser una hacienda con cosecha de fresas se estima que a fututo se requerirá mayor amperaje para cumplir la demanda de maquinaria.

## **9. MARCO DE REFERENCIA**

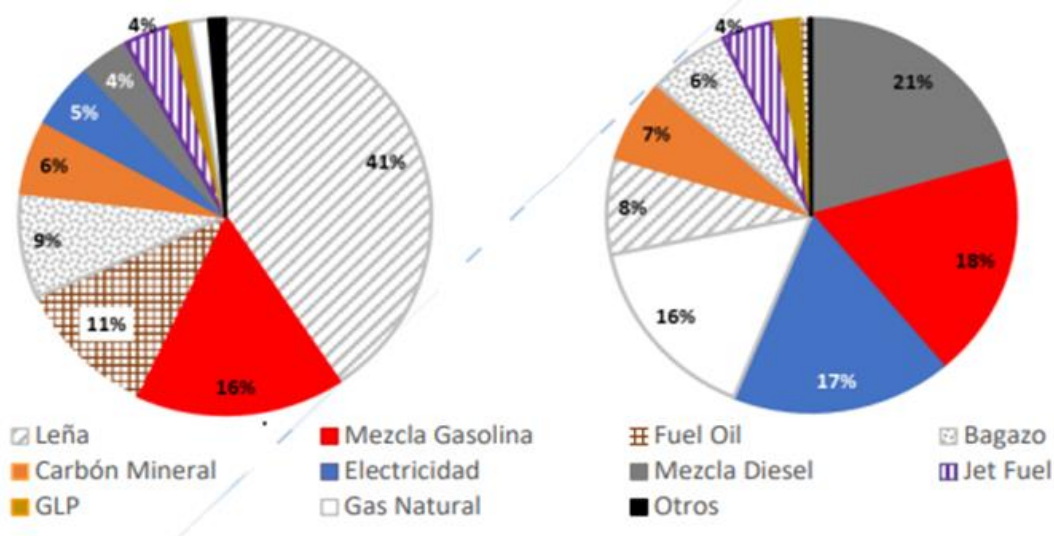
En relación con nuestro estudio de viabilidad para implementar paneles fotovoltaicos en el municipio de Cubará- Boyacá analizamos y definimos las variables involucradas para el desarrollo de este proyecto lo cual nos permitirá un mayor asertividad en la conclusión de este proyecto.

Es importante mencionar que en nuestro país hay un déficit energético, aproximadamente el 32% del territorio no está incluido en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) mostrando una cifra bastante alta la cual nos indica que se deben realizar más esfuerzos para desarrollar soluciones en estas zonas que no están conectadas. Nosotros estamos ubicados geográficamente en un lugar donde tenemos acceso a un recurso solar uniforme de 2,5 kWh/m<sup>2</sup>, lo cual nos brinda un gran beneficio que podríamos aprovechar para el desarrollo a gran escala de energía fotovoltaica, la cual podría sustituir la deficiencia energética que presenta el país hoy en día. (Panorama del desarrollo de la Energía Solar en Colombia y el mundo., 2020). Actualmente en Colombia se busca aliviar la demanda que tenemos de energía eléctrica eficientemente, para la cual se depende de fuentes de

energía en la que se usan recursos naturales no renovables. En el caso de la energía solar fotovoltaica por su fácil instalación y operación en estas zonas apartadas del territorio nacional y debido a que su fuente principal es el sol el cual es inagotable, siendo una fuente amigable con el medio ambiente, sería una solución bastante viable a esta problemática. Por otro lado, sus costos son más bajos debido a que no requieren tanto mantenimiento, tienen una larga vida útil y los costos que tienen las celdas son cada vez menores. (Panorama del desarrollo de la Energía Solar en Colombia y el mundo., 2020)

La oferta de energía primaria en Colombia está compuesta predominantemente por combustibles fósiles (carbón y petróleo), con una participación cercana al 77% del total mientras que la hidroelectricidad, el gas natural y las fuentes no convencionales de energía renovable (bagazo, biocombustibles y leña) suman el restante 23%. Al observar la evolución histórica de la oferta y la demanda de energía de nuestro país durante las últimas cuatro décadas, se evidencian fuertes cambios tanto en los usos finales de la energía como en la composición de la matriz energética de la economía. Así, en los 43 años comprendidos entre 1975 y 2018, el consumo final de energía se incrementó un 78%, pasando de 735 PJ a 1.308 PJ, que equivale a una tasa de crecimiento promedio anual de 1,81%. Este crecimiento se explica principalmente por el aumento del consumo en la industria manufacturera y en el sector transporte, que presentaron tasas promedio anuales de crecimiento del 2,4% y 5,9% respectivamente. El incremento en estos sectores contrasta con la disminución de consumo de energía del sector residencial, que era el más intensivo en 1975 con un 46% de participación en la demanda de energía, debido principalmente a la sustitución del consumo de leña por la penetración del gas combustible (reducción de 63% en el período de análisis). (Londoño, 2019)

**Ilustración 5.** Participación porcentual de fuentes de energía en la composición de la oferta (1975-2018)



**Fuente:** ENE y UPME-BECO

Colombia consume anual 57.000 GWh (1.2 MWh por habitante) anual, pero solo se generó 0.006 GWh (el 0.000011%), por el uso de plantas solares que son apenas 78.000 paneles [15,16]. Entre el año 2010 y el año 2011 el consumo de energía creció el 1.8% y los precios por KWh subieron a partir de septiembre del 2011 de \$366,00 (Estrato 3) a \$414,94 (diciembre 2012), según datos registrados por EmCali [8-11]. Colombia al igual que otros países latinoamericanos tiene el mismo problema, ya que el consumo de energía eléctrica sube y los precios también. Por tanto, urge pensar en fuentes alternativas de energías renovables como lo son las plantas de paneles solares.

La capacidad fotovoltaica estimada en Colombia es de 20MW, complementándose con la planta Celsia Solar Yumbo, la cual cuenta con una capacidad instalada neta de 9,8 MW y comenzó a operar el 3 de septiembre del 2018. Además, la compañía está trabajando en la construcción de otros tres proyectos que se conectarían a la red en 2019. Numerosas señales demuestran que el país está comprometido con el cumplimiento de desarrollo sostenible, lo que garantiza sostenibilidad energética en el país a corto y largo plazo. Además de todos los beneficios mencionados anteriormente, uno de los más importantes es el económico. La energía solar ayudará a estabilizar los precios de la energía a futuro y lo primordial que es la electricidad asequible.

Ahora el municipio donde se va a realizar este proyecto que es en Cubará- Boyacá como se mencionó anteriormente la energía solar de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado no varía considerablemente durante el año y permanece en un margen de más o menos 0,4 kilowatts-horas de 5,3 kilowatts-horas, así mismo es importante tener claro algunos conceptos los cuales se mencionaran a continuación:

## **9.2 ENERGÍA SOLAR**

Esta energía es una fuente renovable que se obtiene de la radiación electromagnética que irradia el Sol. Es una energía renovable ya que es obtenida de una fuente natural, inagotable, en este caso el Sol. (Energía solar: todo lo que tienes que saber, 2021). La radiación solar es importante para las plantas ya que por medio de esta realizan la fotosíntesis de la clorofila, lo que permite la supervivencia de los seres vivos que habitan el planeta tierra. Además, está origina los vientos, mareas y combustibles fósiles: el Sol es importante para casi todas las formas de energía que existen en nuestro planeta, este es el motor principal de cada una de ellas.

Cuando llego el progreso tecnológico a finales del siglo XIX se hizo posible transformar la fuerza del sol en energía eléctrica por la invención de la célula solar, este dispositivo sirve para convertir la radiación que emite el sol en energía eléctrica, el aprovechamiento de este fenómeno físico se conoce como efecto fotovoltaico. Actualmente después de casi 150 años de la fabricación de la primera célula fotovoltaica, esta energía solar es el tipo de energía renovable que más se incrementa proporcionalmente (+24 % al año según el informe IRENA 2019).

## **9.3 RADIACIÓN SOLAR**

La radiación solar es la energía que emite el Sol en el espacio interplanetario. La radiación solar que llega a la Tierra se cuantifica mediante la irradiación solar, que es la energía recibida por unidad de superficie, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrogeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar.

La radiación electromagnética, son ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para propagarse,

por lo que estas ondas pueden atravesar el espacio interplanetario e interestelar y llegar a la Tierra desde el Sol y las estrellas. La longitud de onda ( $\lambda$ ) y la frecuencia ( $\nu$ ) de las ondas electromagnéticas, relacionadas mediante la expresión  $\lambda\nu = C$  (donde  $C$  es la velocidad de la luz), son importantes para determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características. Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad de  $C = 299.792 \text{ km/s}$ .

El Sol es la principal fuente de energía para todos los procesos que ocurren en el sistema tierra - atmósfera – océano. Más del 99,9 % de la energía que este sistema recibe proviene del Sol. La radiación solar al pasar por la atmósfera sufre un proceso de debilitamiento por la dispersión (debida a los aerosoles), la reflexión (por las nubes) y la absorción (por las moléculas de gases y por partículas en suspensión), por lo tanto, la radiación solar reflejada o absorbida por la superficie terrestre (océano o continente) es menor a la del tope de la atmósfera. Esto depende de la longitud de onda de la energía transmitida y del tamaño y naturaleza de la sustancia que modifica la radiación. La superficie de la Tierra, suelos, océanos, y también la atmósfera, absorbe energía solar y la vuelven a irradiar en forma de calor en todas direcciones.

A continuación, se presentan los procesos de atenuación que sufre la radiación solar en su trayectoria hacia la tierra.

### **9.3.1 DISPERSIÓN**

La radiación solar viaja en línea recta, pero los gases y partículas en la atmósfera pueden desviar esta energía, lo que se llama dispersión. La dispersión ocurre cuando un fotón afecta a un obstáculo sin ser absorbido cambiando solamente la dirección del recorrido de ese fotón.

**Ilustración 6.** Dispersión, Reflexión y Absorción de la luz



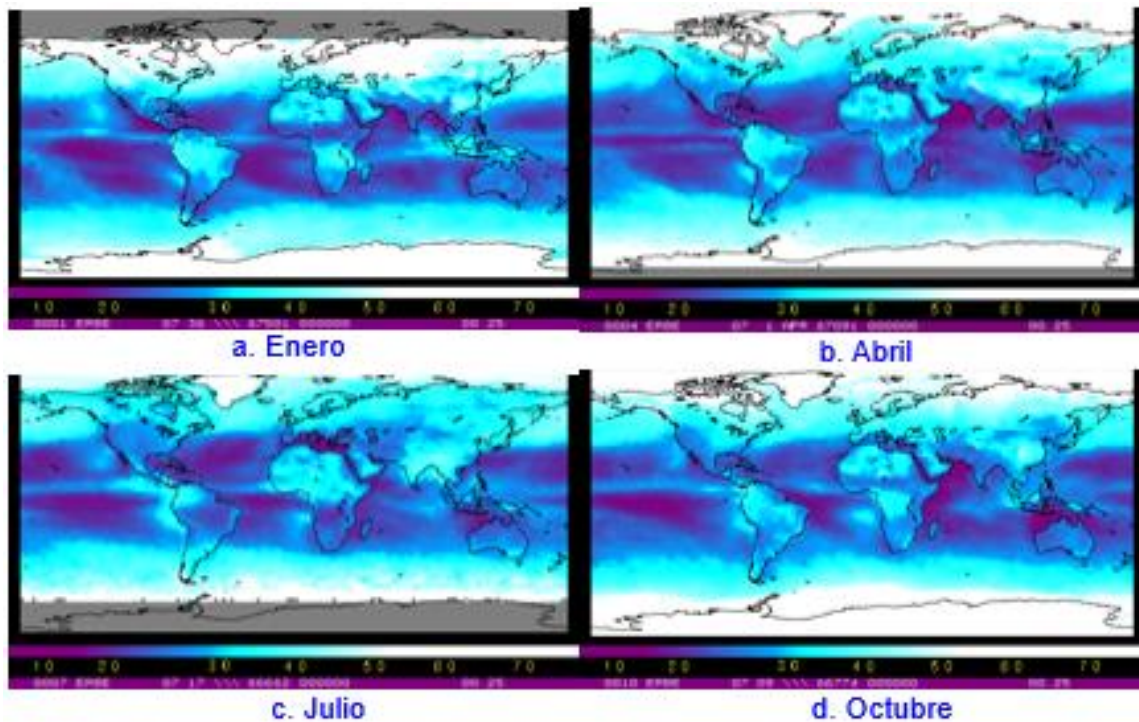
**Fuente:** ADR. Dispersión, reflexión y absorción de la luz.

### 9.3.2 REFLEXIÓN (ALBEDO)

La capacidad de reflexión o fracción de la radiación reflejada por la superficie de la tierra o cualquier otra superficie se denomina Albedo. El albedo planetario es en promedio de un 30%. Esta energía se pierde y no interviene en el calentamiento de la atmósfera.

El albedo es variable de un lugar a otro y de un instante a otro, depende de la cobertura nubosa, naturaleza de la superficie, inclinación de los rayos solares, partículas en el aire, etc. La Luna tiene sólo un 12% de albedo, porque no tiene atmósfera y en las noches de luna llena da un buen brillo.

**Ilustración 7.** Albedo Planetario



**Fuente.** Albedo planetario (ERBE), elaborado por la NASA.

El albedo medio anual de los hemisferios septentrionales y meridionales es casi el mismo, demostrando la influencia importante de las nubes. Se destaca el alto albedo en la costa occidental de Sudamérica, ya que en esta región persisten las nubes bajas de tipo estrato. El ciclo anual del albedo sigue el ciclo anual de la posición del Sol.

**9.4 ABSORCIÓN POR MOLÉCULAS DE GASES Y PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN**

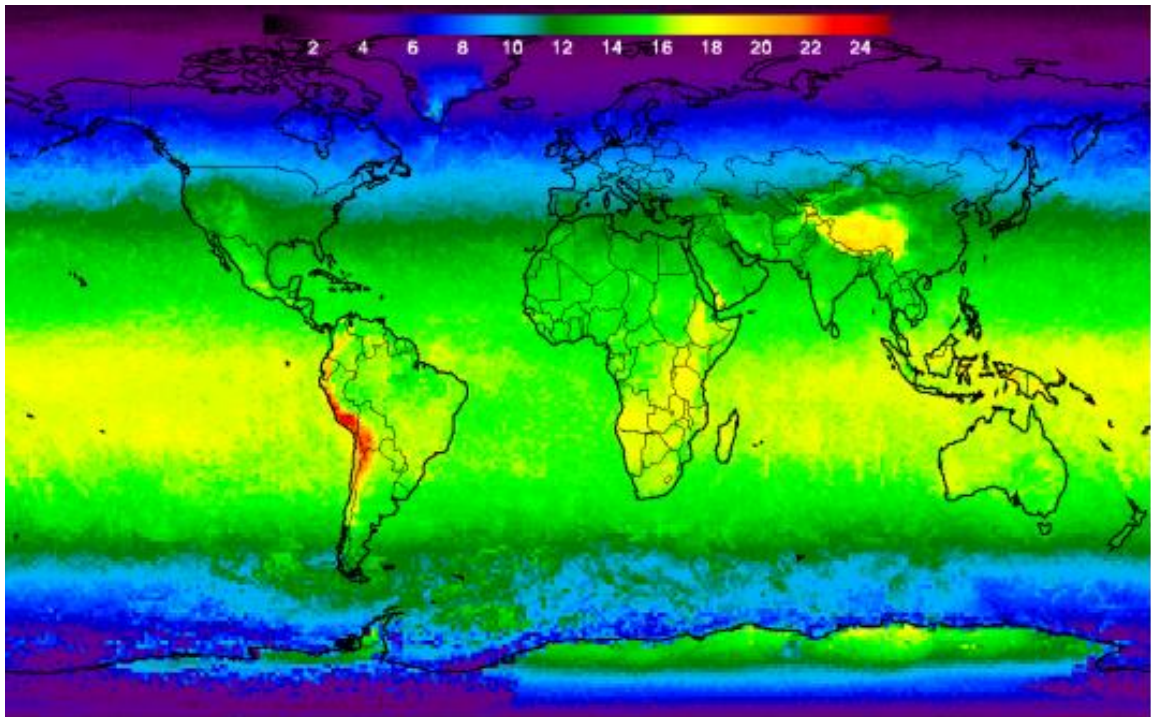
La absorción de energía por un determinado gas tiene lugar cuando la frecuencia de la radiación electromagnética es similar a la frecuencia vibracional molecular del gas. Cuando un gas absorbe energía, esta se transforma en movimiento molecular interno que produce un aumento de temperatura.

Los gases que son buenos absorbentes de radiación solar son importantes en el calentamiento de la atmósfera, ejemplo de ellos es la absorción de radiación solar por el ozono este proporciona la energía que calienta la estratosfera y la mesosfera. los gases en la atmósfera que

absorben la radiación infrarroja procedente de la Tierra o radiación saliente son conocidos como gases de efecto invernadero, entre ellos se encuentran el dióxido de carbono, vapor de agua, óxido nítrico, metano y ozono. Todos los gases tienen moléculas cuya frecuencia vibracional se localiza en la parte infrarroja del espectro.

El aprovechamiento de la energía del Sol está condicionado por la intensidad de radiación que se recibe en la Tierra. La radiación varía según la latitud del lugar, el momento del día, las condiciones atmosféricas y climatológicas. La unidad métrica utilizada para la radiación es el  $W/m^2$  que expresa la cantidad de energía que llega a un área de un metro cuadrado.

### **Ilustración 8.** La radiación ultravioleta



**Fuente:** SENAMHI 2012. La radiación ultravioleta es más intensa en los andes y la región del altiplano

## **9.5 APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR**

La energía solar llega en forma de radiación electromagnética mediante luz, calor y rayos ultravioleta. El sol es la central infinita de tres energías renovables (solar fotovoltaica, solar termoeléctrica y solar térmica) las cuales se procesan de distintas maneras:

### **9.6 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA**

La energía solar térmica es la que aprovecha la luz del Sol con el objetivo de generar calor para diferentes usos: cocinar, producir agua caliente, calefacción o energía mecánica. Es una forma de energía renovable sostenible que, normalmente, se aplica en viviendas e instalaciones pequeñas. Sin embargo, también se utiliza en centrales de mayor tamaño. En el ámbito industrial, la energía termo solar se utiliza para aportar calor a procesos como la pasteurización o la desinfección.

### **9.7 LA ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA**

Utiliza lentes o espejos y dispositivos de seguimiento solar para concentrar la radiación solar incidente en una superficie reducida. Esta concentración permite obtener altas temperaturas y, en correspondencia, altas eficiencias termodinámicas de conversión en trabajo. El calor que se obtiene en este proceso se transfiere normalmente a un fluido que, pasando a través de una turbina, acoplada a un generador, produce electricidad. Entre los distintos sistemas de concentración solar se han desarrollado tres tipos de tecnologías.

### **9.8 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Este tipo de energía permite la obtención directa de electricidad a partir de la radiación solar. Se trata de un tipo de energía renovable, inagotable y no contaminante que puede producirse en instalaciones con paneles solares fotovoltaicos. Una de las grandes ventajas de esta tecnología es que es modular: los paneles pueden usarse para el autoconsumo (brindar electricidad en hogares o edificios) o también para abastecer a la red eléctrica a través de grandes centrales.

La energía fotovoltaica es la más extendida en grandes instalaciones o huertos solares, y sus paneles transforman directamente la radiación solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Fue el físico francés Edmond Becquerel quien lo descubrió en 1839 al percatarse de que una celda de electrodos metálicos producía más electricidad a través de una solución conductora cuando quedaba expuesta a la luz. En 1883, el científico norteamericano Charles Fritts creó la primera célula fotoeléctrica utilizando el selenio por material semiconductor. Hoy, la industria emplea masivamente el silicio como ingrediente fundamental en el proceso.

Existen ensayos operativos con materiales derivados del carbono en paneles orgánicos, que aportan ventajas como la posibilidad de adaptarlos a superficies irregulares. Esto podría facilitar y abaratar su instalación por ejemplo en entornos urbanos y para usos domésticos. El primer módulo fotovoltaico lo desarrollaron en 1954 ingenieros de la NASA para alimentar con luz solar los equipos de comunicación de los satélites. A mediados de los años setenta, los avances fotovoltaicos llegaron al ámbito civil, aunque la capacidad de aquellos módulos era bastante inferior a la de los actuales.

## **9.9 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO**

Un sistema fotovoltaico produce electricidad a partir de una fuente que es renovable e infinita: el sol. Un sistema fotovoltaico industrial o un sistema PV solar industrial hace referencia a un sistema que tiene una potencia de salida superior a 100 kWp, una capacidad ideal para muchos tipos de empresas con el objetivo de abastecer el autoconsumo, así como para la producción y la venta de energía eléctrica.

Existen dos tipos diferentes de sistemas fotovoltaicos:

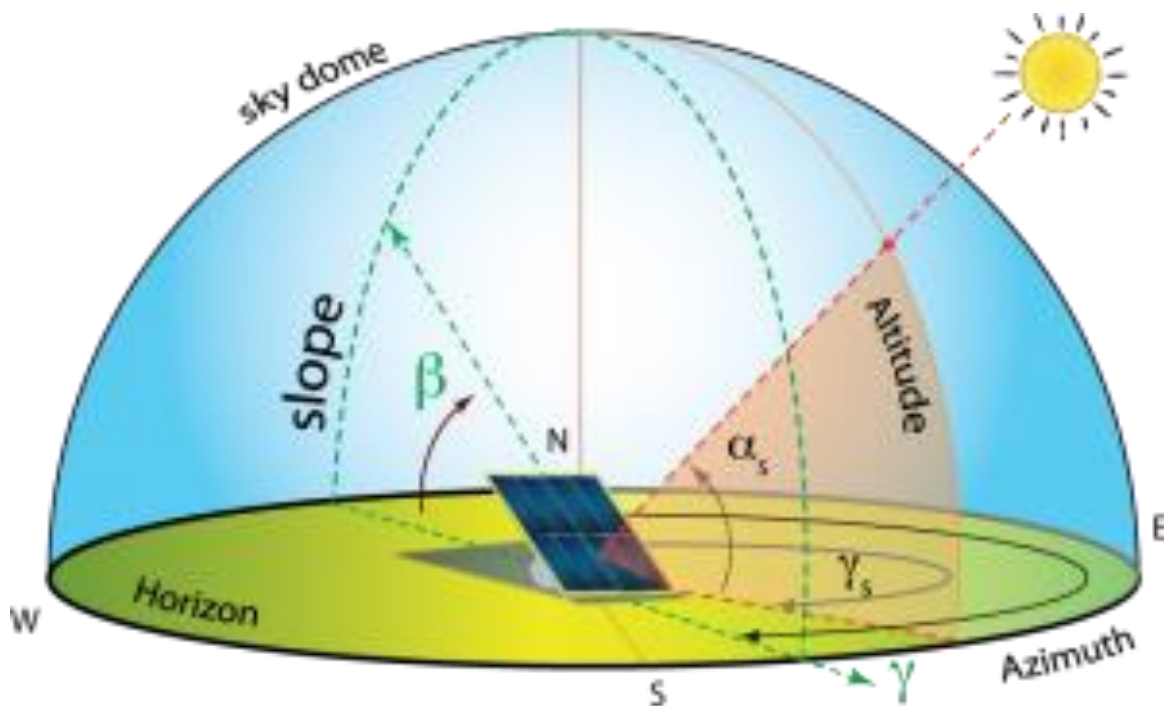
- Sistemas conectados a la red que coexisten dentro de los sistemas eléctricos residenciales / industriales tradicionales. Su uso se puede alternar con el de la red eléctrica tradicional, incluso cuando no hay sol, para garantizar que siempre se cumplan las necesidades energéticas del cliente final.
- Sistemas autónomos, que se incorporan a un sistema de baterías que garantiza la continuidad del servicio, es decir, un suministro eléctrico constante durante toda la noche o cuando está parcialmente nublado o directamente no hay sol.

### 9.9.1 EFECTO FOTOVOLTAICO

El efecto fotovoltaico ocurre por una corriente eléctrica que se produce por el contacto de dos piezas que no se componen del mismo material, y que además se están expuestas a la radiación electromagnética, ejemplo de ello es la luz. De acuerdo con lo mencionado anteriormente la energía solar fotovoltaica es responsable de aprovechar este efecto. En este caso los paneles solares por medio de las células fotovoltaicas usan este suceso para obtener energía.

La energía que obtenida por un panel solar está sujeto a las condiciones meteorológicas, y principalmente de la orientación que tenga respecto a los rayos de la luz solar, para este caso la posición del panel fotovoltaico que debe ser siempre perpendicular lo cual ayuda a alcanzar el máximo provecho.

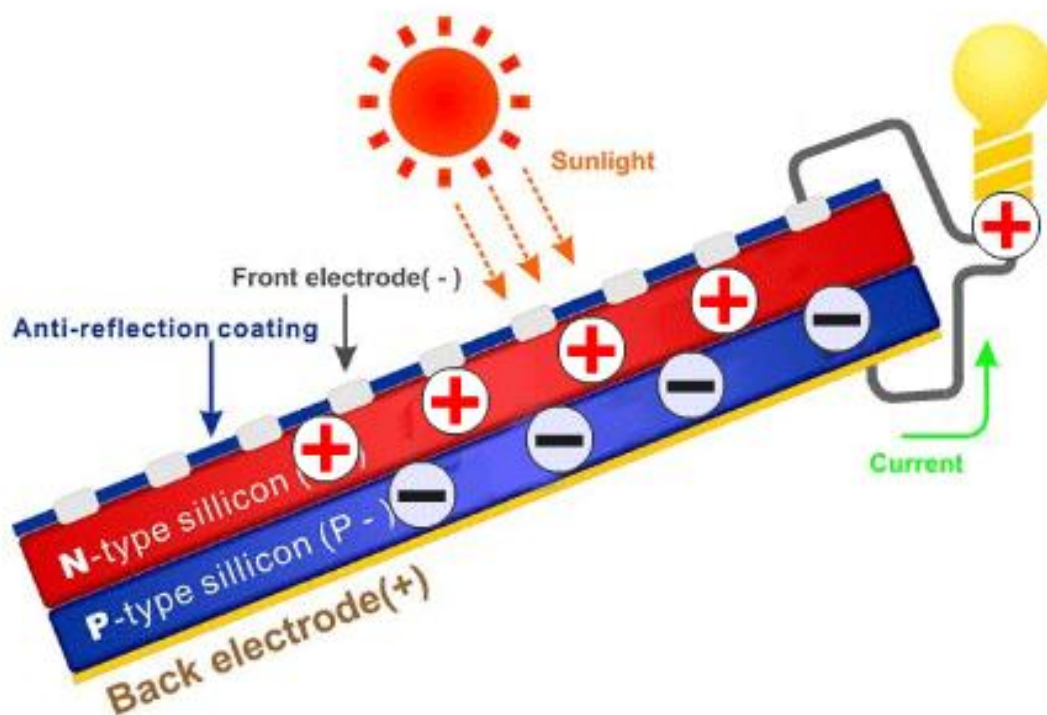
**Ilustración 9.** Transformación de la energía solar.



**Fuente:** CERTIFICADOS ENERGETICOS. Transformación de la energía solar

La energía solar se transforma en energía eléctrica cuando ocurre el efecto fotovoltaico, el cual convierte la luz solar en electricidad a través de un medio. Este medio que se utiliza es un material que se encarga de absorber los fotones de luz solar (energía), emitiendo electrones que se desplazan cambiando de posiciones, generando una corriente eléctrica. Este campo eléctrico se obtiene cuando se combina en la célula fotovoltaica 2 capas de material semiconductor, cada una con cargas eléctricas opuestas como se puede evidenciar en la ilustración 13. Un conductor externo, proporciona el flujo de electrones de una capa a la otra, en el momento que la célula recibe radiación, originando así una corriente eléctrica.

**Ilustración 10.** Producción de corriente eléctrica



**Fuente:** CERTIFICADOS ENERGETICOS. Producción de corriente eléctrica.

Las células fotovoltaicas que se componen principalmente por el silicio, un semiconductor que cuando recibe una partícula de radiación solar (fotón) altera un electrón de este material y allí es donde inicia el efecto fotovoltaico.

## 9.9.2 CONVERSIÓN FOTOVOLTAICA

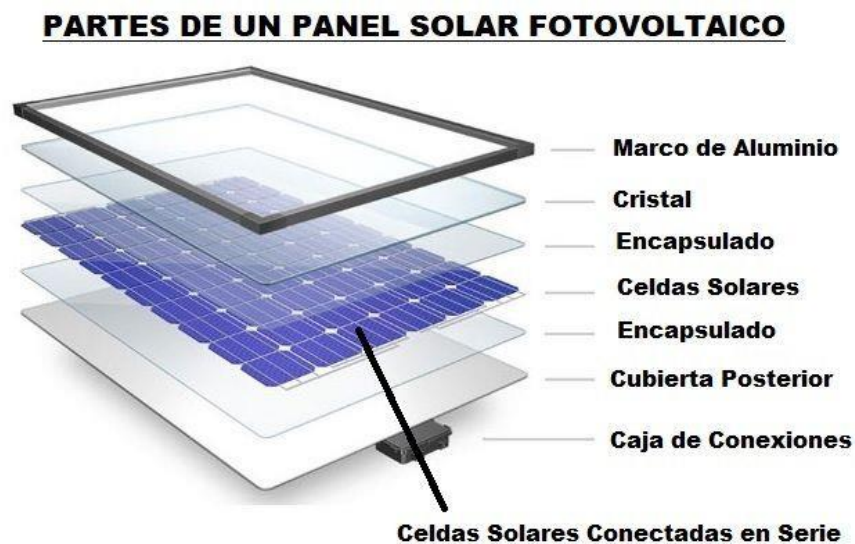
Este es el proceso en el que a energía solar se convierte en electricidad, para esto interviene la celda fotovoltaica, permitiendo la transformación de una partícula con energía lumínica (fotón) en energía electromotriz(voltaica).

En este proceso ocurre un desprendimiento de electrones de los átomos que circulan libremente en la célula fotovoltaica. Si se cuantifica el voltaje existente entre los dos extremos del material, se observa que existe una diferencia de potencial entre 0,5 y 0,6 voltios.

### 9.9.3 CÉLULA FOTOVOLTAICA

Se conocen también como células solares, celdas solares o fotocélula, están construidas con materiales semiconductores principalmente el silicio puro, además de impurezas de ciertos elementos químicos. Estas fotocélulas por medio de la exposición al sol y una corriente continua hacen que la radiación solar se convierta en electricidad. Cabe resaltar que no toda la radiación solar genera corriente eléctrica, ya que en el proceso de reflexión y transmisión ocurren pérdidas. La radiación que es absorbida por la célula ocasiona que los electrones salten de una capa a otra generando la corriente eléctrica.

**Ilustración 11.** Célula Fotovoltaica



**Fuente:** SFV. Célula Fotovoltaica. (2019).

#### 9.9.4 TIPOS DE CELDAS FOTOVOLTAICAS

- Celdas fotovoltaicas de silicio cristalino: son más costosas que otras células fotovoltaicas, por lo cual no son tan utilizadas, es de resaltar que este tipo de células tienen un rendimiento superior, por lo cual aumenta su relación  $Wp/m^2$ .
- Celdas fotovoltaicas de silicio multicristalino: su rendimiento es bueno, pero no alcanza el rendimiento de celdas de silicio cristalino, más aún cuando las condiciones de iluminación son bajas, son menos costosas y su eficiencia de conversión es buena, esto se debe a los avances que ha presentado esta célula en los últimos años.

#### 9.10 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LAS CELDAS

El silicio es el material más utilizado para la construcción y fabricación de células fotovoltaicas, pero no es el único material que se utiliza, otros materiales usados son:

- ❖ Arseniuro Galio (GaAs): este también es un material semiconductor que se utiliza para fabricar celdas que tienen gran eficiencia energética. Según investigaciones estos son capaces de conseguir un 25% de eficiencia.
- ❖ Silicio Amorfo (a-Si): Es utilizado en aproximadamente el 10% de la producción internacional, este material no es cristalino y se ha demostrado que logra alcanzar una eficiencia del 10%.
- ❖ Telururo de Cadmio (CdTe): Con este material las celdas han alcanzado un 16 % de eficiencia, este es un material policristalino.
- ❖ Diseleniuro de Cobre Indio (CuInSe<sub>2</sub>, o CIS): material policristalino que ha logrado casi un 20% de eficiencia, su uso es limitado ya que es complicada su fabricación.

Adicionalmente existen otros sistemas, especialmente ópticos que ayudan a aumentar la eficiencia de una célula sin importar de que material este construida, entre ellos encontramos:

- ❖ Concentradores: estos sistemas ópticos los utilizan empresas que se dedican a la construcción de paneles solares con el fin de mejorar la eficiencia de conversión, alcanzando más del 30% de eficiencia, ya que logran concentrar más luz en un punto.

- ❖ Reflectores: esta técnica utilizada en para la fabricación de celdas solares, está compuesta por espejos que se usan para aumentar la intensidad lumínica en la célula fotovoltaica.

## 9.11 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

El panel solar o modulo fotovoltaico está conformado por un mosaico de células solares, este módulo se encarga de captar la energía solar, iniciando el proceso para la transformación en energía sostenible. Esta recubierta de silicio, material que es sensible a la luz y el cual genera electricidad cuando recibe la radiación solar, lo que se conoce como el efecto fotovoltaico, la vida útil de estos dispositivos es aproximadamente de unos 30 años.

Estos módulos cuentan con unos soportes y estructuras que garantizan una correcta inclinación y orientación hacia la luz solar, con el fin de optimizar la radiación solar, así mismo tiene dos terminales de salida en cada módulo, los cuales se encargan de recoger y transferir la corriente que se genera a los sistemas de gestión del parque solar.

Existen 3 tipos comunes de módulos fotovoltaicos los cuales se relacionan a continuación:

- ❖ Silicio monocristalino: estos módulos son de color azul oscuro, compuesto por unas células con bordes redondeados, conformadas por cristales de silicio monocristalino, estos se encuentran orientados en la misma dirección. La luz perpendicular garantiza una mejor producción de energía, que mantiene una eficiencia entre un 18 y 21 % aproximadamente.
- ❖ Silicio policristalino: estos son módulos azules que tienen tonos cambiantes los cuales se componen por cristales de silicio y están orientados de manera no uniforme, razón por la cual tienen una menor eficiencia que varía entre el 15% y 17 %, logran un mayor rendimiento si reciben los rayos del sol perpendicularmente durante el día.
- ❖ Capa fina: estos modelos tienen menor eficiencia, y funcionan bien con luz difusa o también cuando hay altas temperaturas.

## **9.12 CONTROLADOR DE CARGA.**

Su función es controlar la carga y descarga de las baterías desde los módulos o paneles generadores, impidiendo que se produzcan cargas o descargas excesivas de las baterías, y con ello garantizar un llenado óptimo, además de prolongar la vida útil de estas. Este debe estar instalado entre el campo fotovoltaico y las baterías, para controlar el flujo de energía que circula entre estos dos. Existen varios tipos de reguladores de carga como son:

### **9.12.1 REGULADOR DE CARGA PWM**

Este dispositivo realiza una modulación por pulsos y solamente trabaja de corte de paso de energía entre los paneles y las baterías cuando estas han cargado completamente. Con el regulador de carga PWM, los módulos trabajan a la tensión que esté cargada la batería, lo cual se convierte en pérdidas de energía. Este regulador ocasiona que cuando la batería llega a la tensión señalada, impide el contacto entre los módulos y la batería lo cual evita una sobrecarga.

### **9.12.2 REGULADOR DE CARGA MPPT**

Conocido también como maximizadores, esto porque su funcionamiento aprovecha la máxima producción del panel solar para la carga de la batería, y de corta el paso de corriente a la batería cuando está cargada, este recibe la producción máxima del panel haciéndolo trabajar en su punto máximo; es la mejor alternativa para aprovechar al máximo el rendimiento de los paneles solares, su funcionamiento resulta más eficiente si se aumenta la tensión del campo fotovoltaico.

Este regulador se diferencia respecto al PWM, pues incluye un controlador del punto de máxima potencia (Maximum Power Point Tracking), por esto es que el regulador MPPT es mucho más beneficioso, pues tiene la facilidad de acoplarse a más módulos fotovoltaicos, al contrario de PWM que no lo puede hacer por incompatibilidad de tensiones y éstos rinden más.

### **9.12.3 INVERSOR**

Este dispositivo detecta la tensión de la batería cuando baja hasta el mínimo y activa la función del cargador, esto nos garantiza que no habrá interrupciones del suministro eléctrico, pues en caso de un apagón, este tarda unos 20 milisegundos en proveer corriente eléctrica, impidiendo

que se desconecte cualquier equipo electrónico. Lo que hace este dispositivo es permitir la conversión de la corriente continua (DC) que generan los paneles fotovoltaicos en corriente alterna (AC) para que sea empleada por los receptores y electrodomésticos utilizados en una vivienda.

Un inversor está caracterizado principalmente por la tensión de entrada comenzando en las baterías, la potencia máxima que puede suministrar y su rendimiento de potencia.

#### **9.12.4 BATERÍAS**

Este dispositivo eléctrico acumula energía fotovoltaica, la cual es transformada en corriente alterna por medio de procedimientos electroquímicos, estas son muy útiles ya que cuentan con una gran capacidad para almacenar y gestionar la energía que se absorbe por medio de los paneles solares; este es un elemento indispensable en las instalaciones de los paneles solares que buscan ser autosuficientes. El funcionamiento de este dispositivo se basa principalmente en un proceso químico de reducción-oxidación, en el cual uno de los componentes se oxida (es donde se pierden electrones) y el otro se reduce (en este se ganan electrones).

La electricidad que es almacenada se produce cuando hay picos de producción en las horas solares (horas de sol), la cual es reservada en la batería para que posteriormente sea utilizada, es importante mencionar que en este proceso se producen pérdidas de entorno al 10%.

Tipos de Baterías:

##### ❖ Monoblock:

Su tecnología se fundamenta en la acumulación y descarga de un compuesto químico, que se basa en plomo y un ácido los cuales emiten un gas, por esta razón deben estar ubicadas en una habitación con buena ventilación constante, además de no recibir luz directa, estas baterías son las más tradicionales en los hogares ya que son más asequibles.

##### ❖ AGM (Absorbent Glass Mat o Alfombrilla Cristalina Absorbente)

La composición química es similar a la batería Monoblock, lo que la diferencia es que la malla de fibra de vidrio contiene un electrolito que aumenta la estabilidad y la durabilidad de esta batería, además tiene una gran ventaja ya que no emana gases y por esta razón se pueden almacenarse sin problema y estas baterías también soportan las temperaturas bajas.

❖ Estacionarias

Estas baterías se basan en la combinación de plomo y ácido (T/OPzS) para el almacenamiento y descarga, además su montaje se basa en elementos de 2 voltios lo cual permite alcanzar una potencia que se ajuste a las necesidades de cada usuario. Esta batería se destaca por la alta capacidad de descarga la cual no daña su vida útil, por lo tanto, se recomienda para usuarios que necesiten picos de consumo alto, como hornos o carros eléctricos de carga lenta.

Estas también se fabrican con Gel (OPzV), lo que no hace necesario que sean almacenadas o colocadas en una habitación con ventilación constante, pueden alcanzar una vida útil de aproximadamente 20 años.

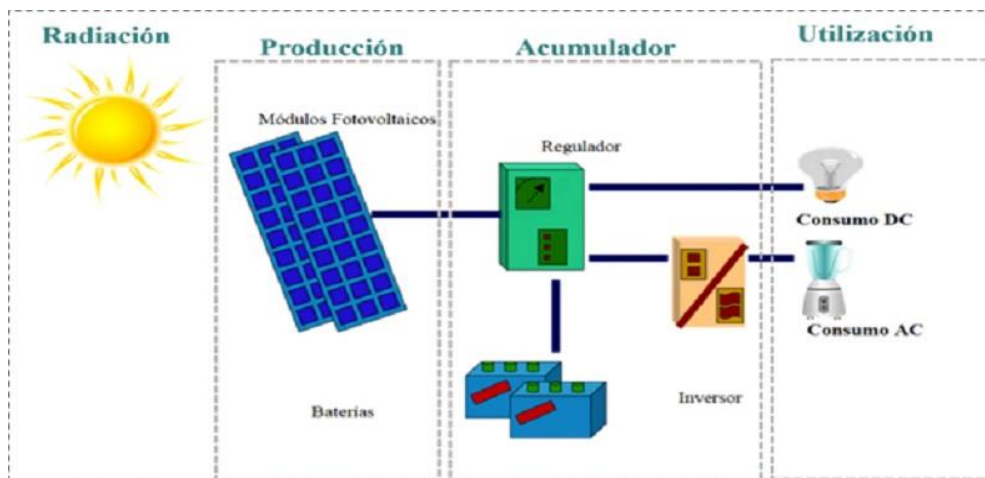
❖ Litio

Estas baterías tienen un aprovechamiento de energía casi del 100%, carecen de efecto memoria, lo cual permite que no sufran si se descargan a totalidad, por esta razón se utilizan especialmente para sistemas de almacenamiento inteligente. Estas baterías de autoconsumo tienen una vida útil de 20 años.

### 9.13 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (SFV)

Los sistemas fotovoltaicos se definen como un conjunto de componentes eléctricos que convierten la luz solar en energía eléctrica.

**Ilustración 12.** Sistema Fotovoltaico Típico

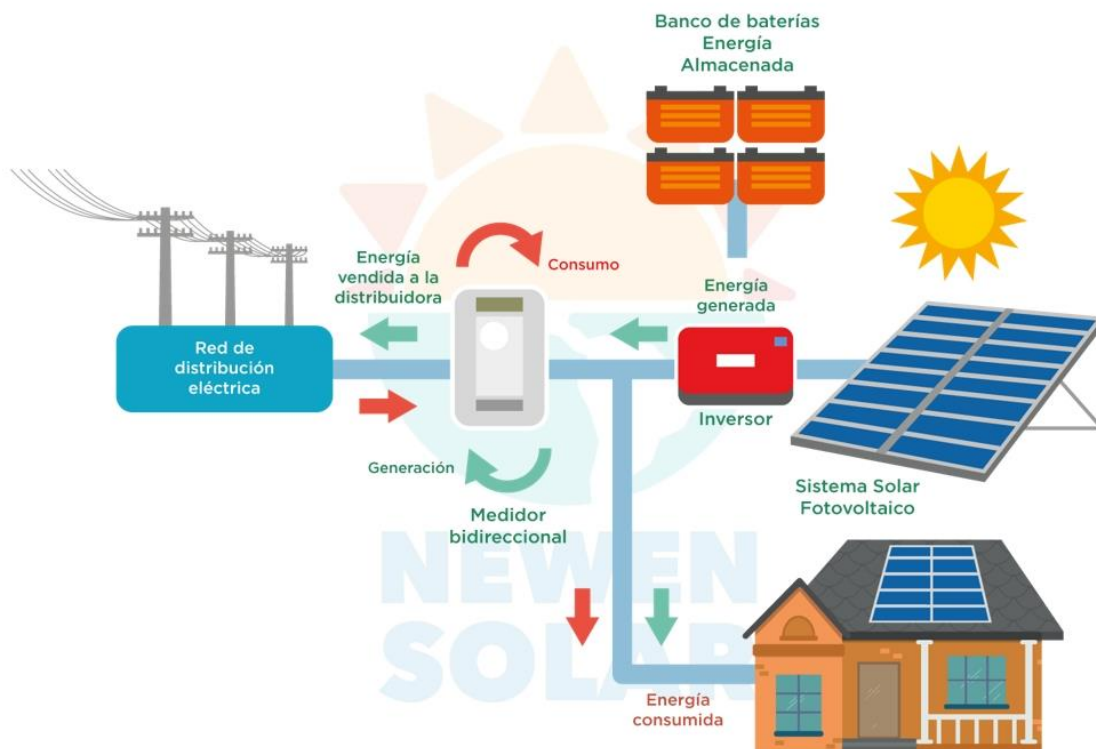


**Fuente:** SFV. Sistema Fotovoltaico Típico (2019).

Existen dos tipos de SFV:

- ❖ Interconectado a la red eléctrica. Este sistema es el más utilizado por su rentabilidad, porque no se requiere almacenar la energía que se genera y porque los excedentes de demanda los sigue suministrando la compañía de servicio eléctrico (CFE).

**Ilustración 13.** Sistema solar fotovoltaico conectado a red



**Fuente:** NEWEN SOLAR Sistema solar fotovoltaico conectado a red (2021).

- ❖ Independiente de la red o tipo isla. Este sistema es el adecuado cuando no hay servicio eléctrico, se tiene, pero es muy deficiente y/o deseamos ser independientes de cualquier compañía suministradora. En él se requiere almacenar la energía que se genera hay que tener cuidado en que la demanda requerida no exceda la potencia de generación del sistema.

**Ilustración 14.** Sistemas aislados de red



**Fuente:** VFM. Sistemas aislados de red.

## 10. ANALISIS DE RESTRICCIONES

### 10.1 AMBIENTALES

Para la instalación de un sistema fotovoltaico autónomo (SFA) dentro del municipio de cubara- Boyacá tenemos que tener claro las condiciones ambientales dado que estos sistemas permiten convertir la energía proveniente del sol en energía eléctrica, y almacenando esta energía para su uso posterior (Style, 2012), por lo anteriormente mencionado, al momento de realizar esta instalación debemos contemplar aspectos como la superficie y el ambiente del lugar para hacer una concentración mayor de energía solar en los paneles fotovoltaicos.

#### 10.1.1 RADIACIÓN SOLAR:

Consiste en la energía que nos llega directa del sol, esta se maneja en dos formas: radiación directa y radiación difusa. A la hora de realizar nuestra instalación, estos aspectos de radiación se tienen que tener en cuenta para que los sistemas fotovoltaicos realicen la carga de energía necesaria para la producción de energía eléctrica. Existen dos tipos de radiación que son:

- Radiación directa: Esta radiación solar llega a la superficie de la Tierra, sin cambios de dirección.
- Radiación Difusa: es la cantidad de energía solar que incide sobre una superficie horizontal desde todos los lugares de la atmósfera diferente de la radiación solar directa.

### **10.1.2 NUBOSIDAD**

Se ve presente en la radiación difusa y este aspecto afecta a la cantidad de energía presente en el ambiente ya que va a ser mucho más baja que si hay radiación directa. Dentro del municipio de cubara esta restricción hay que tenerla presente ya los meses que presentan mayor nubosidad son entre marzo y diciembre se encuentra parcialmente nublado en un 29% del tiempo y su mes mas nublado es en abril ya que presenta un 85% del tiempo.

### **10.1.3 IRRADIANCIA**

Es la cantidad de potencia incidente por unidad de superficie, en pocas palabras los rayos solares, dentro del municipio existen dos meses importantes para la generación de energía y esta presente entre septiembre y noviembre generando temperaturas desde hasta 29° diarias.

### **10.1.4 ANGULO DE INCIDENCIA**

Es el Angulo con el cual el rayo de sol llega a los paneles solares, lo más recomendable es orientar los paneles solares hacia el sur (grado azimutal de 180°) dado que la radiación solar incide en mayor cantidad en este punto permitirá obtener la mayor eficiencia de las celdas fotovoltaicas.

## **10.2 ASPECTOS TÉCNICOS**

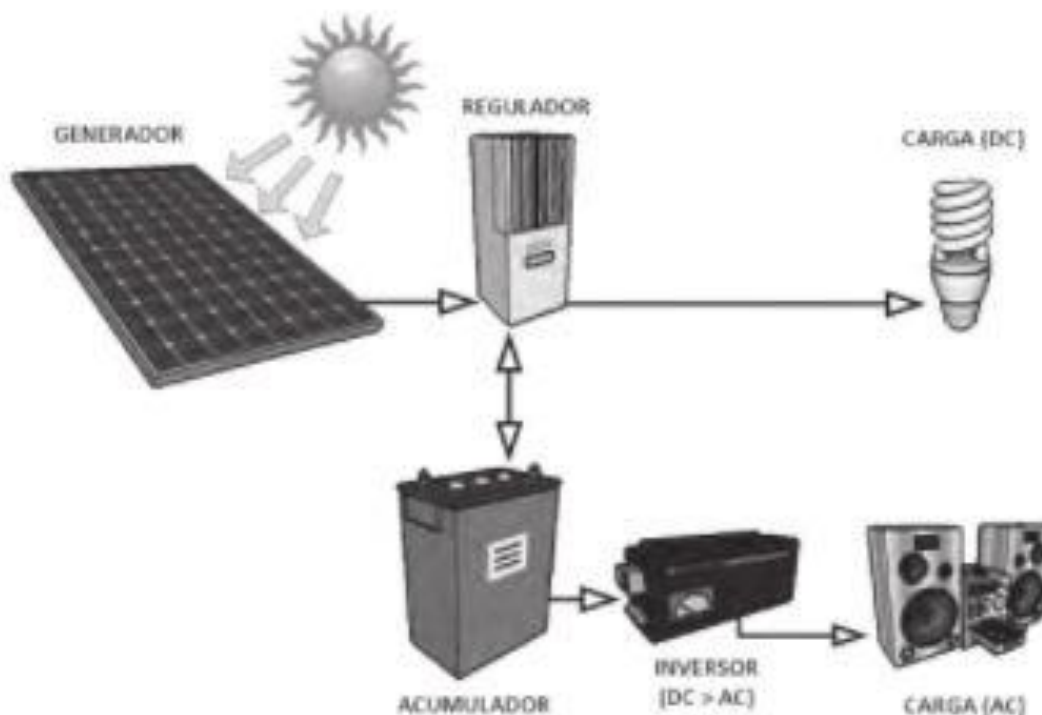
### **10.2.1 CORRIENTE ALTERNA (CA)**

Es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos y la más utilizada en la red nacional del país y la energía que llega a nuestros hogares.

## 10.2.2 CORRIENTE CONTINUA (CC)

Es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección esta corriente se refleja en baterías una gran ventaja de esta corriente es su económico cambio de voltaje. Esta es la corriente que se produce al cargar un panel solar.

**Ilustración 15.** SFA en corriente continua y alterna (DC y AC)



**Fuente:** Style,O(2012)sfa en corriente continua y alterna (DC y AC),(P.5), energía solar autónoma

## 10.2.3 REGULADOR DE CARGA SOLAR

Es un dispositivo electrónico cuya función es controlar el estado de carga de las baterías para garantizar que se realiza un llenado óptimo y así alargar su vida útil. El regulador de carga solar se instala entre el campo fotovoltaico y las baterías y se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre los dos elementos.

#### **10.2.4 REGULADOR DE CARGA MPPT**

Su funcionamiento aprovecha la máxima producción del panel solar para la carga de la batería. Además de cortar el paso de corriente hacia la batería cuando se encuentra cargada este regulador nos permite aprovechar al máximo la energía solar captada por los paneles solares

#### **10.2.5 INVERSOR**

El equipo más importante para un sistema fotovoltaico autónomo dado que el inversor transforma la corriente continua que percibimos con el sol a la corriente alterna la necesitada para brindar energía eléctrica a los hogares.

#### **10.2.6 BATERÍAS**

El uso de las baterías dentro de nuestro sistema es parte fundamental ya que en ellas almacenaremos la energía captada por las celdas fotovoltaicas y posterior ser distribuidas a inversor que llevara la corriente alterna. Se debe tener en cuenta que entre más capacidad de almacenamiento tengas las baterías más tiempo se generara energía eléctrica

- Baterías Monoblock: Este tipo de baterías son las más económicas del mercado y son utilizadas para diseños fotovoltaicos pequeños.
- Baterías Estacionarias: Estas baterías permiten un uso continuo durante largos periodos de tiempo están especialmente ideadas para aplicaciones de uso estacionario y continuo con consumos medios-altos con profundidades de descarga y picos de corriente moderados. Es decir, son el tipo de batería ideal para instalaciones solares de uso permanente.

### **10.3 ASPECTOS SOCIALES**

Para el municipio de cubará que presenta una carencia de energía eléctrica, la implementación de un sistema funcional de energía solar puede ser una buena alternativa el mayor problema que con lleva la ejecución de estos sistemas es no poder genera la suficiente energía que puede abastecer los hogares del municipio.

Se ha recalcado que las condiciones geográficas y por la ubicación del municipio ha resultado difícil poder implementar esta tecnología, por otro lado esta distancia tan alejadas del municipio genera que las empresas les sea imposible diseñar un sistema eléctrico y por el contrario causa sobrecostos la cual no es viable para esta empresas poder llevar energía al municipio, por eso es importante generar un buen sistema de paneles solares para generar un cambio en la calidad de vida de las personas.

#### **10.4 ASPECTOS POLÍTICOS**

El Sector Eléctrico Colombiano ha venido generando estrategias para mejorar las condiciones de abastecimiento y disponibilidad de la energía eléctrica de carácter renovable. Por medio de entes reguladores como el Ministerio de Minas y Energía (MME), la Unidad de Planificación Minero Energética (UPME) y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), los cuales han trabajado en legislaciones y decretos (Gómez, J, Murcia J, Rojas I, (2017).

Al cabo de los años muchos decretos se han realizado para realización de proyectos energéticos y leyes que amparan la instalación de centrales fotovoltaicas un claro ejemplo es la ley La ley 1715 de 2014, se creó con el fin de reglamentar la integración de las energías renovable no convencionales al sistema energético nacional, dentro de sus funciones delega a la CREG establecer tarifas para la energía solar FV, también regula la venta de créditos o excedentes de energía entregados a la red de distribución y transporte para auto generadores que produzcan menos de (5 MW), apoya la utilización de fuentes locales para producción de energía a través del Fondo de Energías no Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) como podemos ver en Colombia los proyectos de planta fotovoltaicas tiene cierto margen de normativas que se deben cumplir para poder implementar un proyecto de esta magnitud.

#### **10.5 SALUD Y SEGURIDAD**

Cabe resaltar que la energía solar como energía renovable también tiene ciertas problemáticas a la hora de ejecutar las instalaciones o mantenimientos están expuestos a sufrir riesgos o daños letales.

### **10.5.1 QUEMADURAS TÉRMICAS**

Como cualquier energía, esta se produce en una inmensa gama de calor y puede producir las quemaduras al tener contacto con los paneles solares sin protección.

### **10.5.2 DESCARGAS ELÉCTRICAS**

Este tipo de instalación produce electrones, los cuales generan vibración cuando están agitados, esto puede generar arcos eléctricos y producir descargas en los cuerpos cercanos.

### **10.5.3 CONTAMINACIÓN**

Esta se atribuye a los fabricantes de los paneles debido a un mal manejo de fábrica generando tóxicos que pueden ser perjudiciales para la salud y población cercano donde se realiza la implementación de estos sistemas

## **11. METODOLOGÍA**

### **11.1 ENFOQUE METODOLÓGICO**

Para diseñar la metodología de investigación sobre la problemática estudiada en este proyecto de investigación se define un enfoque mixto tanto cualitativo como cuantitativo. El enfoque cualitativo es un método de investigación que tiene como objetivo evaluar, ponderar e interpretar la información obtenida a través de recursos como entrevistas, diálogos, registros, recuerdos, etc., para estudiar su significado profundo.

Por otro lado, el enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población.

Es por lo anterior, que se realizará una serie de encuestas a las personas involucradas en el proyecto para la recolección y análisis de datos para analizar la viabilidad y confiabilidad de un

sistema de generación eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica, que permita generar energía eléctrica en las zonas alejadas que no cuentan con red eléctrica con el fin impulsar el uso de energías renovables en el área rural de Cubará-Boyacá.

## **11.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La metodología de investigación que se escoge es la cualitativa, que se centra más en la percepción de las personas. Por otro lado, se utilizará la metodología cuantitativa, por esta razón, se diseñará una encuesta como instrumento para recolectar la información con la fuente primaria, la cual tiene las características que se especificara más adelante en población de muestra.

Se utilizará la tipología de investigación-acción, la cual se ocupa de problemas sociales específicos que requieren soluciones y afectan a grupos específicos de personas, ya sea una comunidad, asociación, escuela o empresa.

## **11.3 VARIABLES**

Las variables que se identificaron para evaluar la viabilidad del proyecto son:

- ❖ Estudio técnico: se basa en un análisis de la función de producción que indica cómo combinar los insumos y recursos utilizados por el proyecto para que se cumpla con el objetivo previsto. Adicional definirá las especificaciones técnicas de los insumos necesarios para ejecutar el proyecto.
- ❖ Estudio de costos: inicia de manera exploratoria, en un análisis de los aspectos financieros que podrían incidir sobre la misma viabilidad de la iniciativa.
- ❖ Estudio Legal: busca determinar la viabilidad de un proyecto a la luz de las normas, leyes y regulación en cuanto a localización y utilización de productos.
- ❖ Estudio ambiental: alteración o modificación que causa una acción humana sobre el medio ambiente, debido a que todas las acciones del hombre repercuten de alguna manera sobre el medio ambiente.

Variable	Objetivo	Actividad	Instrumento
<b>Estudio Técnico</b>	Delimitar el área de estudio del proyecto y sus características	Identificación de capacidad fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte de la radiación solar del departamento</li> <li>• Características climatológicas del lugar</li> </ul>
		Características de localización del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características geográficas donde se implementará el proyecto.</li> <li>• Características físicas del lugar</li> </ul>
	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	Dimensionar el sistema fotovoltaico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horas pico solar y características físicas de los paneles y del área para determinar cantidad de paneles necesarios</li> <li>• Selección de los otros componentes (inversores)</li> </ul>
<b>Estudio de Costos</b>	Viabilidad financiera del proyecto mediante la evaluación para la inversión	Análisis financiero de la implementación del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de costos.</li> </ul>

Estudio Legal	Análisis de la normatividad que implica la ejecución del proyecto	Determinar las leyes adecuadas para llevar a cabo el proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Según la vida útil del equipo y su depreciación</li> <li>Tiempo de retorno de la inversión</li> </ul>
Estudio ambiental	Analizar los impactos y los riesgos ambientales	Identificación de impactos y riesgos  Diseño de planes de acción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matriz de riesgos</li> <li>Plan de acción</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia.

## 12. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Se requiere que la estructura tenga una resistencia para soportar una velocidad aproximada del viento de 2.15 m/s para que de esta manera se eviten daños en las estructuras de soporte de los paneles solares, tomando como base las coordenadas Magna Sirgas desde origen Bogotá latitud 3.6480598 longitud -75.0433196, tomando los solsticios y equinoccios a partir de la referencia y de nuestra ubicación, de esta manera podemos ver que hay un consumo estimado así:

ELECTRODOMESTICOS	CANTIDAD	# HORAS	Hora(kwh/hora)	DIA(kwh/dia)	MES (kwh/mes)	AÑO(kwh/año)
TELEVISOR	1	8	0,11	0,88	26,4	316,8
PLANCHA	1	0,3	1,2	0,36	10,8	129,6
BOMBILLO AHORRADOR	8	8	0,02	0,16	4,8	57,6
LICUADORA	1	0,2	0,12	0,024	0,72	8,64
NEVERA	1	24	0,06	1,44	43,2	518,4
COMPUTADOR	1	3	0,1	0,3	9	108
LAVADORA	1	3	0,33	0,99	29,7	356,4
SECADOR DE CABELLO	1	0,5	1,78	0,89	26,7	320,4
MICROONDAS	1	1	0,2	0,2	6	72
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>48</b>	<b>3,92</b>	<b>5,244</b>	<b>157,32</b>	<b>1887,84</b>
CANTIDAD DE VIVIENDAS-CUBARA BOYACÁ	1.391					

**Fuente:** Elaboración propia.

## 12.1 POSIBLES ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Las alternativas de solución que se tienen en cuenta para este proyecto, van acorde a identificar los desempeños, equipos y materiales requeridos para la implementación, así mismo los costos aproximados de los mismos.

### 12.1.1 ALTERNATIVA 1:

Determinado como el modelo para generación de energía eléctrica por medio de paneles solares por unidad residencial, esta alternativa se basa en un sistema independiente para cada una de las viviendas, en esta alternativa se evaluarán los diferentes aspectos que se requieren para su implementación como es la capacidad de cada uno de los equipos, las cantidades requeridas, distribución a cada unidad residencial, el porcentaje de exposición a la irradiación solar, entre otros. En este aspecto lo que se busca evaluar es la viabilidad económica de esta alternativa frente a la alternativa 2.

### 12.1.2 ALTERNATIVA 2:

Este es un modelo centralizado del sistema fotovoltaico, en esta se tiene en cuenta la ubicación de la infraestructura que se utilizara donde este ubicado de manera central para la óptima distribución de la energía, además de la cantidad de los equipos requeridos, la eficiencia de cada uno de ellos y el costo para implementar este sistema.

Para visualizar lo anteriormente mencionado se presentarán unas tablas con la información:

1). Según el equipo y sus características específicas

MARCA	MODELO	W	EFICIENCIA	PESO	DIMENSIONES	GARANTIA (AÑOS)
ZNSHINESOLAR	ZXM6-NH156-430/M	430Wp	19,67%	24 KG	2182*1002*35mm	12
SunPower Performance P3/P19	P3 COM 415-420W	420W	20,00%	22KG	2066*998*35 mm	25
SunPower	SPR-MAX5-415-E3-AC	415W	22,20%	21,1KG	1835 x 1017 x 40	40

**Fuente:** Paneles solares. Elaboración propia.

MARCA	MODELO	W	EFICIENCIA	PESO	DIMENSIONES
Belttt	BEP1000S	1000W	90%	2.75KG	367*150*76 mm
EPEVER	IP100024	1000W	94,5%	3,9KG	298,3*23,15*98,5mm
WccSolar	LFPSW-1000-12v-220	1000W	90,0%	10KG	42*25*18CM

**Fuente:** Inversores. Elaboración propia.

MARCA	MODELO	CORRIENTE NOMINAL	EFICIENCIA	CONSUMO DE W	VOLTAJE	TEMPERATURA
POWERTEC	50A PWM 24VDC	50A	98%	1200W	13v	-35°C+60°C
SRNE	MPPT 50A	50A	98%	1320W	12v/24v	-35°-45°C
EPEVER	Tracer5415AN	50A	98.50%	1875	8v/ 68v	-30 a +60 ° C

**Fuente:** Controladores. Elaboración propia.

MARCA	MODELO	AH	CICLOS	PESO
SUNBATT GEL	200AH 12V	200	550	60,2KG
Batería de litio 12V 200Ah	UU 12-200	200	5000	24,5
Batería de gel Enersys	Bloque 6V 421Ah Bae	225	1410	31KG

**Fuente:** Baterías. Elaboración propia.

2). Según costos de los equipos de las diferentes opciones escogidas:

<b>COSTOS</b>			
<b>EQUIPO</b>		<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIOS</b>
<b>PANEL</b>	OPCIÓN 1	ZXM6-NH156-430/M	\$ 657.000
	OPCIÓN 2	P3 COM 415-420W	\$ 960.000
	OPCIÓN 3	SPR-MAX5-415-E3-AC	\$ 1.850.000
<b>INVERSOR</b>	OPCIÓN 1	BEP1000S	\$ 812.000
	OPCIÓN 2	IP100024	\$ 690.000
	OPCIÓN 3	LFPSW-1000-12v-220	\$ 820.000
<b>BATERIA</b>	OPCIÓN 1	200AH 12V	\$ 1.390.000
	OPCIÓN 2	UU 12-200	\$ 2.460.000
	OPCIÓN 3	Bloque 6V 421Ah Bae	\$ 3.200.000
<b>CONTROLADOR</b>	OPCIÓN 1	50A PWM 24VDC	\$ 289.000
	OPCIÓN 2	50A SRNE	\$ 588.900
	OPCIÓN 3	Tracer5415AN	\$ 1.081.000

**Fuente:** Elaboración propia

3). Según la cantidad requerida de cada equipo para implementar cada sistema:

<b>CANTIDAD DE EQUIPOS REQUERIDOS POR ALTERNATIVA</b>		
<b>EQUIPO</b>	<b>UNIDADES SISTEMA AISLADO (1.391 CASAS)</b>	<b>UNIDADES DE SISTEMA CENTRALIZADO</b>
PANEL	5.564	5.084
CONTROLADOR	1.391	1.391
BATERIA	2.782	2.782
INVERSOR	1.391	1.391
CABLE(MTS)	244.816	244.816 +CABLE HASTA EL SISTEMA CENTRALIZADO
ESTRUCTURA	1.391	1.271
<b>TOTAL</b>	<b>257.335</b>	<b>260.548</b>

**Fuente:** Elaboración propia

4). Según el equipo seleccionado

EQUIPOS SELECCIONADOS							
PANEL	MARCA	MODELO	W	EFICIENCIA	PESO	DIMENSIONES	GARANTIA (AÑOS)
	SunPower Performance P3/P19	P3 COM 415-420W	420W	20,00%	22KG	2066*998*35 mm	25
INVERSOR	MARCA	MODELO	W	EFICIENCIA	PESO	DIMENSIONES	
	Belttt	BEP1000S	1000W	90%	2.75KG	367*150*76 mm	
BATERIA	MARCA	MODELO	AH	CICLOS	PESO		
	Batería de litio 12V 200Ah	UU 12-200	200	5000	24,5		
CONTROLADOR	MARCA	MODELO	CORRIENTE NOMINAL	EFICIENCIA	CONSUMO DE W	VOLTAJE	TEMPERATURA
	POWER	50A PWM 24VDC	50A	98%	1200W	13v	-35°C+60°C

**Fuente:** Elaboración propia

En estas no se incluye la infraestructura exterior que se requiere para el sistema y tampoco el transformador que se requiere para el sistema fotovoltaico centralizado.

En la siguiente tabla presentamos algunos criterios que son importantes para escoger la mejor alternativa:

REQUERIMIENTOS		
CRITERIOS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
<b>SISTEMA DE FÁCIL MANTENIMIENTO</b>	Este sistema es sencillo y pequeño, por lo cual permite realizar el mantenimiento mas rapido y fácil, esto se debe a que sus componentes estan al alcance de cualquier persona.	Contrario al otro sistema este es grande, razón por la cual es más difícil hacer el mantenimiento, en este sistema se encuentran varios paneles juntos, lo cual no permite alcanzar sus conexiones y/o componentes o en su defecto arreglar cualquier daño.
<b>DURABLE</b>	Este sistema cuenta con una durabilidad de aproximadamente 20 años, es de aclarar que el mantenimiento y cuidado que se le puede realizar permite que se pueda mantener en buenas condiciones.	Este sistema en general tiene una durabilidad de 20 años aproximadamente, aunque por la dificultad para realizarle mantenimientos frecuentes se puede deteriorar mas rapido que el sistema de la alterativa 1.
<b>COSTOS</b>	Este sistema requiere menos equipos para su montaje lo cual hace que sea mas economica su implementación.	En este sistema requiere mas equipos adicionales para su implementacion como lo son los transformadores, lo cual hace que los costos se incrementen.
<b>ESPACIO</b>	Este sistema no ocupa un gran espacio solo se necesitan por casa 4,08m * 2,26m aproximadamente.	En este sistema centralizado se requiere de un espacio mas amplio mas o menos 59,89 m * 4,08 m.
<b>FACILIDAD DE MANEJO</b>	Se tiene mas acceso para todos los equipos, lo cual permite realizar un mantenimiento periodico, ademas de que no ocupa mayor espacio.	El acceso a este sistema es limitado lo cual dificulta la realización de mantenimientos periodicos y se requiere un mayor espacio para implementarlo.
<b>ACCESO</b>	El sistema quedara en un costado de cada residencia, lo que permite tener un acceso óptimo.	El sistema quedara cerca al poblado, pero por sus conexiones y equipos, el espacio es más extenso y será restringido por su peligro de carga.
<b>UBICACIÓN</b>	Este sistema va ubicado cerca de la residencia en un lugar que este despejado.	Al se ser un sistema tan complejo se debe ubicar en una distancia prudente y aislada de la comunidad.
<b>IRRADIACIÓN</b>	La irradiación es de 4,575.	La irradiación es de 4,575.
<b>CANTIDAD DE EQUIPOS</b>	Este sistema es mas pequeño por lo cual se utilizan 2 equipos menos que en la alternativa 2.	Este sistema requiere adicionalmente a los paneles, el inversor y controlador de un transformador y cableado extra.
<b>VIDA ÚTIL</b>	Este sistema tiene una vida útil de 20 años aproximadamente, el diferencial que tiene este sistema es su accesibilidad para realizar mantenimientos periodicos.	Al igual que la alternativa 1 la vida útil de este sistema tambien es de 20 años, pero no es tan accesible para la realizacion de mantenimiento para los equipos que lo componen.
RENDIMIENTOS		
<b>EFICIENCIA</b>	73,25%	69,30%
<b>PERDIDAS DEL SISTEMA</b>	Temp. 11%	Temp. 11%
	Sist. AC: 0,4%	Sist. AC: 0,4%
	Reflexión:3%	Reflexión:3%
<b>POTENCIA</b>	D.C:1,5 kw	D.C:45kw
	A.C:1,1kw	A.C:34kw
<b>CONFIABILIDAD</b>	89%	45%

Fuente: Elaboración propia

ALTERNATIVAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ALTERNATIVA 1	Esta alternativa no presenta perdidas considerables por la distancia del cable.	Se requieren mas paneles para implementarlo a comparación de la alternativa 2.
	Los costos en mano de obra no son altos ya que es un sistema pequeño de sujecion de paneles.	
ALTERNATIVA 2	En este sistema se requiere una menor cantidad de paneles que en la alternativa 1.	Para este sistema se requiere implementar una red de baja tensión para asi poder distribuir la energia a las viviendas.
		La cantidad de los equipos que se requieren para implementar este sistema es mayor a comparación de la alternativa 1.
		Para implementar este sistema centralizado es 12 veces mayor que para la alternativa 1.
		La diferencia de equipos y cableado que se requieren para implementar este sistema hace que los costos sean mas altos que la alternativa 1.

**Fuente:** Elaboración propia

CRITERIOS		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
REQUERIMIENTOS %	Sistema de fácil mantenimiento	5	3
	Durable	5	4
	Costos	5	3
	Espacio	4	2
	Facilidad de manejo	5	4
	Acceso	5	3
	Ubicación	4	2
	Irradiación	5	5
	Cantidad de equipos	5	4
	Vida Útil	5	4
REQUERIMIENTOS %	Eficiencia	5	3
	Perdidas del sistema	4	3
	Potencia	3	4
	KWh/KWp	3	4
	Producción anual	2	4
<b>TOTAL</b>		<b>65</b>	<b>52</b>

**Fuente:** Elaboración propia

## 12.2 ALTERNATIVA SELECCIONADA

De acuerdo a la información anteriormente presentada la mejor alternativa para la población de Cubara es la generación fotovoltaica por unidad residencial, la cual es una solución óptima, esto según el análisis de las alternativas que se presentaron, en esta pudimos analizar que nos permite ahorrar costos de una manera bastante significativa en la implementación de este sistema, además este no requiere una área amplia para su establecimiento en la población a comparación del área que se requeriría para llevar a cabo la alternativa 2 la cual es una generación centralizada que además requeriría más equipos como el transformador e infraestructura para poder distribuir la energía que genera, lo cual elevaría los costos de inversión, sabiendo esto se opta por la primera opción. Así mismo este diseño que se escogió permite hacer mantenimiento y limpieza periódica a estos equipos. Teniendo en cuenta lo anterior la alternativa 1 es la que escogimos para implementar este proyecto en el municipio de Cubara.

### 13. ANALISIS DE COSTOS

Gastos	Todos los años				Año 1 <sup>2</sup>			
	Unidad	# de unidades	Coste unitario (en miles de \$)	Costes (en miles de \$)	Unidad	# de unidades	Coste unitario (en miles de \$)	Costes (en miles de \$)
<b>1. Recursos Humanos</b>								
1.1 Salarios (importes brutos, personal local) <sup>4</sup>								
1.1.1 Personal técnico	Por mes	24	\$ 1.500.000	\$ 36.000.000	Por mes	\$ 12	\$ 1.500.000	\$ 18.000.000
1.1.2 Personal administrativo y de apoyo	Por mes	24	\$ 2.000.000	\$ 48.000.000	Por mes	\$ 12	\$ 2.000.000	\$ 24.000.000
1.2 Salarios (importes brutos, personal expatriado/internacional)	Por mes	24	\$ 3.500.000	\$ 84.000.000	Por mes	\$ 12	\$ 3.500.000	\$ 42.000.000
1.3 Dietas para misiones/viajes <sup>5</sup>								
1.3.1 En el extranjero (personal para la Acción)	Por día	48	\$ 60.000	\$ 2.880.000	Por día	\$ 24	\$ 60.000	\$ 1.440.000
1.3.2 Local (personal para la Acción)	Por día	120	\$ 35.000	\$ 4.200.000	Por día	\$ 60	\$ 35.000	\$ 2.100.000
1.3.3 Participantes en seminarios/conferencias	Por día	480	\$ 70.000	\$ 33.600.000	Por día	\$ 240	\$ 70.000	\$ 16.800.000

<b>Subtotal Recursos Humanos</b>				<b>\$ 208.680.000</b>				<b>\$ 104.340.000</b>
<b>2. Viajes<sup>6</sup></b>								
2.1 Viajes internacionales	Por vuelo	72	\$ 500.000	\$ 36.000.000	Por vuelo	\$ 36	\$ 500.000	\$ 18.000.000
2.2 Transporte local	Por mes	720	\$ 24.000	\$ 17.280.000	Por mes	\$ 360	\$ 24.000	\$ 8.640.000
<b>Subtotal Viajes</b>				<b>\$ 53.280.000</b>				<b>\$ 26.640.000</b>
<b>3. Equipos y Material<sup>7</sup></b>								
3.1 Compra o alquiler de vehículos	Por <u>vehículo</u>	24	\$ 28.000.000	\$ 672.000.000	Por <u>vehículo</u>	\$ 12	\$ 28.000.000	\$ 336.000.000
3.2 Mobiliario, equipos informáticos		192	\$ 1.500.000	\$ 288.000.000		\$ 96	\$ 1.500.000	\$ 144.000.000
3.3 Maquinaria, herramientas		24	\$ 350.000.000	\$ 8.400.000.000		\$ 12	\$ 350.000.000	\$ 1.200.000.000
3.4 Repuestos/material para máquinas, herramientas		24	\$ 100.000.000	\$ 2.400.000.000		\$ 12	\$ 100.000.000	\$ 1.200.000.000
3.5 Otros (especifíquese)		24	\$ 10.335.000	\$ 248.040.000		\$ 12	\$ 10.335.000	\$ 124.020.000
<b>Subtotal Equipos y Material</b>				<b>\$ 12.008.040.000</b>				<b>\$ 1.804.020.000</b>
<b>4. Oficina local/Costes de la Acción</b>								
4.1 Costes de vehículos	Por mes	24	\$ 2.000.000	\$ 48.000.000	Por mes	\$ 12	\$ 2.000.000	\$ 24.000.000
4.2 Alquiler de oficina	Por mes	24	\$ 2.500.000	\$ 60.000.000	Por mes	\$ 12	\$ 2.500.000	\$ 30.000.000

4.3 Bienes fungibles-material de oficina	Por mes	24	\$ 500.000	\$ 12.000.000	Por mes	\$ 12	\$ 500.000	\$ 6.000.000
4.4 Otros servicios (tel./fax, electricidad/calefacción, mantenimiento)	Por mes	24	\$ 300.000	\$ 7.200.000	Por mes	\$ 12	\$ 300.000	\$ 3.600.000
<b>Subtotal Oficina local/Costes de la Acción</b>				<b>\$ 127.200.000</b>				<b>\$ 63.600.000</b>
<b>5. Otros costes, servicios<sup>8</sup></b>								
5.1 Publicaciones <sup>9</sup>		24	\$ 4.500.000	\$ 108.000.000		\$ 12	\$ 4.500.000	\$ 54.000.000
5.2 Estudios, investigación <sup>9</sup>		24	\$ 700.000	\$ 16.800.000		\$ 12	\$ 700.000	\$ 8.400.000
5.3 Costes de auditoría		24	\$ 300.000	\$ 7.200.000		\$ 12	\$ 300.000	\$ 3.600.000
5.4 Costes de evaluación		24	\$ 600.000	\$ 14.400.000		\$ 12	\$ 600.000	\$ 7.200.000
5.5 Traducción, interpretación		24	\$ 500.000	\$ 12.000.000		\$ 12	\$ 500.000	\$ 6.000.000
5.6 Servicios financieros (costes de garantía bancaria, etc.)		24	\$ 1.000.000	\$ 24.000.000		\$ 12	\$ 1.000.000	\$ 12.000.000
5.7 Costes de conferencias/seminarios <sup>9</sup>		24	\$ 1.500.000	\$ 36.000.000		\$ 12	\$ 1.500.000	\$ 18.000.000
5.8 Actividades de visibilidad		24	\$ 5.000.000			\$ 12	\$ 5.000.000	
<b>Subtotal Otros Costes/Servicios</b>				<b>\$ 218.400.000</b>				<b>\$ 109.200.000</b>
<b>Todos los años</b>						<b>Año 1</b>		
<b>Gastos</b>	<b>Unidad</b>	<b># de</b>			<b>Unidad</b>	<b># de</b>		

		<u>unidades</u>	Coste unitario (en miles de \$)	Costes (en miles de \$)		<u>unidades</u>	Coste unitario (en miles de \$)	Costes (en miles de \$)
6. Otros	1	24	\$ 2.500.000	\$ 60.000.000		\$ 12	\$ 2.500.000	\$ 30.000.000
<b>Subtotal Otros</b>				<b>\$ 60.000.000</b>				<b>\$ 30.000.000</b>
<b>7. Subtotal costes directos elegibles de la Acción (1.-6.)</b>				<b>\$ 12.675.600.000</b>				<b>\$ 2.137.800.000</b>
8. Provisión la reserva de imprevistos (máximo 5% del punto 7, subtotal de los costes directos elegibles de la Acción)	1			\$ 633.780.000				\$ 316.890.000
<b>9. Total de costes directos elegibles de la Acción (7.+ 8.)</b>				<b>\$ 13.309.380.000</b>				<b>\$ 2.454.690.000</b>
10. Costes administrativos (máximo 7% del punto 9, total de los costes elegibles de la Acción)	1			\$ 940.476.000				\$ 470.238.000
<b>11. Costes total elegibles (9+10)</b>				<b>\$ 14.249.856.000</b>				<b>\$ 2.924.928.000</b>

En el momento de evaluar proyectos de inversión, existen muchos métodos tradicionales que proyectan resultados, los cuales de acuerdo a sus principios de aplicación, pueden generar recomendaciones opuestas, entre los métodos tradicionales podemos mencionar el método del valor presente neto o valor actual neto (VAN) el cual permite calcular el valor presente de un determinado número flujo cajas futuros, originados por una inversión, para nuestro caso se realiza el cálculo del VAN con el fin de determinar si de acuerdo a la inversión requerido el proyecto es viable y económicamente sostenible. Para nuestro caso, se considerará una tasa interna de oportunidad del 4%, de acuerdo a las fuentes de financiación:

**VPN-FLUJO DE CAJA-MODELO DETERMINISTICO**

<b>TIO</b>	4%	
<b>FLUJO</b>	<b>CALCULO</b>	<b>n</b>
(3.584.371.800)	(3.584.371.800,0)	
436.200.000	419.423.076,9	1
465.796.170	430.654.743,0	2
497.400.440	442.187.180,1	3
531.149.060	454.028.442,6	4
567.187.524	466.186.800,4	5
605.671.197	478.670.745,0	6
646.765.988	491.488.995,2	7
690.649.060	504.650.503,4	8
<b>VAN Inicial</b>	<b>102.918.686,44</b>	

De acuerdo al resultado proyectado a los 8 años, obtenernos un valor VAN mayor a cero, lo que muestra que la inversión es viable ya que indica que el proyecto renta por encima VPN-FLUJO DE CAJA-MODELO DETERMINISTICO TIO 4% FLUJO CALCULO n (3.584.371.800) (3.584.371.800,0) 436.200.000 419.423.076,9 1 465.796.170 430.654.743,0 2 497.400.440 442.187.180,1 3 531.149.060 454.028.442,6 4 567.187.524 466.186.800,4 5 605.671.197 478.670.745,0 6 646.765.988 491.488.995,2 7 690.649.060 504.650.503,4 8 VAN Inicial 102.918.686,44 100 de la tasa de descuento. Adicionalmente al cálculo del VAN se analiza el proyecto a través del cálculo del ROI (Retorno sobre la inversión, razón financiera que compara el beneficio o la utilidad obtenida en relación a la inversión realizada), el cual para nuestro caso es:

## ROI

Ingresos	5.864.080.690,00
Costos	5.007.633.050,80
ROI	17%

El resultado indica que el proyecto obtendrá un beneficio del 15% en relación a la inversión.

## 14. PLAN DE IMPLEMENTACION

Se presenta a continuación un pequeño organigrama con cada una de las fases a tener en cuenta para la elaboración del proyecto.



**Fuente:** Elaboración propia

### 14.1 FASES

- Estudio energético: en esta fase se evaluarán los consumos energéticos presentes dentro del municipio de cubara, que nos permita definir los recursos necesarios para poder cubrir el consumo total de la población.

- Estudio de terrenos En esta fase se evaluará la zona donde se va a implementar el proyecto de energía renovable, se tendrá en cuenta la accesibilidad a esta, los factores ambientales que puedan intervenir, entre ellos la temperatura promedio de esta región, el promedio de nubosidad, nivel de humedad, nivel de irradiancia, velocidad del viento, entre otros.
- Compras de materiales: Una vez definido los recursos de las fases 1 y 2 podremos realizar las compras de los materiales que cumplan las especificaciones requeridas para implementar nuestro sistema fotovoltaico y brindar la energía que se necesita en el municipio de cubara esto se llevara a cabo realizando consultas a diferentes proveedores para realizar varias cotizaciones y llegar a la que mejor se adecuo en especificaciones técnicas de los productos y buenos costos.
- Instalación: En esta fase se va a realizar la instalación de los equipos adquiridos y conociendo el estudio de terrenos para la mejor adecuación de los paneles solares, como su inclinación para mejor reflectancia de los rayos solares construcción de centro de almacenamiento energético y las líneas que llevaran esta energía a cada uno de los hogares del municipio de cubara.
- Pruebas En esta fase se determinará el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico implementado, en este se analizarán si cumple con los requerimientos planteados para la generación de energía eléctrica, evaluando la potencia, luminosidad, entre otras.
- Puesta en Marcha Finalmente, en esta fase se llevará a cabo la implementación del sistema fotovoltaico en el municipio de Cubara, de acuerdo a las especificaciones requeridas en la zona, realizando la instalación y el ajuste de los paneles solares con el fin de que toda la radiación sea aprovechada en un 100% y se colocaran las respectivas instalaciones eléctricas y demás equipos del sistema en cada unidad residencial para su respectivo uso.

## 15. CONCLUSIONES

De acuerdo a los requerimientos, a la ubicación geografía, a los retos de llevar la energía eléctrica a esta población de Cubara del departamento de Boyacá , la cual es una zona de difícil acceso y como se ha mencionado a lo largo del proyecto no cuenta con los servicios básicos para la población, se decide desarrollar este proyecto para mejorar la vida de sus habitantes, analizando las alternativas que se tenían para implementar en esta región se escoge la alternativa de un sistema de generación por unidad residencial, ya que cuando se analizaron las diferentes variables que intervienen para su desarrollo y los beneficios que proporcionan, se logra identificar que tiene los mejores resultados en la operación, además que estos sistemas tienen una vida útil bastante larga, la cual se puede extender ya que estos sistemas permiten hacer un mantenimiento y limpieza de los equipos a necesidad, sin presentar inconvenientes de accesibilidad a estos, así mismo para la implementación de esta alternativa los costos son considerablemente más bajos que para implementar el sistema centralizado el cual también requiere de renovar la infraestructura eléctrica de esta zona incrementando los costos y ocupando más espacio para la colocación de este.

La implementación de un sistema fotovoltaico que cumpla las necesidad para abastecer de energía eléctrica a la población de cubara es un reto grandioso de desarrollar y poder ofrecer una vida digna con un derecho que es fundamental y en este municipio ha sido negado por las dificultades de acceso que tiene el municipio así como en cubara son muchas las poblaciones que no cuenta con este recurso vital y generar conciencia que por medios de las energías renovables las personas dejen de vivir en la oscuridad.

## 16. BIBLIOGRAFIA

PLAN ENERGÉTICO NACIONAL 2020- 2050. (2019, diciembre). UPME. Recuperado 10 de febrero de 2022, de [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN\\_documento\\_para\\_consulta.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf)

Ulrich, K. T., Eppinger, S. D. (2013) Selección del Concepto. En Diseño y Desarrollo de Productos. (pp 93-116) México, D.F.: Mc Graw Hill. Recuperado de: <https://ebookcentralproquest-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/lib/unadsp/reader.action?docID=4676088&ppg=160>

Zaïdi, A (2007) - QFD: Despliegue de la función de calidad recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/4682>

Despliegue de la función calidad (QFD): Guía de uso. (s.f.). Recuperado el 15 de Marzo de 2020 de: <https://www.pdcahome.com/1932/qfd-despliegue-calidad/>

Zonas no Interconectadas. (s. f.). CREG. Recuperado 17 de marzo de 2022, de <https://www.creg.gov.co/sectores/energia-electrica/zonas-no-interconectadas>

Editorial La República S.A.S. (2022, 4 marzo). Expandir soluciones fotovoltaicas. Diario La República. Recuperado 17 de marzo de 2022, de <https://www.larepublica.co/analisis/jose-david-name-507206/expandir-soluciones-fotovoltaicas-3316282>

Estadísticas Primer Semestre 2020. (2020, 6 agosto). Gobernación de Boyacá | Secretaría de Minas y Energía. Recuperado 17 de marzo de 2022, de <https://www.boyaca.gov.co/secretariaminasenergia/estadisticas-mineria-primer-semester-2020/>

El clima en Cubará, el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia) - Weather Spark. (s. f.). Weather Spark. Recuperado 19 de marzo de 2022, de

<https://es.weatherspark.com/y/25279/Clima-promedio-en-Cubar%C3%A1-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

VARIACIÓN ESPACIO TEMPORAL - IDEAM. (s. f.). IDEAM. Recuperado 19 de marzo de 2022, de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/variacion-espacio-temporal1>

Vilca, C. F. A. (2012, 21 noviembre). Radiación solar, riesgos y prevención en el distrito de Cabanillas. Monografias.com. Recuperado 19 de marzo de 2022, de <https://www.monografias.com:443/trabajos94/radiacion-solar-riesgos-y-prevencion-distrito-cabanillas/radiacion-solar-riesgos-y-prevencion-distrito-cabanillas>

LA RADIACIÓN SOLAR Y SU PASO POR LA ATMÓSFERA - IDEAM. (s. f.). IDEAM. Recuperado 19 de marzo de 2022, de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera>

BBVA. (2022, 18 febrero). ¿Qué es la energía solar y cómo se produce? Cuando el sol es el protagonista. BBVA NOTICIAS. Recuperado 19 de marzo de 2022, de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-solar/>

Energía solar: todo lo que tienes que saber. (2021, 22 julio). factorenergia. Recuperado 19 de marzo de 2022, de <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo/energia-solar/>.

PRODUCCION DE CORRIENTE ELECTRICA. (s. f.). [Ilustración]. CERTIFICADOS ENERGETICOS. <https://www.certificadosenergeticos.com/energia-solar-beneficios-que-efecto-fotovoltaico>

¿Qué es el efecto fotovoltaico? (s. f.). AUTOSOLAR. Recuperado 24 de marzo de 2022, de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/efecto-fotovoltaico>

Muñoz, O. A. (2019, 13 septiembre). Cómo funciona una célula fotovoltaica - ATERSA. Atersa Shop. Recuperado 24 de marzo de 2022, de <https://atersa.shop/como-funciona-una-celula-fotovoltaica/>

Módulo fotovoltaico. (s. f.). Enel Green Power. Recuperado 24 de marzo de 2022, de <https://atersa.shop/como-funciona-una-celula-fotovoltaica/>

¿Qué es el efecto fotovoltaico? (s. f.). AUTOSOLAR. Recuperado 18 de marzo de 2022, de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/efecto-fotovoltaico>

¿Qué son los sistemas fotovoltaicos? (s. f.). SFV. Recuperado 24 de marzo de 2022, de <https://sfv.ugb.edu.sv/sistemas-fotovoltaicos.php>

A. (2018, 10 abril). ¿Cómo seleccionar un inversor para una instalación fotovoltaica? Efimarket. Recuperado 20 de marzo de 2022, de <https://www.efimarket.com/blog/seleccionar-inversor-una-instalacion-fotovoltaica/#:~:text=Sirve%20para%20controlar%20la%20carga,excesivas%20del%20conjunto%20de%20bater%C3%ADas.>

¿Qué es un inversor cargador de baterías? (s. f.). AUTOSOLAR. Recuperado 26 de marzo de 2022, de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-inversor-cargador-de-baterias>

Style.O, (2012). Energía solar autónoma, planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico, Old Sequoia Publishing

Gobernación, Boyacá (2021), energía solar fotovoltaica: única salida para promover el desarrollo en zonas rurales de Boyacá, recuperado de <https://www.boyaca.gov.co/secretariaminasenergia/energia-solar-fotovoltaica-unica-salida-para-promover-el-desarrollo-en-zonas-rurales-de-boyaca/>

Weather,spark(S,f),El clima y el tiempo en todo el año en cubará, recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/25317/Clima-promedio-en-Cubará-Colombia-durante-todo-el-año#Sections-BestTime>

Nayaret,B(2020),medidas de seguridad para realizar instalaciones fotovoltaicas, recuperado de <https://aprende.com/blog/oficios/energia-solar/medidas-de-seguridad-para-realizar-instalaciones-fotovoltaicas/>

La historia de la energía eléctrica. (s. f.). twenergy. Recuperado 18 de abril de 2022, de <https://twenergy.com/energia/energia-electrica/la-historia-de-la-energia-electrica-521/>

Energía. (s. f.). World Bank. Recuperado 18 de abril de 2022, de <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview#1>

colaboradores de Wikipedia. (2021, 13 noviembre). Consumo y recursos energéticos a nivel mundial. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 18 de abril de 2022, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Consumo\\_y\\_recursos\\_energ%C3%A9ticos\\_a\\_nivel\\_mundial](https://es.wikipedia.org/wiki/Consumo_y_recursos_energ%C3%A9ticos_a_nivel_mundial)

colaboradores de Wikipedia. (2021, octubre 9). Crecimiento de la energía solar fotovoltaica. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 18 de abril de 2022, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Crecimiento\\_de\\_la\\_energ%C3%ADa\\_solar\\_fotovoltaica](https://es.wikipedia.org/wiki/Crecimiento_de_la_energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica)

Colaboradores de Wikipedia. (2021, 28 septiembre). Conversión fotovoltaica. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 15 de marzo de 2022, de <https://es.wikipedia.org/wiki?curid=769070>

Academia Solar | ¿Qué usos y ventajas tiene el PWM? (s. f.). autosolar. Recuperado 16 de marzo de 2022, de <https://autosolar.pe/aspectos-tecnicos/academia-solar-controlador-pwm-usos-y-ventajas>

¿Qué es un inversor cargador de baterías? (s. f.). autosolar. Recuperado 16 de marzo de 2022, de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-inversor-cargador-de-baterias>

Las baterías en una instalación fotovoltaica SotySolar. (2022, 31 marzo). sotysolar. Recuperado 16 de marzo de 2022, de <https://sotysolar.es/blog/bateria-solar-instalaciones-fotovoltaicas>

La energía solar. (s. f.). Green Power. Recuperado 13 de marzo de 2022, de <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar>

Style.O, (2012). Energía solar autónoma, planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico, Old Sequoia Publishing

Gobernación, Boyacá (2021), energía solar fotovoltaica: única salida para promover el desarrollo en zonas rurales de Boyacá, recuperado de <https://www.boyaca.gov.co/secretariaminasenergia/energia-solar-fotovoltaica-unica-salida-para-promover-el-desarrollo-en-zonas-rurales-de-boyaca/>

Weather,spark(S,f),El clima y el tiempo en todo el año en cubará, recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/25317/Clima-promedio-en-Cubará-Colombia-durante-todo-el-año#Sections-BestTime>

Nayaret, B. (2020), medidas de seguridad para realizar instalaciones fotovoltaicas, recuperado de <https://aprende.com/blog/oficios/energia-solar/medidas-de-seguridad-para-realizar-instalaciones-fotovoltaicas/>

Gomez, J, Murcia J, Rojas I, (2017) la energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas, recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10312/Gómez2018.pdf>

UPME. (2014) “LEY No 1715 - 12 MAY 2014.” Recuperado de [http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY\\_1715\\_2014.pdf](http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf)

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LA FINCA VILLA CATALINA. (2018). unilibre. Recuperado 12 de marzo de 2022, de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/15474/Mpnografia.pdf?sequence=1>

Meneses, C. A. H. (2022, 22 enero). Los electrodomésticos que más consumen energía en las casas. Portafolio.co. Recuperado 20 de mayo de 2022, de <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/electrodomesticos-que-mas-consumen-energia-en-las-casas-560835>