

INCIDENCIA DE PROYECTOS QUE EMPLEAN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
FRENTE A LA PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA DE LAS ZONAS RURALES DE
COLOMBIA

ERNESTO ALEJANDRO COTE SANCHEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

PROGRAMA DE GERENCIA DE PROYECTOS

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2017

INCIDENCIA DE PROYECTOS QUE EMPLEAN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS
FRENTE A LA PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA DE LAS ZONAS RURALES DE
COLOMBIA

ERNESTO ALEJANDRO COTE SANCHEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

ESPECIALISTA DE GESTIÓN DE PROYECTOS

Asesor:

Mg. OMAIRA MANZANO DURÁN

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

PROGRAMA GERENCIA DE PROYECTOS

SAN JOSE DE CÚCUTA

2017

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia por tiempo libre permitido para realizar mis estudios y brindarme todo su apoyo de forma incondicional.

Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos a:

Gracias Dios mío por darme la fuerza en los momentos difíciles que me permitieron alcanzar este objetivo.

A mi hija Sofia Isabella y a mi esposa Nohora por la paciencia y consideración que tuvo durante el tiempo en que no pude compartir con ella, pero siempre estuvo presente en mi mente.

A Mis Padres, A mis Padres Faustina y Luis Ernesto por haber inculcado el amor por el estudio y el deseo de superación siempre dando ejemplo con sus propias vidas.

A mi Directora de Trabajo, Doctora Omaira mi total agradecimiento siempre por el apoyo y la orientación brindada.

Resumen

El presente documento realiza una construcción bibliográfica en donde se expresa la incidencia del uso de los sistemas fotovoltaicos frente a la problemática energética de las zonas rurales de Colombia. Estos sistemas muestran una ventaja de tipo energético, provenientes de diferentes fuentes, inagotables como la del sol o en sistemas mixtos (Uso de otras energías). Además minimizan el costo, promueven la creación de una energía mucho más limpia y se abordan temas de discusión referentes al impacto positivo al interior de las comunidades asiladas con baja densidad poblacional frente al desarrollo económico, educativo y social del país.

Palabras Claves: Energía renovables alternativas, Energía Solar Fotovoltaica, Sistemas fotovoltaicos autónomos, zonas rurales.

Abstract

This present document will make a bibliographical construction that expresses the incidence of the use of photovoltaic systems in the face of energy problems in rural areas of Colombia. These systems have an advantage of energetic type, they are of different sources, they are unstable like the sun and the mixed systems (Use of other energies). In addition to minimizing the cost, it promotes the creation of a much cleaner energy and it is about issues of discussion regarding the positive impact to the interior of the communities with low population density in front of the economic, educational and social development of the country.

Keywords: Alternative renewable energies, Photovoltaic Solar Energy, Autonomous photovoltaic systems, Connected photovoltaic systems.

Contenido

	pág.
Introducción	12
1. Generalidades	14
1.1 Justificación	15
1.2 Planteamiento del Problema	16
1.3 Objetivos	20
1.3.1 Objetivo general	20
1.3.2 Objetivos específicos	20
2. Diseño Metodológico	21
2.1 Técnicas de Recopilación de Información	21
2.2 Tipo de Investigación	21
3. Resultados	22
3.1 Fuentes	22
3.1.1 Limitación cronológica del estudio bibliográfica.	22
3.1.2 La energía fotovoltaica.	23
3.1.3 Los sistemas fotovoltaicos.	26
3.1.4 Componentes de un sistema fotovoltaico.	27
3.1.5 Funcionamiento de un sistema fotovoltaico.	27
3.1.6 Los sistemas fotovoltaicos según su funcionamiento.	28
3.1.7 Tipo de instalaciones fotovoltaicas.	34
3.1.8 Las ventajas de los sistemas fotovoltaicos.	36
3.1.9 Estado actual y tendencia de los sistemas fotovoltaicos.	40
3.1.10 Impactos ambientales de los sistemas fotovoltaicos.	45

3.2 Utilización e incidencia de los sistemas fotovoltaicos en Colombia.	48
3.3 Marcos Legales de la Energías Renovables en Colombia	55
4. Conclusiones	59
5. Opinión Personal	62
Referencias Bibliográficas	6565
Anexos	70

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Ventajas sistemas fotovoltaicos	39
Tabla 2. Experiencia de países latinoamericanos con EFV	43
Tabla 3. Costo de la tecnología para su adquisición, operación y mantenimiento	46
Tabla 4. Ventajas y Barreras de los sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales	54

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Producción científica sobre sistemas fotovoltaicos 2000-2016	17
Figura 2. Afiliación institucional de los autores que han publicado sobre sistemas fotovoltaicos	18
Figura 3. Tipo de documentos sobre sistemas fotovoltaicos	19
Figura 4. Registro histórico de la producción de módulos fotovoltaica	40
Figura 5. Causas y Efectos en la implementación de un Sistemas Fotovoltaico Tipo en una ZNI	52

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Documentos teóricos encontrados	71

Introducción

Esta monografía pretende expresar la incidencia de la implementación de los sistemas fotovoltaicos a la problemática energética de las zonas rurales de Colombia en aspectos sociales y económicos de la población.

En el mundo globalizado, el desarrollo que se ha venido presentando con las nuevas tecnologías para suplir las necesidades energéticas y las constantes necesidades de atender la gran mayoría de la población en diferentes partes del país, se hace necesario recurrir a nuevas formas de generación, tales como la Fotovoltaica

La emisión de gases nocivos para la salud y el medio ambiente como lo es uno de los más comunes de todos el CO₂, entre otros, ponen en peligro la salud y la vida. Es obligado realizar la implementación de nuevas formas de energía y garantizar la calidad de vida de los futuros Colombianos residentes en zonas rurales de Colombia.

Lamentablemente Colombia por ser un país en vía de desarrollo no cuenta con el apoyo suficiente para la utilización de sus recursos naturales en proyectos macros que permitan suplir la gran demanda de energía que se necesita para atender la población más desprotegida, por lo menos con nuevas formas de energía limpias, debido a los altos costos que esto implica (Ladino, 2011).

En Colombia se conoce de diferentes problemáticas alrededor del suministro energético en algunos sitios, la provisión de energía en algunos casos no supe la demanda que permita satisfacer las necesidades básicas en las zonas.

Esta monografía con enfoque cualitativo basado en la recolección de información documental de base de datos científicas tale como tesis, artículos científicos, monografías, informes e investigaciones, así como documentación empírica con el objetivo de construir un texto de consulta sobre incidencia de proyectos que emplean sistemas fotovoltaicos frente a la problemática energética de las zonas rurales de Colombia. En el transcurso de la lectura podrán conocer desde que es un panel solar y los tipos diferentes de paneles y sus compuestos, pasando por los sistemas autónomos y conectados a las redes eléctricas. También conocerán los resultados de trabajo frente al desarrollo social, económico, educativo e impacto ambiental y la opinión personal del autor frente al trabajo realizado.

1. Generalidades

Colombia es un país con una geografía diversa la cual establece diversos retos a quienes habitan en sus zonas rurales con dificultades de acceso y con una amplia zona que no se encuentra conectada con la red eléctrica denominadas como zonas no interconectadas ZNI. Los habitantes de estas zonas rurales carecen de un flujo continuo de energía los cuales afectan su calidad de vida, según Ladino, (2011):

La falta de energía incide de manera negativa en su calidad de vida debido a que dificulta el desarrollo de las actividades diarias, como la cocción de alimentos mediante métodos muy rudimentarios como la leña, pero al mismo tiempo dificulta las actividades agrícolas y pecuarias las cuales deben realizarse de manera manual o artesanal.

La prestación del servicio en las Zonas no interconectadas o ZNI se caracterizan por tener una densidad poblacional baja lo cual se convierte en un factor de exclusión político, pero también económico ya que las empresas que no ven atractivo una gran inversión financiera en términos de redes. Según Toledo (2013) “estas zonas son de escaso interés para las empresas de transmisión y distribución que se rigen por criterios de rentabilidad”. Las personas de estos sectores presentan en común que cuentan con ingresos familiares muy bajos, y precarias condiciones socio- económicas.

Aunque la mayoría de los países en desarrollo han iniciado y/o acelerado programas de electrificación rural, el progreso se ha visto dificultado. Sin unidad política sustancial para mejorar el nivel de vida de las zonas rurales, el progreso seguirá siendo lento. De hecho, a pesar de las necesidades, el apoyo político es limitado. La capacidad financiera y técnica necesaria para llevar a cabo operaciones a gran escala también carece de los apoyos necesarios, los

servicios públicos tienen una motivación limitada para extender los servicios a los clientes no rentables. (Energreencol S.A.S, 2010)

Las ZNI requieren una solución de energización local, que ofrezca un servicio constante y confiable, y cuyos costos de generación sean asequibles a la población. Debido a la abundancia de recursos naturales en estas zonas, las energías renovables representan una alternativa que puede cumplir con estas condiciones; y además, contribuir a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y al uso eficiente de los recursos naturales. En consecuencia, es necesario evaluar la viabilidad de la generación de energía eléctrica en estas zonas a partir de fuentes de energía renovable. (Esteves Gómez, 2011)

1.1 Justificación

El entorno nacional actual requiere nuevas alternativas energéticas como respuesta a la problemática ambiental que surge a partir del calentamiento global basado en energías fósiles y escasos recursos naturales.

La Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) observa que la tecnología fotovoltaica ya está suministrando servicios de energía en muchos lugares del mundo, sobre todo en el ámbito doméstico, y llama la atención al potencial de los sistemas Fotovoltaicos (FV) para promover nuevas actividades que generen ingresos e incrementen la productividad agrícola (Campen, & Guidi, 2000).

Además, las zonas rurales mediante sus lineamientos programáticos promueven el desarrollo socioeconómico con mejores condiciones de vida de la población, utilizando en el campo energético un proyecto de inversión en fuentes no convencionales de energía, dotando de

electricidad fotovoltaica a las viviendas y escuelas que se encuentran en las zonas no interconectadas (Ladino, 2011).

Esta monografía es un proyecto de gran relevancia para la UNAD ya que apunta a la línea de investigación desarrollo económico sostenible y sustentable basada en una revisión bibliográfica que se justifica y pretende mostrar las ventajas y las desventajas de este tipo de proyectos en el desarrollo rural y en las comunidades.

Por lo anterior, es necesario compilar documentos científicos y empíricos en bases de datos SciELO, REDALYC y DIALNET relacionados con proyectos fotovoltaicos en las zonas rurales de Colombia con el objeto de plantear la discusión, las reflexiones sobre las ventajas en eficiencia, eficacia y costo e impacto en la calidad de vida.

1.2 Planteamiento del Problema

En la actualidad, existen al alrededor de 1.500 millones de personas en todo el mundo que viven sin acceso a la electricidad, y sin un esfuerzo concertado, este número no es probable que se reduzca (Energreencol, s,f). Por otra parte, la ausencia de energía en las zonas rurales afecta de forma negativa la calidad de vida y la productividad de sus habitantes (Ladino, 2011).

Por ello los nuevos sistemas solares fotovoltaicos son energías renovables que representan las tecnologías más adaptables, flexibles y fáciles de utilizar en las áreas rurales aisladas. Este tipo de sistemas pueden proporcionar suficiente energía eléctrica de una forma sostenible, confiable y limpia para apoyar la creación de empresas locales en las zonas de gran población, a la vez que puede ser capaz de llegar a la mayoría de las comunidades rurales dispersas (Energreencol, s,f).

La zona rural de Colombia históricamente ha contado con un suministro de energía convencional escaso. El 4% de la población colombiana no está conectada al anillo eléctrico nacional (Dyner, 2008). Actualmente la mayoría de zonas rurales no cuentan con un sistema de energías fotovoltaicas, lo que demuestra el escaso apoyo de las políticas públicas de desarrollo alternativo sostenible en las áreas, lo que ha generado desigualdad de condiciones frente a las ciudades, baja competitividad en desarrollo agrícola, tecnológico, económico y social.

Por otro lado, realizando un revisión en la base de datos Scopus con los descriptores “Sistemas Fotovoltaicos” or “Photovoltaic systems” se encuentran sobre esta temática escasas investigaciones (21 documentos) en los años comprendidos entre 2000 y 2016.

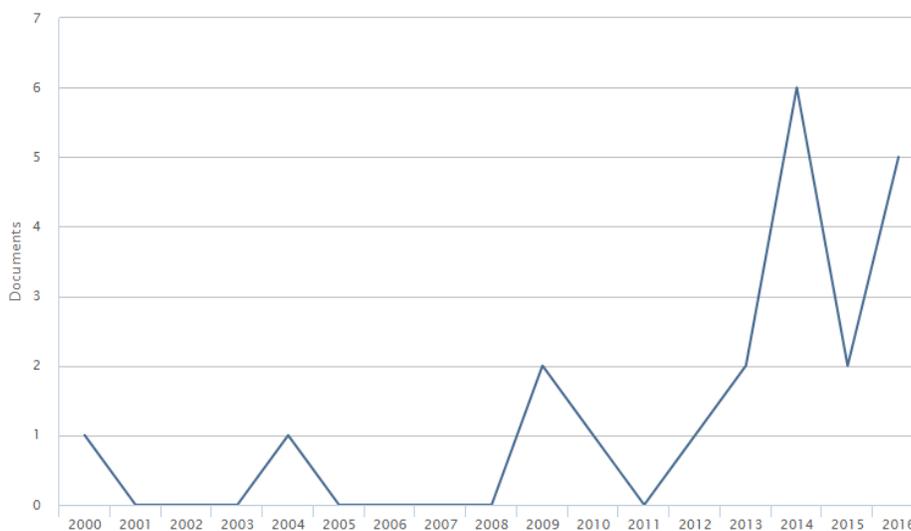


Figura 1. Producción científica sobre sistemas fotovoltaicos 2000-2016

Fuente: El autor a partir de la base de datos Scopus.

Sin embargo, la Universidad Nacional de Colombia es la que más aportaciones ha realizado al tema seguido del Consejo Nacional de investigaciones científicas y técnicas y de la Universidad Industrial de Santander (ver figura 2).

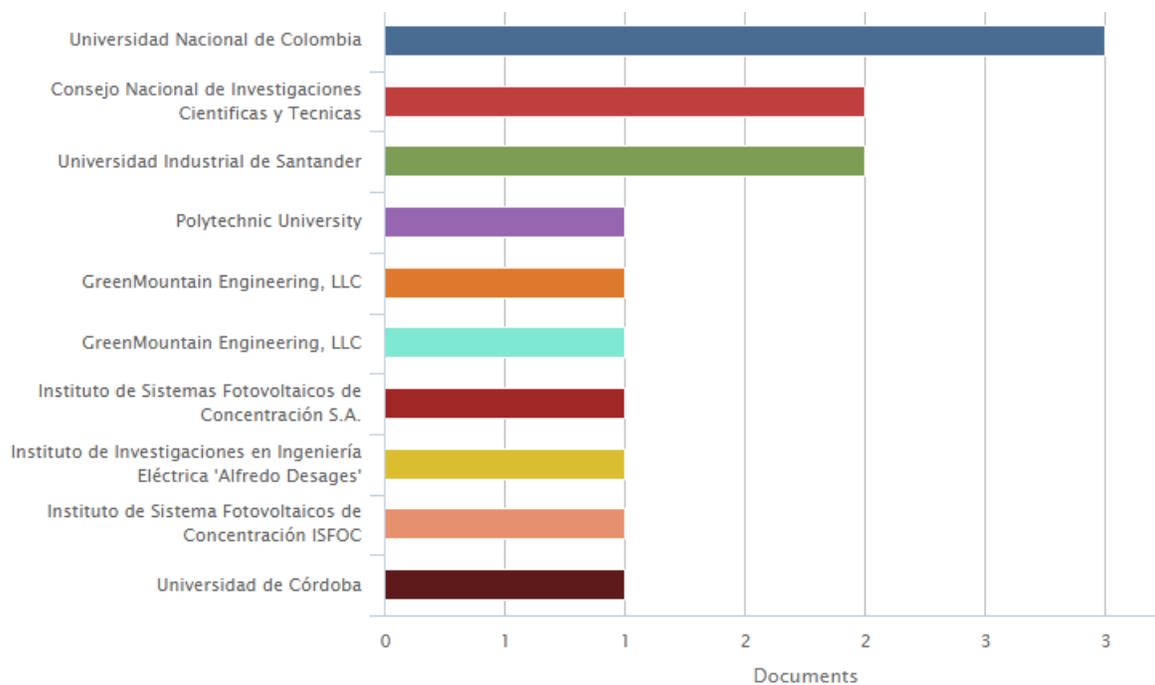


Figura 2. Afiliación institucional de los autores que han publicado sobre sistemas fotovoltaicos
Fuente: El autor a partir de la base de datos Scopus.

Las publicaciones sobre sistemas fotovoltaicos se encuentran principalmente en artículos (52%) seguido de conferencias (48%). Es necesario seguir avanzando en la investigación de esta temática para la construcción de libros en el área.

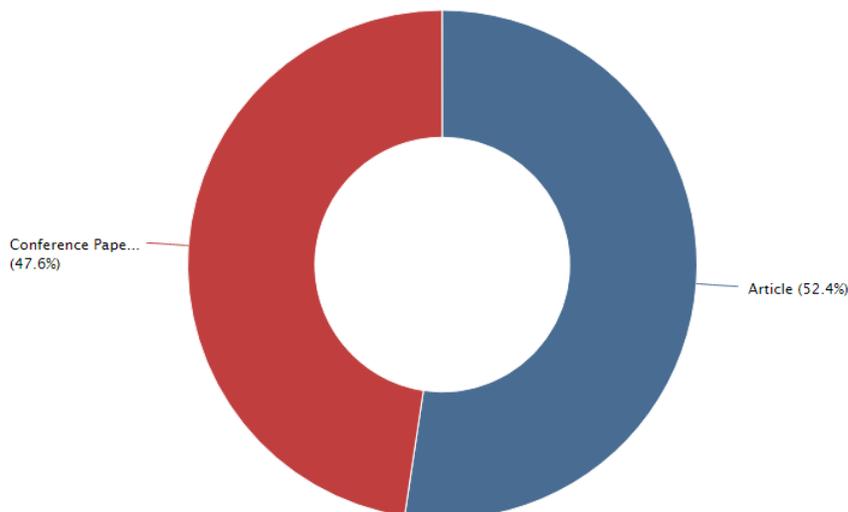


Figura 3. Tipo de documentos sobre sistemas fotovoltaicos

Fuente: El autor a partir de la base de datos Scopus.

Por lo tanto, se hace necesario el desarrollo de proyectos que apunten a la implementación de sistemas de energías fotovoltaicos que fomenten el desarrollo sostenible, que ofrezcan mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

La siguiente monografía permite observar las ventajas y dificultades presentadas en la implementación de proyectos con sistemas de energías fotovoltaicos en la áreas rurales de Colombia que se vislumbra como una posible solución al aislamiento y la marginalización gracias a las mejoras en los canales de información y comunicación, atención médica, prevención de desastres naturales, desarrollo agrícola y tecnológico.

La pregunta que guiará la presente investigación es la siguiente: ¿De qué forma inciden los proyectos direccionados a la implementación de sistemas fotovoltaicos en la calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales de Colombia?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Realizar un documento de consulta en el que se presente una descripción general de la incidencia del uso de los Sistemas Fotovoltaicos frente a la problemática energética de las zonas rurales de Colombia.

1.3.2 Objetivos específicos.

Realizar una revisión de la información de los documentos, estudios científicos y proyectos relacionados con los sistemas fotovoltaicos.

Identificar las aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos, su uso práctico y una perspectiva sobre esta tecnología.

Analizar las ventajas y barreras de la implementación de proyectos realizados con sistemas fotovoltaicos en la población rural a nivel nacional y global.

2. Diseño Metodológico

2.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación empleada en la realización de este trabajo se basa en un enfoque cualitativo de tipo revisión documental, la cual permitirá descubrir conceptos y relaciones relevantes del tema estudiado a partir de otras investigaciones y de marcos teóricos existentes.

Las fases de la investigación fueron las siguientes:

Fase 1. Revisión Bibliográfica de literatura relacionada con el tema objeto de estudio.

Fase 2. Identificación de las aplicaciones y usos prácticos de los sistemas fotovoltaicos a partir de la bibliografía consultada

Fase 3. Análisis de la información para detectar ventajas y barreras en la implementación de esta tecnología.

Fase 4. Conclusiones e informe final

2.2 Técnicas de Recopilación de Información

Este tipo de monografía basa su estructura metodológica en la recolección de información documental por medio de la revisión bibliografía de base de datos científicas tales como tesis, artículos científicos, monografías, informes e investigaciones, así como documentación empírica con el objetivo de construir un texto de consulta sobre la incidencia de la utilización de sistemas fotovoltaicos frente a la problemática energética de las zonas rurales de Colombia.

3. Resultados

3.1 Fuentes

El principio de funcionamiento de los paneles solares se basa en la conversión de la luz solar presentada en fotones la cual al impactar sobre una superficie de silicio o de otro tipo de composición el cual produce electrones que al ser capturados generan corriente eléctrica.

Fuentes de energías renovables o alternativas: Las energías renovables o alternativas son unas buenas fuentes para conseguir un ahorro energético y tener la llave de un futuro energético más limpio, eficaz, seguro, autónomo y amigable con la naturaleza; ya que esto permite contribuir con la reducción de uno de los tantos problemas que hay en la tierra como lo es el calentamiento global (Castaño, 2011)

Energía solar fotovoltaica: Se define como energía solar fotovoltaica al proceso de obtención de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos. Los módulos o colectores fotovoltaicos están conformados por dispositivos semiconductores tipo “diodo”, los cuales al recibir radiación solar mediante un proceso químico se excitan y provocan saltos electrónicos; esto se conoce como efecto fotoeléctrico. Al producirse este fenómeno se genera una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos nos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas para el uso de pequeños dispositivos electrónicos (Castaño, 2011).

3.1.1 Limitación cronológica del estudio bibliográfica. Proceso de estructura y revisión bibliográfica:

3.1.2 La energía fotovoltaica. La energía solar ha sido fundamental para el inicio de los procesos naturales de la vida en la tierra y lo sigue siendo dado, que gracias a ella se propician los procesos de fotosíntesis en las plantas, lo cual regulan los climas, afectan los mares y los ciclos del agua.

La energía obtenida del sol, puede convertirse en energía eléctrica tal y como es expuesto por Gasquet 2014 en un proceso descubierto por el “científico francés del siglo XIX (1839) Becquerel” su aplicación no se da sino hasta 1954 cuando se realizan los primeros experimentos que trataron de generar energía eléctrica basados en energía solar. Desde los años 70 se han logrado avances significativos en estas tecnologías logrando la reducción del costo frente a los valores iniciales de la misma gracias a la incorporación y aplicación en procesos industriales.

Recientemente la energía solar ha ganado gran importancia dado el desarrollo de las tecnologías de conversión de esta para uso doméstico o en la industrial, por medio de paneles fotovoltaicos en zonas rurales no interconectadas. Esta tecnología basada en paneles ha venido aumentando de manera acelerada en los últimos años gracias a la innovación e investigación de países desarrollados debido a la demanda creciente de energía y a los problemas que conllevan las energías fósiles. Este tipo de tecnología recibe cada vez más miradas a medida que salen resultados de estudios científicos.

El futuro de la energía eléctrica será el de su producción a través de la energía solar basados en los sistemas fotovoltaicos teniendo en cuenta que esta es mucho más económica pues a principios de este siglo la producción estaba próxima en los 4 euros por vatio y hoy ha alcanzado los 0,40 céntimos de euros, es decir que ha disminuido unas 10 veces su costo de producción. Fernández (2016) afirma:

En los países con gran avance científico en materia de energía fotovoltaica se ha podido determinar los costos del vatio hora de acuerdo al estudio presentado por Fernández 2016 en donde se expresan los siguientes resultados “Hasta 2010, los costes de producción en Japón se habían reducido en un 80%, con un precio de kilovatio por hora a 30 yenes (0,29 dólares americanos) —según los reportes anuales del Instituto Fraunhofer de Alemania—, en la actualidad la tasa se ha reducido hasta unos ridículos 15 yenes. En México la demanda es tal que se mantiene en unos “*elevados*” 3,5 centavos. En Chile el kWh está a 2,91 centavos. Récords históricos. Las claves son varias: procesos de fabricación a bajo coste; utilizar paneles de silicio policristalino con plástico en vez de cristal como componente base; incluir una cantidad ínfima de plata y mejorar los conductores; o hacer los paneles cada vez más finos”.

De acuerdo a lo planteado por Morales Sánchez y Roche Belín 2012 en su trabajo “La disminución en los costos de las celdas fotovoltaicas ha sido dramática en los últimos años lo cual, aunado a las políticas de incentivos fiscales establecidas en los Estados Unidos, y en particular en el estado de California, ha hecho posible la instalación de las primeras plantas de potencia. Sin embargo, es poco probable que *con la tecnología actual de celdas de silicio mono cristalino*, desarrolladas en el contexto del programa espacial en donde el costo era menos importante que otros factores tales como la confiabilidad y el peso, los costos de las instalaciones de potencia lleguen a ser lo suficientemente bajos como para competir en condiciones normales con las plantas de potencia convencionales.

Aunque los costos siguen siendo una limitante, las expectativas son muy grandes desde el punto de vista ambiental, pero también gracias a los constantes y permanentes avances de la tecnología: “La utilización de sistemas fotovoltaicos para la generación de electricidad se asocia en gran medida a sus ventajas medioambientales, y así es percibida habitualmente por la opinión

pública y por las instituciones de las sociedades más industrializadas. Junto a la propia evolución tecnológica de equipos y sistemas, existen otros factores que favorecen el crecimiento de las energías renovables en su conjunto, como son las restricciones en las tasas de emisión de dióxido de carbono y otros contaminantes a la atmósfera, derivadas, en parte, de la generación eléctrica con combustibles convencionales, o los riesgos de operación y del tratamiento de residuos de las centrales nucleares”. (Morales Sánchez & Roche Belín , 2012)

Los costes económicos no son los únicos que se ven reducidos al utilizar la energía solar como alternativa, también los impactos ambientales tienen afectación positiva al seleccionar este tipo de energía, según Fernández (2016).

Los sistemas fotovoltaicos basan su funcionamiento como se afirma en el programa de Naciones Unidas para el desarrollo (UN, 2002) a través de la transformación de la luz solar por medio de un espectro electromagnético que permite su transformación en energía eléctrica a través de paneles de fotoceldas.

En el contexto histórico es importante tener en cuenta el aporte planteado por Morales Sánchez y Roche Belín, 2012 en su trabajo “Aplicaciones de los Sistemas Fotovoltaicos” en donde se puede observar la trazabilidad de los avances de estos sistemas en el tiempo. “El fenómeno fotovoltaico fue descubierto en 1839 y las primeras celdas solares de selenio fueron desarrolladas en 1880. Sin embargo, no fue sino hasta 1950 que se desarrollaron las celdas de silicio mono cristalino que actualmente dominan la industria fotovoltaica. Las primeras celdas de este tipo tenían una eficiencia de conversión de solo 1%; ya para 1954 se había logrado incrementar la eficiencia al 6% en condiciones normales de operación, mientras en el laboratorio se lograron eficiencias cercanas al 15%. Las primeras aplicaciones prácticas se hicieron en

satélites artificiales. En 1958 fueron utilizadas para energizar el transmisor de respaldo del Vanguard I, con una potencia de cinco mili Watts. Desde entonces las celdas fotovoltaicas han proporcionado energía a prácticamente todos los satélites artificiales, incluye el Skylab que cuenta con un sistema de generación de más de 20 watt. Aun cuando fueron desarrolladas en el contexto de los programas espaciales, ya para finales de la década de los setenta las celdas fotovoltaicas comenzaban a ser utilizadas en aplicaciones terrestres como energización de pequeñas instalaciones (varios Watts de potencia) en sistemas de telecomunicación, televisión rural, y otra”

Tal y como lo expresan Morales Sánchez y Roche Belín se ha logrado un gran avance debido a la capacidad energéticas de algunas plantas generadoras de energía con potencias hasta de 1 Mega Watt, esto ha permitido que en varios países del mundo como por ejemplo en los Estados Unidos (California) las aplicaciones tanto en procesos industriales, así como para usos en aplicaciones procesos domésticos como bombeo de aguas, destilaciones y refrigeración y preservación de alimentos y viveres.

Según el programa de naciones unidas para el desarrollo 2002 Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red son una alternativa prometedora en el futuro de las energías renovables.

3.1.3 Los sistemas fotovoltaicos. Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por un conjunto de partes conformados principalmente por paneles, baterías, reguladores e inversores de carga los cuales transforman energía solar en eléctrica, la almacena y suministran. Que es un sistema fotovoltaico; tal y como se expone en el programa de naciones unidas para el desarrollo (UN, 2002) es un conjunto de equipos que integrados para realizar una serie de funciones específicas como son: transformar directa y eficientemente la energía eléctrica, almacenar

eficientemente la energía eléctrica generada, proveer adecuadamente la energía producida y almacenada.

3.1.4 Componentes de un sistema fotovoltaico. En el mismo orden de sus funciones se procederá a explicar cada componente expuesto por (Arenas, Sánchez y Zapata – Castaño 2011):

Modulo fotovoltaico: Su función es captar y convertir la radiación solar en corriente eléctrica estos dispositivos se puede conectar en serie o en paralelo.

Batería (acumulador): La naturaleza de la energía en los sistemas fotovoltaicos aislados hace que sea necesario el almacenamiento de energía que permita disponer de la misma en periodos en la que no es posible su generación. Estas baterías varían según los elementos del sistema según las características de carga, potencia y ciclos de consumo.

Inversor: Se encarga de adaptar la corriente continua producida por generadores fotovoltaicos a las características eléctricas requeridas por las cargas a alimentar.

Regulador de carga: Es el equipo que controla los procesos de carga y descarga de batería su función es el proceso de carga evitando que el proceso de carga de la batería a plena capacidad siga inyectando carga a los módulos fotovoltaicos

3.1.5 Funcionamiento de un sistema fotovoltaico. Un sistema fotovoltaico consiste en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga, usando como combustible la energía solar. La definición anterior deja claramente establecido que la carga eléctrica determina el tipo de componentes que deberán utilizarse en el

sistema. La completa definición de la carga debe tener en cuenta tres características que la definen: el tipo, el valor energético y el régimen de uso. (Gasquet, 2004).

3.1.6 Los sistemas fotovoltaicos según su funcionamiento. Según su funcionamiento con relación a una red eléctrica convencional existen dos tipos fundamentales de sistemas fotovoltaicos, en primer lugar están los denominados sistemas fotovoltaicos conectados (o enganchados) a red (SFCR), que, como se puede deducir por su nombre, necesitan de la conexión a una red eléctrica para realizar su función generadora de electricidad. Por otra parte están los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA), que al contrario de los anteriores, no necesitan de una conexión con una red eléctrica, y su funcionamiento es independiente o autónomo de dicha red (de ahí su nombre). Los SFA fueron anteriores en el tiempo a los SFCR, y, aunque si bien estos últimos están consiguiendo un crecimiento muy importante, sobre todo en los países que cuentan con un amplio desarrollo de redes eléctricas en todo su territorio, los SFA siguen siendo los más empleados en países con poco desarrollo industrial, en zonas rurales, lugares remotos y poco accesibles, etc. (Aguilera, 2003).

Aplicaciones. Las celdas fotovoltaicas fueron desarrolladas originalmente para uso espacial auspiciado principalmente por la carrera espacial internacional, la cual que requería de un sistema que proporcionará energía constante como lo es la proveniente del solar para uso de los equipos eléctricos y electrónicos de alta tecnología y que aportará suficiente autonomía durante los periodos de oscuridad. Estos sistemas deberían ser razonablemente sencillos y prácticos, así como que no necesitarán de mantenimiento constante.

En el trabajo realizado por Morales Sánchez, Roche Belin 2012, “se pueden identificar cuatro diferentes tipos de aplicaciones terrestres de la energía fotovoltaica actual: productos de

consumo, sistemas autónomos, sistemas interconectados con la red eléctrica y centrales helio eléctricas”.

A continuación se presenta un compendio de las aplicaciones más comunes extraídas del trabajo de Morales Sánchez, Roche Belín 2012.

Productos de consumo. Además de los celulares, relojes, calculadoras, reproductores de música solares, esta categoría incluye pequeños cargadores portátiles de baterías, televisores en miniatura, así como otros pequeños aparatos y dispositivos de uso doméstico (alarmas, timbres, luminarias, etc.). Las celdas utilizadas para alimentar estos equipos son en su mayoría de silicio amorfo. La elección se hizo porque es fácil y barato para depositar y adaptar a aplicaciones específicas que requieren celdas solares en formas geométricas poco usuales.

Sistemas autónomos. Estos incluyen casas habitaciones rurales y urbanas, sistemas comerciales y sistemas agrícolas de potencia que no están conectados a una red eléctrica. También incluyen las aplicaciones en el transporte, un área que está creciendo muy rápidamente. Entre las aplicaciones autónomas más populares se pueden contar la telemetría, los auxilios a la navegación (boyas, faros, etc.), las comunicaciones, la protección catódica, el bombeo de agua, el señalamiento en líneas de ferrocarril, el alumbrado público y los teléfonos de emergencia en las carreteras. Las aplicaciones autónomas han representado consistentemente el mercado fotovoltaico más grande de acuerdo al uso final. En México hasta 1994 se había instalado alrededor de 30, 000 sistemas de iluminación rural con fondos del gobierno federal. Otra aplicación de este tipo de sistemas que ha tenido un auge bastante importante en la década de los noventa, ha sido la telefonía rural. Respecto a esta aplicación se han instalado varios miles de estaciones de radiotelefonía.

Sistemas interconectados. Las aplicaciones conectadas a la red pueden además clasificarse por su tamaño en residenciales e intermedias. Las residencias conectadas a la red son casa habitación o multifamiliares que generan una porción de sus necesidades de electricidad con arreglos fotovoltaicos y usan la red de distribución eléctrica existente para complementar sus requerimientos. Cualquier exceso de electricidad generada con el sistema fotovoltaico se vende a la empresa eléctrica. Las aplicaciones intermedias son normalmente aplicaciones comerciales de mayor tamaño que las anteriores, e incluyen la generación fotovoltaica de electricidad para uso en tiendas, talleres de manufactura o de servicio. La electricidad generada en exceso también es vendida a la empresa eléctrica. Este tipo de aplicaciones sólo es posible en lugares donde la empresa eléctrica local, por ley, debe comprar el exceso de electricidad a quien lo genere. En los Estados Unidos de Norteamérica varias compañías eléctricas han instalado sistemas residenciales del orden de 2 a 4 kw en el sector residencial y sistemas de varias decenas de kw en lugares públicos e instalaciones comerciales.

Centrales helio eléctricas. El mercado actual de centrales fotovoltaicas de potencia incluye instalaciones en las que se produce electricidad que se vende a las empresas eléctricas locales en el esquema de productores independientes, y algunas instalaciones propiedad de las mismas empresas eléctricas. Este mercado se inició en 1982 con ventas del orden de 1.8 Mwpp. Luego alcanzó un máximo de 8.6 Mwpp en 1983, y declinó hasta 0.8 Mwpp en 1987. Las cuatro centrales fotovoltaicas más grandes fueron instaladas en los Estados Unidos, entre 1982 y 1985 (de aquí el pico de ventas en ese mismo periodo). La central fotovoltaica más grande en la actualidad tiene una capacidad de 6.5 Mw y fue construida en California en 1984. En la actualidad dicha planta está siendo desmantelada pues ya cumplió con los objetivos de investigación propuestos. Los proyectos de este tipo de plantas más recientes que se han dado en

el mundo son una planta de 2 Mw perteneciente a la compañía eléctrica de la municipalidad de Sacramento California y la planta de 1 Mw en Toledo España.

Sistemas de protección Catódicos. La protección catódica es un método de proteger las estructuras de metal contra la corrosión. Es aplicable a puentes, tuberías, edificios, estanques, perforaciones y líneas ferroviarias. Para alcanzar la protección catódica se aplica un pequeño voltaje negativo a la estructura de metal y éste evita que se oxide o aherrumbre. El terminal positivo de la fuente es conectado a un ánodo galvánico o de sacrificio que es generalmente un pedazo del metal de desecho, que es corroído en vez de la estructura que se desea proteger. Las celdas solares fotovoltaicas que a menudo se utilizan en lugares remotos para proporcionar este voltaje.

Cercas Eléctricas. Las cercas eléctricas se utilizan extensamente en agricultura para evitar que el ganado o los depredadores entren o deje un campo cerrado. Estas cercas tienen generalmente uno o dos alambres "vivos" que se mantienen con cerca de 500 voltios de Corriente Continua. Éstos dan una dolorosa descarga, pero inofensiva a cualquier animal que los toque. Esta descarga generalmente es suficiente para evitar que el ganado derribe los cercos. Estas cercas también se utilizan en recintos de la fauna y áreas protegidas. Requieren de un alto voltaje pero muy poca corriente y a menudo están situadas en áreas alejadas donde el costo de energía eléctrica es alto. Estas necesidades se pueden resolver mediante un sistema fotovoltaico compuesto de células solares, un acondicionador de energía y una batería.

Sistemas de Iluminación. A menudo se requiere iluminación en lugares remotos donde el costo de emplear energía de la red es demasiado alto. Tales aplicaciones incluyen la iluminación de seguridad, ayudas a la navegación (ej. boyas y faros), señales iluminadas en los caminos,

señales en cruces ferroviarios y la iluminación de aldeas. Las células solares pueden satisfacer tales usos, aunque siempre se requerirá de una batería de almacenaje. Estos sistemas generalmente consisten de un panel fotovoltaico más una batería de almacenaje, un acondicionador de energía y una lámpara fluorescente de C.C. de baja tensión y alta eficiencia. Estos sistemas son muy populares en áreas remotas, especialmente en países en vías de desarrollo y es uno de los usos principales de células solares.

Telecomunicaciones y sistemas de monitoreo remotos. Las buenas comunicaciones son esenciales para mejorar la calidad de vida en áreas alejadas. Sin embargo el costo de energía eléctrica de hacer funcionar estos sistemas y el alto coste de mantenimiento de los sistemas convencionales han limitado su uso. Los sistemas fotovoltaicos han proporcionado una solución rentable a este problema con el desarrollo de estaciones repetidoras de telecomunicaciones en áreas remotas. Estas estaciones típicamente consisten de un receptor, un transmisor y un sistema basado en una fuente de alimentación fotovoltaica. Existen miles de estos sistemas instalados alrededor del mundo y tienen una excelente reputación por su confiabilidad y costos relativamente bajos de operación y mantenimiento. Principios similares se aplican a radios y televisiones accionadas por energía solar, los teléfonos de emergencia y los sistemas de monitoreo. Los sistemas de monitoreo remotos se pueden utilizar para recolectar datos del tiempo u otra información sobre el medio ambiente y transmitirla automáticamente vía radio a una central.

Bombas de agua accionadas por energía solar. Existen más de 10.000 bombas de agua accionadas por energía solar en el mundo. Son utilizadas extensamente en granjas para proveer el agua al ganado. En países en vías de desarrollo se las utiliza extensivamente para bombear agua de pozos y de ríos a las aldeas para consumo doméstico y la irrigación de cultivos. Un típico

sistema de bombeo accionado por energía fotovoltaica consiste en un conjunto de paneles fotovoltaicos que accionan un motor eléctrico, el que impulsa la bomba. El agua se bombea de la tierra o afluente a un tanque de almacenaje que proporciona una alimentación por gravedad. No es necesario un almacenaje de energía en estos sistemas. Los sistemas de bombeo accionados por energía solar se encuentran disponibles en proveedores de equipo agrícola y son una alternativa rentable a los molinos de viento agrícolas para el abastecimiento de agua en áreas alejadas.

Electrificación Rural. Las baterías de almacenaje se utilizan en áreas aisladas para proporcionar corriente eléctrica de la baja tensión para iluminación y comunicaciones así como también para vehículos. Un sistema fotovoltaico de carga de baterías consiste en generalmente un pequeño conjunto de paneles solares más un regulador de carga. Estos sistemas se utilizan extensamente en proyectos rurales de electrificación en países en vías de desarrollo.

Sistemas De Tratamiento De aguas. En áreas alejadas la energía eléctrica se utiliza a menudo para desinfectar o purificar agua para consumo humano. Las celdas fotovoltaicas se utilizan para alimentar una luz fuerte ultravioleta utilizada para matar bacterias en agua. Esto se puede combinar con un sistema de bombeo agua accionado con energía solar. La desalinización del agua salobre se puede alcanzar mediante sistemas fotovoltaicos de ósmosis inversa.

Otros usos de celdas solares. Se puede utilizar celdas fotovoltaicas en una gran variedad de aplicaciones incluyendo:

- Productos de consumo tales como relojes, juguetes y calculadoras
- Sistemas de energía de emergencia
- Refrigeradores para almacenaje de vacunas y sangre en áreas remotas

- Sistemas de la aireación para estanques
- Fuentes de alimentación para satélites y los vehículos espaciales
- Fuentes de alimentación portátiles para camping y pescar

3.1.7 Tipo de instalaciones fotovoltaicas. Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dividir en dos tipos, según el objetivo que a estas se les designe. De acuerdo a lo anteriormente mencionado se procede a tomar como ejemplo a la descripción realizada en el trabajo (SIMEC CHILE SRL). El primer tipo corresponde a las instalaciones aisladas de la red eléctrica, las cuales cumplen la función de satisfacer total o parcialmente los requerimientos de energía eléctrica de viviendas o localidades que no cuentan con la prestación de servicio eléctrico de alguna compañía. El segundo tipo corresponde a las instalaciones conectadas a la red eléctrica y tienen por objetivo reducir el consumo de energía eléctrica convencional (de la red), optando por satisfacer la demanda por medio del sistema fotovoltaico y si es posible, entregar a la red eléctrica parte de la energía generada y que no es ocupada en el lugar de la instalación.

Instalaciones aisladas de la red eléctrica: Son utilizadas en sectores alejados, que no tienen acceso a la red eléctrica, generalmente sectores rurales, iluminación de áreas aisladas, antenas de comunicaciones, balizas o boyas de señalización, bombeo de agua, etc. Estos sistema van acompañados de inversores de corriente, para pasar de corriente continua a corriente alterna, reguladores de voltaje y bancos de baterías que permiten almacenar la energía que no se esta utilizando.

Las instalaciones aisladas de la red dan lugar a dos tipos de suministros según sea el tipo de distribución(SIMEC CHILE SRL).:

El sistema centralizado. Consiste en un único sistema que cubre las necesidades del conjunto de usuarios. De esta forma se disminuyen los costos del sistema, sin afectar la calidad del suministro(SIMEC CHILE SRL)..

El sistema descentralizado. Al contrario del sistema centralizado, en este caso se instala individualmente el sistema completo en la vivienda o lugar a energizar. Los costos en este tipo de instalaciones son más altos(SIMEC CHILE SRL)..

Instalaciones conectadas a la red eléctrica. Este tipo de instalaciones se encuentra permanentemente conectado a la red eléctrica, de tal forma que en periodos de irradiación solar, sea el sistema fotovoltaico quien entregue energía, mientras que en periodos de radiación limitada o nula, sea la red eléctrica quien entregue la electricidad necesaria para satisfacer la demanda.

En el caso de que la energía generada por el sistema sea superior a la demanda localmente, la red eléctrica aceptará todo excedente de energía que no sea utilizado.

Los equipos que forman parte de estas instalaciones son: panel fotovoltaico, inversor de corriente para pasar de CC a CA y un Contador que permita contabilizar la energía producida por el sistema. Para poner en funcionamiento una instalación fotovoltaica de este tipo es necesario contar con un punto de acceso a la red eléctrica, que permitirá entregar la energía generada, este punto de acceso es asignado por la compañía eléctrica del sector donde se realice la instalación.

Si bien es cierto, estas instalaciones en estricto rigor están permanentemente conectadas a la red eléctrica, por lo cual no necesitan de sistemas de conversión y almacenamiento como en el caso de las aisladas, también sería posible utilizarlas como los sistemas aislados, esto en el caso

de que sea una instalación pequeña que cubra parcialmente la demanda local y que desee cubrir la energía faltante con la red eléctrica. Para esto, además es necesario utilizar un conmutador que permita realizar el cambio entre la energía entregada por el sistema fotovoltaico a la energía de la red(SIMEC CHILE SRL)..

Huerta Solar. Una huerta solar o también llamada Electranet, es un recinto en el cual distintos dueños o familias instalan y comparten pequeños sistemas fotovoltaicos.

Se estima que una instalación fotovoltaica en una superficie de una hectárea, puede entregar energía suficiente para satisfacer los requerimientos de unas 100 familias.

Para una instalación que genere unos 100 KW de energía, es posible recuperar la inversión realizada (incluyendo paneles, bancos de baterías, inversores, reguladores, accesos, cierre perimetral, etc.) en un periodo comprendido entre 12 y 17 años aproximadamente. Además en algunos países se cuenta con el incentivo del gobierno para instalaciones de este tipo, lo cual las hace aún más ventajosas(SIMEC CHILE SRL)..

Instalaciones Híbridas. En este tipo de instalaciones se combinan los sistemas fotovoltaicos con una o más fuente de energía renovable o no renovable, como por ejemplo: sistemas eólicos, mareomotriz, biomasa, geotermia, generadores, etc(SIMEC CHILE SRL)..

3.1.8 Las ventajas de los sistemas fotovoltaicos. Usos y Ventajas de los Sistemas Fotovoltaicos:

El uso de esta tecnología de paneles fotovoltaicos es reciente, pero existen experiencias interesantes en España y Alemania Arco Solar, la fábrica de módulos solares más importante del

mundo, a Siemens, de Alemania, así como los derechos de tecnología a Isofotón de España (Murcia, 2008, citado por Gálvis & Gutiérrez Gallegos, 2013)

La búsqueda de energía solar es una idea persistente en el objetivo de poder solucionar las desigualdades manifiestas entre las áreas rurales y las zonas urbanas en Colombia. Dado que la falta de energía dentro del territorio rural incide de manera negativa en las condiciones de calidad de vida de los habitantes rurales e igualmente dificulta el desarrollo de las actividades domésticas y la productividad agropecuaria, labores que influyen en el desarrollo rural.

Como afirma Castillo (2015), en Colombia se puede tener acceso a telecomunicaciones y electrificación en zonas no interconectadas gracias a este tipo de sistemas fotovoltaicos pudiendo alcanzar potencias hasta de 9 MW.

Algunas de las ventajas de utilizar la energía solar pueden ser entre otras, energía prácticamente inagotable, genera entre diez y veinte veces más energía de la que se necesite para producirla, total independencia de importaciones energéticas, facilidad de instalación en cualquier parte de la geografía porque solo requiere la instalación de los paneles solares y tenemos presencia de sol en todo el globo terráqueo, ofrece garantías de funcionamiento por décadas, la vida útil de los sistemas fotovoltaicos es muy elevada y tiene un coste mínimo de mantenimiento sin requerir conocimientos expertos para el mismo, necesita menos inversión para su instalación, proporciona una mayor cobertura y solución para áreas rurales donde no llega la red de interconexión eléctrica.

La ventaja de los sistemas fotovoltaicos frente a las instalaciones convencionales está más que probada, pero debido al negocio que representa para las grandes multinacionales generadoras de energía, aún la energía solar no ha logrado hacer el eco que debiera para dar un vuelco total a

la actualidad y el futuro de nuestra especie. En los programas de electrificación rural, el sistema convencional para hogares aislados ha constado de un panel solar de 50 a 70 Wp, una batería entre 60 y 120 Ah y un regulador de carga. Estos pequeños sistemas suministran energía para iluminación, radio y TV, cubriendo las necesidades realmente básicas de los campesinos. El costo actual de este sistema es del orden de US\$ 1 200 a 1 500, afectado principalmente por los elevados costos de instalación en las zonas remotas. (Murcia 2008, citado por Gálvis Garzón & Gutiérrez Gallegos, 2013)

Aplicaciones de los Sistemas Fotovoltaicos en el Sector Agrícola. En el sector agrícola se encontrado alrededor del mundo experiencias exitosas con el objetivo que al poder acceder a energía pueda mejorar la calidad, al poder de esta forma de aumentar la productividad, mejorando los procesos y la capacidad económica, así mismo su calidad de vida en las comunidades rurales que no están interconectadas. Aunque diversos estudios advierten que el acceso a la energía eléctrica es una condición necesario, no es auto –sostenible, dado que la población en zonas no interconectadas se dedica específicamente a tareas agrícolas y pecuarias. “El acceso a este tipo de energía permitiría mejorar las condiciones de vida de sus habitantes y permitir el uso de equipos que reduzcan el tiempo de producción, mejoren la calidad del producto y aumenten la capacidad de producción” (Valer & Zilles, 2010).

Van Campen (2000), argumenta que: los sistemas fotovoltaicos presentan mayor fiabilidad en las zonas rural frente al sistema eléctrico tradicional, ya que estos no ofrecen garantía de servicio continuo debido a que la red presenta frecuentes interrupciones y las opciones de combustible fósil como diesel o keroseno no cuentan con una disponibilidad segura de combustibles, situaciones demasiado frecuentes en las zonas rurales. Los usuarios de SSD (Sistemas Solares Domésticos) aprecian mucho esta fiabilidad. Basados en estudios de

satisfacción frente a los sistemas de energía fotovoltaicos en la tabla No 1 se puede observar los resultados obtenidos.

Tabla 1. Ventajas sistemas fotovoltaicos

VENTAJAS DOMESTICAS GRACIAS A LA ELECTRICIDAD FOTVOLTAICAS	% DE SATISFACCION
Trabajo/estudio/tareas escolares por la noche	79%
Más posibilidades recreativas (Tv/radio, lecturas, etc.	77%
Mejores condiciones de salud (refrigeración, ausencia de humo, no hay peligro de incendio)	42%
Tiempo libre sobre todo para las mujeres	44%
Más satisfacción/ autoestima/ actitud positiva	56%
Mejoras domésticas que coinciden con la instalación	40%
Otros saberes: -Uso posibilidad como fuente de energía para repelente. – Eliminación de uso de plantas eléctricas a gasolina	5%

Fuente: Van Campen, 2000

Con el propósito de dar a conocer las bondades de la energía solar basada en sistemas fotovoltaicos, se viene desarrollando aplicaciones con fines educativos y didácticos mediante modelos de enseñanza y aprendizaje de la energía solar donde se plantean temas como: principios de funcionamiento, generación fotovoltaica, cocción solar. Busca mejorar la enseñanza y el aprendizaje en la asignatura de generación de energía en el programa de tecnología eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira UTP (Arenas Sánchez & Zapata Castaño, 2011).

Con el objetivo de obtener alternativas energéticas para municipios ubicados en zonas no interconectada, y el reconocimiento de la normatividad energética vigente en Colombia con análisis de pre factibilidad de generación de energía, costos y financiamiento “En particular, se resalta la ventaja de plantear soluciones a partir de energía solar, la cual muestra ser favorable para la mayoría de los municipios” (Esteves, 2011).

3.1.9 Estado actual y tendencia de los sistemas fotovoltaicos. Actualmente, cada vez es mayor la atención que se presta a la electricidad solar como una de las opciones más prometedoras para contrarrestar los preocupantes efectos sobre el cambio climático mundial y la degradación ambiental tal asociada con la producción eléctrica convencional. De hecho, la PV virtualmente no supone emisiones durante su fase de uso y, por lo tanto, es percibida como esencialmente «verde». No obstante, inicialmente sufrió limitaciones bien conocidas; entre ellas, principalmente, su elevado coste y una baja aceptabilidad social debido a su falta de estética” (Raugeri, 2009).

La capacidad mundial de producción de sistemas fotovoltaicos viene creciendo exponencialmente a lo largo de las últimas dos décadas (Figura 4). Las estimaciones basadas en un sondeo sobre comunicados empresariales y notas de prensa de más de 200 empresas de todo el mundo indican que esta tendencia muy probablemente se mantenga en un futuro próximo, sobrepasando los 40.000 MWp en 2012 (Jaeger- Waldau, 2008 citado por Raugeri, 2009)

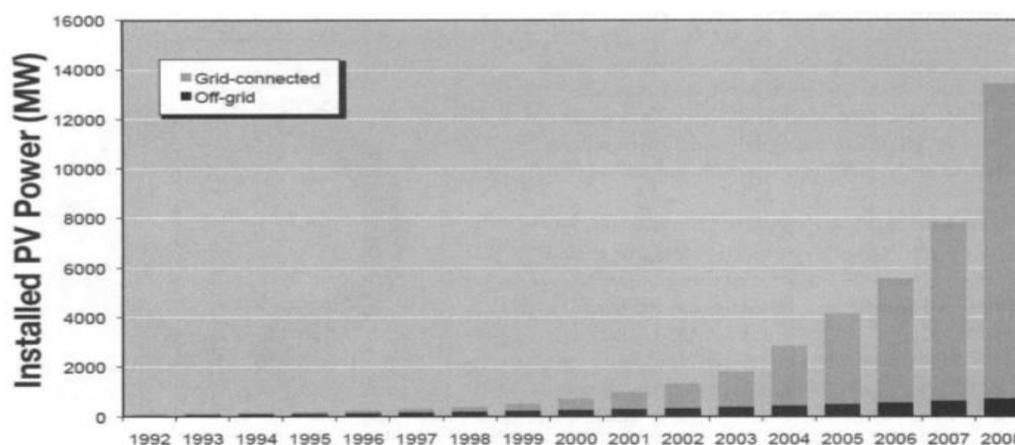


Figura 4. Registro histórico de la producción de módulos fotovoltaica

Fuente: PVS, 2009

Según muestra la Figura, en España, Alemania y Japón (actualmente los principales mercados para la P V) hay una gran preponderancia de las instalaciones conectadas a la red; la mayoría es distribuida, pero recientemente se ha instalado un gran número de sistemas centralizados, especialmente en España. En EEUU, por el contrario, un porcentaje considerable del total instalado está representado por sistemas no conectados a la red. Esto, al menos en parte, puede justificarse por la baja densidad de población en ese país, donde la PV con frecuencia se percibe como el medio más práctico para abastecer de electricidad a viviendas y poblaciones remotas, en lugar de una opción para reducir el consumo de combustibles fósiles.

No obstante, la fotovoltaica es por ahora económicamente competitiva sólo para aplicaciones de consumo remoto y desconectado de la red. Las aplicaciones conectadas a la red siguen necesitando el respaldo de incentivos económicos, como la reducción impositiva y las tarifas de introducción (a través de las cuales se obliga a las empresas de las redes regionales o nacionales de energía a comprar la electricidad PV, con tarifas que hacen que su instalación resulte competitiva (Raugeri, 2009)

Paralelamente a su creciente éxito comercial, los sistemas fotovoltaicos han mejorado enormemente desde el punto de vista de su comportamiento ambiental. La producción de los primeros módulos comerciales de los años 70 y 80 demandaba mucha energía y, obviamente, esto tenía serias consecuencias sobre su impacto ambiental, afectando la credibilidad de la PV como una alternativa «verde» realmente viable (Raugeri, 2009).

Los sistema PV tiene un EPBT (Energy Pay-Back Time; Tiempo de reembolso energético) de X y una esperanza de vida de Y años, producirá durante su vida útil (Y /X) veces la cantidad de electricidad que podría haberse generado de otra manera si los recursos energéticos necesarios

para su fabricación y mantenimiento se hubieran utilizado directamente en centrales de energía convencionales. Sin duda, la PV sólo representa una alternativa viable si el EPBT vida útil (Raugeri, 2009).

Los actuales valores del EPBT (Energy Pay-Back Time; Tiempo de reembolso energético) EPBT para los sistemas PV más modernos; el plazo de vida útil según los estándares industriales también se ha ampliado a treinta años. En consecuencia, se puede aseverar que desde un punto de vista energético, cualquier vestigio de escepticismo respecto a la viabilidad a largo plazo de la electricidad fotovoltaica, carecería ya de fundamento (Raugeri, 2009)

En la siguiente tabla 3 se relaciona la experiencia de los países Latinoamericanos frente a los sistemas fotovoltaicos.

Tabla 2. Experiencia de países latinoamericanos con EFV

PAIS	DOCUMENTO	AÑO	COMENTARIO
México	Estudio de caso: Selección de opciones de aprovechamiento energético para la comunidad rural de Tepisuac, Jalisco.	1997	Proyecto de 50 viviendas y una población de 300 personas. Viven en la pobreza, con prácticas de subsistencia
Colombia	Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el departamento de Casanare.	1999	Proyecto dirigido a la población rural de Casanare (40 escuelas y 2.000 viviendas), aislada de las zonas interconectadas de los corredores eléctricos. (Gobernación de Casanare, 1999)
Cuba	Estudio de caso: selección de alternativas energéticas un proyecto de comunidad rural provincia de Cienfuegos.	1999	Proyecto para 30 viviendas con una población de 200 personas. Conclusión: energía fotovoltaica para demanda eléctrica, bombeo de agua, iluminación. Energía solar térmica para la cocción de alimentos.
Colombia	Energía fotovoltaica para San Sebastián, Tumaco Nariño.	1999	Electrificación fotovoltaica de unidades caseras, para población en el Pacífico colombiano. Ayuda humanitaria y cooperación de Fundación Luna Roja.
Honduras	“La energía solar cierra la brecha digital”	2000	Aldea de San Ramón, primera comunidad de Honduras conectada a internet, con energía fotovoltaica. Otras aplicaciones: televisión, videograbadoras y computadores.
El Salvador	Energía fotovoltaica en la educación a distancia. Estudio de caso “telesecundaria El buen Porvenir” que se encuentra en una zona rural del país.	2001	Diseño de un sistema fotovoltaico que contempla una video casetera para 5 horas, un televisor 25”, 3 luminarias de 15W cada una, para dos horas de uso. El diseño se realizó para el mes de junio con la mínima irradiación; se obtuvieron dos paneles de 362 W. Se prevé el uso de computadores, y con el tiempo, acceso a Internet.

Chile	Tecnologías renovables en electrificación rural.	2003	La energía solar se utiliza para el calentamiento de agua y generación eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos en viviendas aisladas de la red eléctrica, en la zona norte del país.
Perú	Electrificación rural a base de energía fotovoltaica (PNUD)	2006	Es una alternativa energética para sistemas fotovoltaicos, cuando la demanda es pequeña, ayudando al poblador rural de áreas aisladas a disminuir los índices de pobreza. Dentro de los objetivos del proyecto se encuentra la disminución de los gases tipo invernadero que se generan por la utilización de combustibles fósiles en las zonas rurales.
Colombia	Implementación de sistemas de energía para comunidades no interconectadas	2008	Energía rural para 12 escuelas y 75 viviendas y 8.000 solicitudes en comunidades dispersas del área rural de Casanare. (Gobernación de Casanare, 2010)
Colombia	Central de producción energía fotovoltaica para 17.000 habitantes de Santander.	2009	Central a construirse con apoyo de las EPM (Empresas Públicas de Medellín), Fundación por una Colombia Futura. Electrificadora de Santander. Proyecto piloto para generar 15 Mw en Bucaramanga. (Colombia Futura, 2010)

Fuente: Ladino, (2011)

3.1.10 Impactos ambientales de los sistemas fotovoltaicos. Expectativas ambientales de los Sistemas Fotovoltaicos:

Las energías renovables siguen generando pasiones y expectativas en muchas personas en el mundo como una solución a la grave situación de contaminación que enfrenta el mundo, en el cuál los países más desarrollados son quienes más contaminan el ambiente y paradójicamente son quienes tiene mejores estándares de calidad de vida y una población bastante baja referente a la gran cantidad de contaminación que producen. (Infante, 2007).

Según Gálvis & Gutiérrez (2013) la energía solar es la energía más limpia y es inagotable, muchos países desarrollados han incrementado su uso, gracias a las ventajas en la disminución de su costo y gracias a su impacto ambiental positivo.

Los Sistemas Fotovoltaico y su impacto en los entornos aislados. De acuerdo a las investigaciones históricas de la energía solar fotovoltaica aplicadas en entornos aislados, gracias a su sistema de almacenamiento, estos sistemas otorgaron hasta (3) días de energía seguidos sin suministro de luz solar, como se observa en las investigaciones de Vela Ruiz en el año 2015.

La creciente tendencia de los Sistemas Fotovoltaicos frente el cambio climático. La conciencia ambientalista cada vez más creciente frente a los cambios climáticos que se están evidenciando generan propuesta basadas en estudios muy serios que permiten el análisis crítico frente a resultados obtenidos por Rodríguez- Borges y Sarmiento –Sera, en el año 2015 presentado en su estudio titulado Competitividad de sistemas híbridos eólicos – fotovoltaicos para la electrificación rural, en el cual fue realizado un análisis que muestra la creciente competitividad de estos sistemas híbridos eólicos–fotovoltaicos respecto a la generación diésel en función al costo equivalente de la energía y el impacto ambiental.

En la siguiente tabla se observan los costos de la tecnología según su adquisición, operación y mantenimiento en los sistemas fotovoltaicos.

Tabla 3. Costo de la tecnología para su adquisición, operación y mantenimiento

Descripción de Tecnologías		Costos de adquisición	Costo Anual de Mantenimiento	Vida útil en años
Modulo Fotovoltaico	Monocristalino 24 V y 13% de Eficiencia	1.310 \$/KW	10 \$ /KW	25
Aerogenerador	3 KW de 24 V en CA con regulador	2.630 \$/KW	33 \$ /KW	15
Inversor-Controlador	Inversor SMA 5 KW, 48V, 100 A	730 \$/KW	100\$	5
Batería	D plomo SMA 5 KW, 48 V, 100 A	501 \$	2 \$ / Batería	20
Generador motor diésel	Potencia 10 15, 20 y 25 KW	6.782 \$ (10 KW), 7.834 \$ 8.976 \$ y 10.438 \$ Respectivamente	2 \$/h. de operación (Incluye combustible)	15000 Horas de operación

Fuente: Rodriguez, (2015)

Otros Aspectos Ambientales de los Sistemas Fotovoltaicos. Otro aspecto importante del impacto ambiental de las energías fotovoltaicas es promover la iniciativa de viviendas sostenibles en las observaciones realizadas por (Francisco, Pereira y Joao, 2011) donde se centra en ahorro, la autosuficiencia y la eficiencia. Intentado establecer una estrecha relación entre la tecnología, el medio ambiente y la sociedad. Contribuyendo a fomentar la sostenibilidad en nuestras vidas, y afrontando retos que mejoren el agotamiento de los recursos fósiles, el cambio climático y la preservación de recursos.

Para finalizar en materia económica podemos unirnos a lo afirmado por Ruíz, et al., (2007): Financieramente el proyecto de uso de energía solar es viable. Ecológicamente, este proyecto favorece el desarrollo sustentable ya que su influencia en el calentamiento global es nula, se usa un recurso renovable por los próximos 6.000 años.

Los grandes investigadores reconocen que es una energía limpia, que sus periodos de uso y mantenimiento son altos; si se da un buen manejo el sistema logra funcionar de manera continua un periodo mínimo de dos años y con mantenimiento de las baterías el sistema continúa funcionando; al igual se puede percibir que la vida útil de los paneles puede llegar a los veinte años, lo cual reduce la producción de residuos. El sistema de energía fotovoltaica es empleado en su mayoría para la producción de luz, televisión y refrigeración. Este sistema es de fácil conexión y no se necesita personal altamente capacitado para su operación. El mantenimiento no es constante, facilitando en estas zonas, donde el desplazamiento es difícil, mantener el servicio de forma continúa. (Landino, Rafael 2011).

Colombia al ser un territorio que se encuentra ubicado en la línea de la zona ecuatorial, lo convierte en lugar propicio para la implementación de sistemas fotovoltaicos, puesto que este lugar tiene gran impacto de radiación solar y por tal motivo la generación eléctrica por medio de los paneles fotovoltaicos es mayor que las otras partes del mundo. (Camargo Carvajal & Dallos Castellanos, 2011)

Marco Legal Ambiental en Colombia de los Sistemas Fotovoltaicos frente al cambio climático. El Estado Colombiano ha tomado iniciativas recientes, como la ley 1715 del 2014 y el decreto 2143 de noviembre de 2015, con las cuales espera promover la diversificación de la oferta energética a través del uso de energías renovables, aplicando algunos beneficios financieros y tributarios. Si la voluntad política lo permitiera, en un periodo razonable de tiempo se podría estar llegando a las zonas más aisladas y remotas del país para mejorar las condiciones básicas humanas insatisfechas. No se tiene que esperar al posconflicto, para mejorar los servicios de salud, dotación de energía y sistemas de información y comunicación modernos para escuelas rurales y viviendas, acceso al agua potable, y con ello mitigar las condiciones más adversas de

calidad de vida de los tantos millones de colombianos que las padecen. (Pinilla Sepúlveda, 2016)

3.2 Utilización e incidencia de los sistemas fotovoltaicos en Colombia. De acuerdo a la importancia que cada vez más ha tomado las energía renovables ENVINT Consulting generó un documento de consulta y referencia para comunidades indígenas que permita poder identificar y superar los obstáculos más relevantes, haciendo énfasis sobre las fuentes de financiamiento de proyectos de tecnología. Son muchas las decisiones que se deben tomar antes de proceder a realizar un proyecto; por ejemplo, elegir la tecnología en función de la disponibilidad de fuentes, y determinar las dimensiones y la ubicación del proyecto, la estructura organizacional, la propiedad y las opciones de financiamiento”. (ENVINT Consulting; Ontario Sustainable Energy ssociación, OSEA, 2010)

De acuerdo a la situación anteriormente mencionada, se puede plantear una posibilidad de cambiar la dependencia del petróleo o de otras fuentes de energía fósil, por fuentes de energía limpia pura, renovable y sostenible en el tiempo con capacidad para mejorar la calidad de vida, a partir del ingenio de la mente humana.

Expectativa de los Sistemas Fotovoltaicos en Colombia. Por lo anterior se espera que la continua evolución de los sistemas fotovoltaicos a través de mejora en sus materiales para que sean más eficiente y más económicos se convierta en una solución que contribuya a la mejora de las condiciones de vida de las poblaciones rurales de Colombia. “Según el Atlas de radiación solar de Colombia, el país cuenta con un recurso solar importante, se estima una irradiación promedio mensual que varía entre los 4 y 6 kWh/m²día, siendo las regiones de La Guajira, Arauca, parte del Vichada, las regiones de los valles del Río Cauca y del Río Magdalena y San Andrés y Providencia las de mayor recurso. Comparado con los porcentajes mundiales,

Colombia se encuentra entre el 58 y 84% de los máximos registrados” (Castillo, 2015).

La energía solar es la energía más limpia y es inagotable, muchos países desarrollados han incrementado su uso, gracias a las ventajas en la disminución su costo y gracias a su impacto ambiental positivo. En el departamento de la Guajira existe un gran potencial de luz solar durante la mayor parte del año. Su aprovechamiento permitiría generar un impacto positivo en la población posibilitando el uso de elementos eléctricos y mejorando sus condiciones de vida. Se analiza una alternativa de solución, encontrando la instalación de equipos de suministros energéticos con celdas solares, teniendo en cuenta distintos factores técnicos y económicos (Gálvis Garzón & Gutiérrez Gallego, 2013).

En América Central la energía fotovoltaica es una alternativa factible económica y ambiental orientada a las comunidades remotas en zonas no interconectadas, con el propósito de disminuir la emisión de gases invernadero, o anterior puede ser tomado como una ejemplo a seguir para Colombia, ya que algunos países centro americanos en términos generales cuentan con condiciones similares. Este tipo de alternativas ecológicamente sostenibles cuentan todavía con varios obstáculos como el desconocimiento de las mismas y técnicas incipiente. La consultoría (FOCER) Fortalecimiento de la capacidad en energía renovable para América Central" “tiene como objetivo remover barreras que enfrenta la energía renovable y fortalecer la capacidad para el desarrollo de proyectos de este tipo” (Programa de Naciones Unidas para el desarrollo, 2002)

Presencia e incidencia de los Sistemas Fotovoltaicos en la zonas Rurales de Colombia.

De acuerdo a la experiencia referente a la implementación de sistemas fotovoltaicos en áreas rurales de Colombia podemos observar que en el proyecto presentando a la comunidad de Palmeras en la Amazonia se presentan unas series de conclusiones que contribuyen y aportan de manera significativa a este de acuerdo a los expuesto por Vela Ruiz (2015), la comunidad podrá

contar con un servicio eléctrico autosostenible contando con un suministro solar de gran magnitud durante la mayor parte del año, el cual permitirá el aumento de horas de suministro eléctrico generando mejora en la condiciones de vida y en el avance tecnológico y social.

En el departamento de la Guajira también existen la identificación plena de ventajas del uso e implementación de sistemas fotovoltaicos y la valiosa contribución de estos a la solución problemática que afecta a la población de Nazareth - Uribía como son la falta de un sistema de energía y un fluido constante, pero que también comparte muchos municipios de la Guajira. Las ventajas identificadas son el suministro de energía constante como lo presenta Galvis Garzón y Gutiérrez Gallegos, (2013) por medio de sistemas fotovoltaicos referente a la reactivación de la planta desalinizadora, la cual permitirá un suministro constante de agua potable a sus pobladores; así como la bombas de extracción de agua de pozo lo que permitirá fuentes de agua para el riego (agricultura) y la ganadería.

Otro ejemplo del uso e impacto de la tecnología de paneles solares fotovoltaicos en las zonas rurales de Colombia resultan del análisis y planteamiento del proyecto Diseño de una Instalación Solar Fotovoltaica con Capacidad para 3 Kilovatios según lo propuesto por Acevedo Garcés 2016 en el cual se analizan los impactos positivos en la comunidad del Municipio de Tauramena Vereda - Curupana, en el cual se plantean los planes de la “Unidad de Planeación Minero Energética” (UPME) y el “Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas” (IPSE), de energización rural sostenible departamentales o regionales” para solucionar las necesidades de energía eléctrica en 432 mil viviendas alejadas de las zonas no interconectadas, entre ellas la generación fotovoltaica. Muchas zonas rurales del Casanare, por su lejanía y difícil acceso, no cuentan con redes de energía eléctrica y por lo tanto sus habitantes están privados de este servicio y carecen de acceso al uso de electrodomésticos, al

uso de medios de extracción y/o bombeo de agua potable, a la utilización de medios para cocción de alimentos sin leña, al uso de los sistemas de comunicación, a la utilización de iluminación eléctrica, al uso de los medios de refrigeración de alimentos, a equipos de lavandería, a la posibilidad de utilizar y aplicar pequeñas herramientas eléctricas, al uso del computador y al uso de medios de diversión y de información como la televisión y la radio. (Acevedo Garcés, 2016).

La investigación realizada en Diseño de una Instalación Solar Fotovoltaica con Capacidad para 3 Kilovatios según Acevedo (2016), proporciona un dato muy importante y de gran relevancia concluyendo que la inversión en Tauramena se recuperará en 25 años, pero que se justifica por el impacto que esta generará en la calidad de vida de sus habitantes que todavía cocinan con leña.

Estado Actual de los Sistemas Fotovoltaicos en Colombia. En la actualidad aunque existe el acceso a la tecnología de paneles solares en Colombia, el conocimiento sobre el acceso a la misma y en sí a la cadena de distribución es escaso. Por lo anterior un adecuado estudio sobre la cadena de distribución será una herramienta muy útil para compradores, proveedores y quienes participan en la cadena de distribución. “Con el análisis de la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica es más fácil conocer e identificar necesidades y requerimientos de cada uno de los actores que intervienen en la cadena, así como también llegar a identificar los problemas o faltantes que están impidiendo la adecuada implementación de la energía solar en Colombia” (Aritizabal González & Abelaez Salgado, 2013)

Causas y Efectos en la implementación de un Sistema Fotovoltaico Tipo en una ZNI (zona rural no interconectada). Se observan en la siguiente figura:

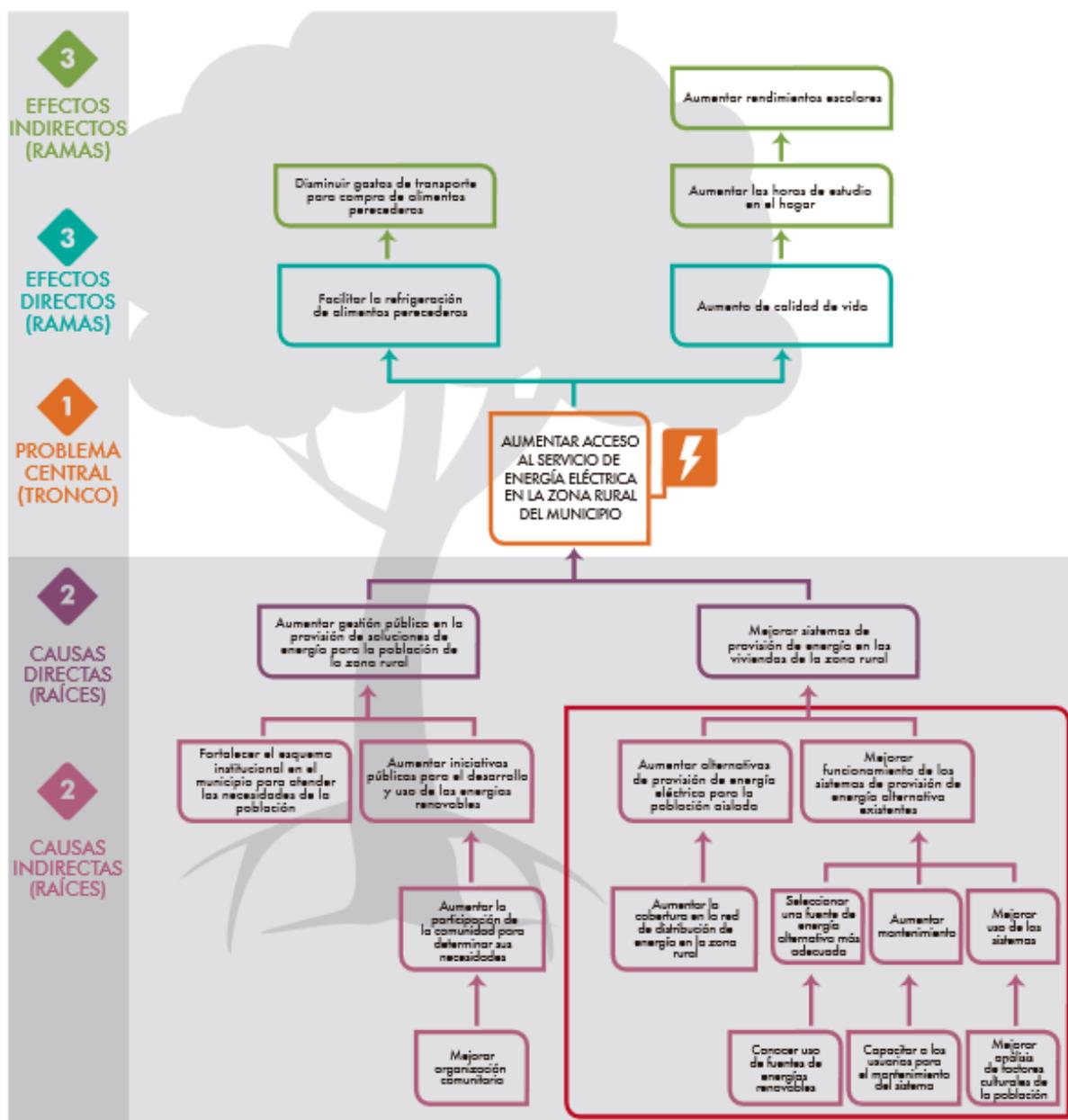


Figura 5. Causas y Efectos en la implementación de un Sistema Fotovoltaico Tipo en una ZNI

Fuente: Departamento Nacional de Planeación, 2016

Problema Central: Aumentar acceso al servicio de energía eléctrica en las zonas rural de un municipio. (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Causas Directas: Aumentar la gestión Pública en la provisión de soluciones de energía en la población de la zona rural. (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Causas Indirectas: Fortalecer el esquema institucional en el municipio para atender las necesidades de la población. Aumentar las iniciativas públicas para el desarrollo y uso de las energías renovables. Aumentar la participación de la comunidad para determinar sus necesidades. Mejorar la organización comunitaria. (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Otras Causas Directas: Mejorar el Sistema de Provisión en las viviendas de las zona rural. (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Otras Causas Indirectas: Aumentar las alternativas de provisión de energía eléctrica para la población aislada. Mejorar el funcionamiento de los sistemas de provisión de las energías alternativas existentes. Aumentar la cobertura en la red de distribución zona rural.

Seleccionar una fuente de alternativa más adecuada. Aumentar el mantenimiento.

Mejorar e uso de los sistemas. Conocer la fuente de energía renovable.

Capacitar a los usuarios para el mantenimiento del sistema alternativo. Mejorar el análisis de factores culturales de la población. (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Efectos Directos: Mejorar la calidad de vida, permite la refrigeración de los alimentos perecederos. (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Efectos Indirectos: Diminución en gastos de transporte y conservantes de productos perecederos. Aumento de las horas de estudio en el hogar, aumento del rendimiento escolar. (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

Tabla 4. Ventajas y Barreras de los sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales

Ventajas	Barreras
✓ Disponibilidad energía frente a la energía fósil en áreas rurales.	➤ Altos Costos de adquisición y e instalación de sistemas fotovoltaicos para los bajos ingresos de los habitantes de las zonas rurales.
✓ Capacidad para la suplir la demanda energética en zonas rurales.	➤ Carencia de los apoyos necesarios, desde las empresas de servicios públicos quienes tienen una motivación limitada para extender los servicios a los clientes no rentables, basados solo en las políticas de rentabilidad y retorno de la inversión.
✓ Mejora las condiciones de vida de los habitantes de zonas rurales con usos como: bombas de agua accionadas por energía fotovoltaica, electrificación rural, Sistemas de tratamiento de agua, entre otros.	➤ Falta de voluntad política sustancial para mejorar el nivel de vida de los habitantes de las zonas rurales.
✓ Disminución de gases de efecto invernadero.	➤ Escasas propuestas Públicas que planteen soluciones alternativas para proveer energía a las zonas rurales.
✓ Manteniendo mínimo y vida útil elevada.	➤ Poco personal técnico cualificado para hacer mantenimiento en las zonas rurales.
✓ Incremento de la producción agrícola (Mejoramiento de proceso de producción y por ende mejora de las condiciones económicas de las comunidades).	
✓ Energía ilimitada como el sol.	
✓ Avance tecnológica constante en los sistemas de energía fotovoltaica y la drástica disminución de los costos de producción.	
✓ Generan entre 10 y 20 más energía de la que se requiere para su producción.	

Fuente: El autor a partir de la bibliografía citada

3.3 Marcos Legales de la Energías Renovables en Colombia

Ley 1753 DE 2015, en la cual se incorporan estrategias regionales para promover la gestión territorial y promover su desarrollo, en su artículo 141 habilita a las entidades descentralizadas para asignar recursos que financien la realización de estudios de identificación, preinversión y estructuración de proyectos. (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Decreto 173 del 1 de febrero de 2016, en su artículo 2.2.6.3.1.1 define la formulación del proyecto como las actividades necesarias para: i) Identificar una necesidad y el planteamiento de las posibles alternativas de solución; ii) Estructurar integralmente las actividades y estudios de orden técnico, financiero, ambiental, social y legal que se debe realizar en la etapa de preinversión; iii) Definir el esquema más eficiente de ejecución. . (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

CONPES No. 3856 del 2016 “Estrategia de estandarización de proyectos 2016-2018”, a través del cual el Gobierno Nacional busca una estrategia para que las entidades territoriales que requieran atender una problemática específica formulen, estructuren y realicen un proyecto de forma ágil y eficiente. Esta estrategia de proyectos tipo contiene los lineamientos técnicos y legales para su desarrollo y la metodología para su estructuración. . (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

El numeral 7.2 del artículo 7° de la Ley 142 de 1994, establece que los departamentos apoyarán financiera, técnica y administrativamente a las empresas de servicios públicos que operen en el Departamento ó a los municipios que hayan asumido la prestación directa. . (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

Numeral 5.1 del artículo 5° de la Ley 142 de 1994, establece que es competencia de los municipios en cuanto a la prestación de los servicios públicos asegurar, el prestar a sus habitantes, de manera eficiente, los servicios domiciliarios para el caso, energía eléctrica, por empresas de servicios públicos de carácter oficial, privado o mixto, o directamente por la administración central del respectivo municipio. (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

Numeral 2 del artículo 19 de la Ley 1715 de 2014, menciona que el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Vivienda y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el marco de sus funciones, fomentará el aprovechamiento del recurso solar en proyectos de urbanización municipal o distrital, en edificaciones oficiales, en los sectores industrial, residencial y comercial. (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

Decreto 1623 de Agosto de 2015, establece los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el SIN y en las ZNI, y en el capítulo III relaciona la expansión de la cobertura en ZNI y en zonas aisladas. . (Departamento Nacional de Planeación, 2016)

En 1994 la Ley 143 creó la “División de Ahorro, Conservación y Uso Eficiente de la Energía”, como dependencia del INEA, orientada principalmente hacia la demanda y le asignó a la UPME la función de establecer la manera de satisfacer los requerimientos de energía teniendo en cuenta los recursos energéticos existentes, convencionales y no convencionales. Corpoema, (2010).

La Ley 697 de 2001 mediante la cual se promueve la utilización de energías alternativas y se da al Uso Racional y Eficiente de Energía (URE) el carácter de interés general, precisa el alcance de las energías renovables y alternativas, y a nivel institucional, asigna en cabeza del MME la

responsabilidad de la promoción y adopción de programas. Se declara como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional el Uso Racional de la Energía, incluyendo la promoción del uso de energías no convencionales, avanzando en la definición de un marco conceptual para estas energías, en la reasignación y precisión de funciones y en la exigencia de la conformación de un plan o programa para la promoción del URE por parte del MME (conocido como PROURE) harán parte del PROURE. Igualmente, establece que Colciencias debe presentar al FAZNI, programas y proyectos para la investigación y desarrollo tecnológico de fuentes renovables en las ZNI, los cuales también serán prioritarios. Corpoema, (2010).

El decreto reglamentario 3683 de 2003 creó la Comisión Intersectorial (CIURE) presidida por el MME e integrada por los ministerios de Comercio, Industria y Turismo, el MAVDT, el DNP, la CREG, Colciencias e IPSE, con funciones de coordinación de las políticas que diseñe cada entidad en lo de su competencia, impulsar programas y proyectos, efectuar el seguimiento del Programa de URE, y coordinar la consecución de recursos a nivel nacional e internacional, entre otras. Corpoema, (2010).

Ley 143 de 1994 para el sector eléctrico la cual sigue los postulados de economía de mercado fijados con la Constitución de 1991, estableciendo como objetivo el abastecimiento confiable al menor costo, con las restricciones de confiabilidad y requisitos ambientales. Corpoema, (2010).

Ley 164 de 1994 aprobó la Convención Marco de Naciones Unidas, adquiriendo así el país los compromisos asignados a países en desarrollo en cuanto a contar con inventarios de emisiones y formular programas con medidas orientadas a mitigar el Cambio Climático. Corpoema, (2010).

Ley 629 de diciembre de 2000 aprobó el Protocolo de Kioto, permitiéndole así a Colombia hacer uso del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Corpoema, (2010).

Decreto reglamentario 3683 de 2003 señala que el MME debe diseñar un programa acompañado de proyectos piloto para la promoción de fuentes renovables en las ZNI, para ser presentado ante el FAZNI los cuales serán prioritarios de acuerdo con lo establecido en la Ley 697 de 2001

Ley 788 de 2002. Esta Ley permite la exención de rentas durante 15 años por venta de energía eléctrica obtenida a partir de biomasa, viento y residuos agrícolas, siempre y cuando la obtención o venta de las reducciones certificadas de emisiones de GEI se efectuó dentro de los términos del Protocolo de Kioto y se invierta el 50% de los ingresos por este concepto en obras de beneficio social. También se exime del IVA a la importación de maquinaria y equipos destinados al desarrollo de proyectos o actividades que sean exportadores de certificados de reducción de emisiones de carbono y contribuyan a reducir la emisión de los GEI y, por lo tanto, al desarrollo sostenible. Corpoema, (2010).

Ley 1151 de 2007. En la parte resolutive, el plan no desarrolla elemento alguno en relación con políticas para las FNCE. Es decir, a nivel del máximo instrumento de planeación que es el Plan Nacional de Desarrollo, las FNCE, no pasan de ser una simple intención. Corpoema, (2010).

4. Conclusiones

La energía obtenida a través de sistemas alternativos como lo son los sistemas de energía fotovoltaicos pueden tener los más diversos usos. Pero si se plantea un escenario de uso en una zona rural puede entenderse como una prioridad la iluminación, cocción de alimentos, refrigeración y conservación de producto perecederos, energía utilizada para la implementación de sistemas de comunicaciones como telefonía móvil e internet.

Se entiende que el nivel de desarrollo que han tenido las comunidades modernas tienen que ver con la fuerte influencia de acceso a la energía eléctrica y todas las bondades y beneficios que han venido aportando en mayor tiempo libre para desarrollo de actividades diferente a las solo destinadas a las labores mínimas de subsistencia y al solo desarrollo de tareas domésticas, si no que por el contrario han permitido que los individuos tengan más horas de luz en las noches las cuales pueden ser destinadas a diferentes usos entre ellos al arte, recreación y esparcimiento. Lo que genera cambio profundos en los comportamientos, permitiendo cambio de paradigmas y porque no emprendimiento teniendo en cuenta las tecnologías de información y telecomunicaciones.

Las ventajas de estas tecnologías es la cada vez más prologada vida útil de los paneles fotovoltaicos y el efecto de la masificación en su uso lo cual ha permitido la disminución paulatina de los costos, pero también las mejoras que estas podrían aplicar a los procesos productivos agrícolas y pecuarios rudimentarios no industrializados para la optimización de más y mejores productos y servicios.

Otras ventajas que cabe mencionar son las relacionadas a los sistemas educativos en las zonas rurales en dónde se podrá contar con energía en horas nocturnas lo que permitirá la

utilización de escenarios educativos para personas que desean capacitarse pero que no pueden realizarlas en jornadas diurnas por sus obligaciones y compromisos laborales, pero vale la pena mencionar también las ventajas de las condiciones medio-ambientales así como las relacionadas con bienestar y confort como el uso de ventilación artificial eléctrica en zonas o climas cálidos y calefacción en regiones frías.

Las condiciones médicas en general mejoran toda vez que se podría contar con atención médica en horas nocturna para atención de urgencias, así como la utilización de sistemas de refrigeración fluidos vitales como sangre, plasmas, vacunas entre otras, lo que permitirá que los habitantes en zonas rurales reciban atención básica en sitios aledaños a la zona rural o al interior de ella, sin tener que desplazarse a las grandes urbes disminuyendo de esta manera el índice de mortalidad.

Respecto a la incidencia medio ambiental es significativa dado que los sistemas fotovoltaicos son la energía 100% limpia, ya que durante todo el proceso de transformación de la energía solar en eléctrica, no hay producción de contaminantes como gases u otros residuos dañinos a la salud humana o al medio ambiente en general. El beneficio ambiental es innegable más aun debido al acelerado efecto invernadero producto del cambio climático y el exceso de liberación de CO₂ en la atmosfera, de allí la importancia de proyectos que buscan viviendas auto sostenibles y porque no el uso mixto como la eólica-fotovoltaica, térmico- eólico y las diferentes combinaciones en búsqueda de un sistema autónomo, limpio y económicamente viable.

La implementación y el uso de sistemas fotovoltaicos en zonas rurales permiten al campesino uso de energía amigable con el medio ambiente evitando tala de árboles, o el uso de sistemas autónomos a base de combustibles fósiles.

En Colombia se destacan diferentes proyectos en zonas rurales apoyados por Gobiernos Regionales y Departamentales enmarcados en los Planes de desarrollo con el único objetivo de mejorar las condiciones de vida de los habitantes de regiones apartadas. Es necesario el apoyo de los entes gubernamentales para estas energías alternativas pues los campesinos no cuentan con los recursos económicos necesarios para su implementación.

5. Opinión Personal

Teniendo presente las difíciles condiciones sociales, económicas, educativas, tecnológicas que enfrentan los habitantes de las zonas rurales de Colombia y Latinoamérica, así como también la preocupante situación ambiental del planeta que son cada vez más notorios en el clima, me motivé a estudiar sobre los sistemas fotovoltaicos y como pudieran influir estas nuevas alternativas de energía en mejorar la realidad social y calidad de vida de las sociedades rurales y de paso contribuir a mitigar el cambio climático.

Después de haber consultado diferentes estudios y documentos sobre los sistemas fotovoltaicos con diferentes enfoques y varias experiencias resultantes en países latinoamericanas me permiten poder expresar mi punto de vista respecto a las energías alternativas como los sistemas fotovoltaicos y su incidencia de las zonas rurales de Colombia:

Desde punto de vista solamente ambiental los sistemas fotovoltaicos son una opción real como alternativa energética para el futuro inmediato como herramienta que permitirá contrarrestar los dañinos cambios al medio ambiente y al clima que se evidencian en la actualidad (Sequias, lluvias excesivas causantes de inundaciones, daños en infraestructuras de pueblos y ciudades ocasionando dificultades sociales y políticas que generan desplazamientos).

Se puede concluir que la utilización de las energías fotovoltaicas generan bienestar tanto en la comunidades rurales como urbanas, mediante la utilización de sistemas conectados a la red la cual permitirá consumir la energía generadas por los paneles solares y en caso de generar exceso la empresa comprará la energía o disminuirá el valor a pagar. Situaciones que se presentan en los países desarrollados y líderes en investigación y desarrollo de este tipo de energía como Alemania, Estados Unidos, Italia, Japón y con incremento cada vez mayor de china.

Otra realidad diferente se ve en los países en desarrollo como Colombia, donde su utilización está focalizada en la mejora de las condiciones precarias de las comunidades rurales aisladas que viven en condiciones de total desigualdad ajenas a todo tipo de adelanto básico en ciencia y tecnología pero también en educación, desarrollo económico y por ende social. Este tipo de tecnología ha generado cambios significativos en los lugares en donde ha sido implementada permitiendo de esta forma que la población progrese.

Sin embargo, es necesario el apoyo del estado a través de políticas públicas para estas zonas interconectadas pues la población rural no cuenta con los recursos económicos para su implementación y existe una urgencia del servicio.

Las sociedades rurales cuando superan las barreras de la sola supervivencia generan cambios en su actuar lo que unido a la implementación de tecnologías genera mejora en sus sistemas productivos agrícolas y pecuarios mecanizando los medios de producción que generan excedentes y por ende mayor productividad. Los sistemas fotovoltaicos han recorrido un largo camino desde la experimentación que género electricidad por medio de la utilización de la luz solar, pasando por la utilización de diferentes materiales y diferentes procesos en búsqueda de mejorar el potencial de energía, así como su vida útil pero también disminuyendo la energía requerida para la obtención de un panel solar.

Aunque las empresas electrificadoras son renuentes al cambio por el temor a perder su preponderancia y poder en el monopolio del sistema eléctrico y sus tarifas y a pesar de que las grandes compañías de producción de maquinaria que requieren un uso contante y alto consumo de energía, comparte esta persistencia al cambio argumentado no perder competitividad en “sistemas poco confiables y todavía no rentables”, los sistemas fotovoltaicos no han detenido las

mejoras tecnológicas de sus componentes y generando un aumento en la vida útil y disminución de costo de producción, por ellos considero que el constante avance tecnológico hace de esta energía una real alternativa a futuro pese a todo las condiciones adversas a las cuales se ha enfrentado.

Referencias Bibliográficas

Agudelo A, Delgado A, & Aritizabal C, (2016) Evaluación del potencial de generación

fotovoltaica en la ciudad de Quibdó,

Choco.<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5676775>

Aguilera J. & Hontaria L. (2003) Curso de Energía Solar Fotovoltaica CIEMAT. Dimensionado

de sistemas fotovoltaicos autónomos. Recuperado de:

<http://manuelberaun.files.wordpress.com/2011/12/dimensionado-de-sfv-autonomos.pdf>

Anglés, O. González, D. Moscoso, M, & Vega, A. (2008) Proyectos de Energía Renovable en

Colombia.

Arenas Sánchez & Zapata Castaño, (2011) Libro interactivo sobre energía solar y sus

aplicaciones. Recuperado de:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2369/62131244A681.pdf?sequence=1>

Camargo, C. & Dallos, C. (2011). Evaluación del potencial de energía eléctrica por medio de

paneles fotovoltaicos en las edificaciones y zonas endurecidas de a sede central de la

universidad Industrial de Santander. Recuperado de:

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/3043/2/142315.pdf>

Campen, B &. Guidi D. (2000). Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural

sostenibles. Recuperado de:

<http://www.fao.org/uploads/media/Solar%20photovoltaic%20for%20SARD%20ES.pdf>

Campen, E. (2000). Energía solar fotovoltaica para la agricultura y el desarrollo rural sostenibles.

Recuperado de: <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/energia-solar-fotovoltaica-para-la-agricultura-y-desarrollo-rural-sostenibles>

Castillo, Y. Castrillón, M. (2015). Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el sector eléctrico colombiano. Prospect. Recuperado de:

<http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n1/v13n1a05.pdf>

Corpoema, (2010). Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE). Volumen 1. Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE). Recuperado de:

www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_1_Plan_Desarrollo.pdf

Energreencol S.A.S (s.f.). Soluciones de energía para áreas rurales en Colombia. Revista electrónica Energreencol S.A.S. Recuperado de:

[http://www.energreencol.com/ficheros_pdf/Energia%20para%20areas%20rurales%20en%](http://www.energreencol.com/ficheros_pdf/Energia%20para%20areas%20rurales%20en%20)

Fernández I. (2016). Blog. La energía solar es más potente y barata que nunca. Ahora queremos ver resultados. Recuperado de: <http://www.bloglenovo.es/energia-solar-potente-barata-resultados/>

Fundación por una Colombia futura. (2010). Empresas Públicas de Medellín EPM. Recuperado de: www.tupatrocinio.com/.../77294040090169515348654948524565.html

Gálvis G, & Gutiérrez H. (2013). Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribia. Gobernación de la Guajira: La Guajira, Colombia.

Gasquet, H. (2004). Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica. Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos. Cuernavaca México. Recuperado de:

<http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/7097/7098/7099/7103/82474.pdf>

Gobernación de Casanare. (1999). Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el Departamento de Casanare. Casanare: La Gobernación.

Gobernación de Casanare. (2010). Implementación de sistemas de energía alternativas para comunidades no interconectadas (viviendas y escuelas rurales) en el departamento de Casanare. Recuperado de: <http://www.casanare.gov.co/?idcategoria=4315>.

Hernandez, et al., (2011). Analysis of the effect of the implementation of photovoltaic systems like option of distributed generation in Colombia. Recuperado de:

<http://udistrital.pure.elsevier.com/en/publications/analysis-of-the-effect-of-the-implementation-of-photovoltaic-syst>

Infante Villarreal, A. (2007). Perspectivas de la situación Energética Mundial. Las Oportunidades Pará Colombia. Recuperado de:

<https://www.google.com.co/search?q=Perspectivas+de+la+situaci%C3%B3n+Energ%C3%A9tica+Mundial.+Las+Oportunidades+Par%C3%A1+Colombia.&oq=Perspectivas+de+la+situaci%C3%B3n+Energ%C3%A9tica+Mundial.+Las+Oportunidades+Par%C3%A1+Colombia.&aqs=chrome..69i57.486j0j1&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Ladino P. (2011). La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Recuperado de:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1085/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf;jsessionid=5BB70C9F5FDABEF63F7DA00F65733814?sequence=1>

Ladino, Rafael. (2011). La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso: Vereda Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare. Tesis de Maestría. Recuperado de:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1085/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf;jsessionid=314FA66B51E9BF3E72A97E3C5FCBA384?sequence=1>

Ortiz, M. (2013) Viabilidad técnico económica de un sistema fotovoltaico de pequeña escala.

Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4888075.pdf>

Pasqualino, C, & Vanegas, C. (2015). Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano. Recuperado de:

<http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n1/v13n1a08.pdf>

Rodríguez Murcia, H. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. Recuperado de:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932008000200012&lng=es&tlng=es.

Rodríguez, B & Sarmiento, S. (2011). Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural. Recuperado de:

<http://scielo.sld.cu/pdf/im/v14n1/im02111.pdf>

- Rodríguez, B & Sarmiento, S. (2015). Competitividad de sistemas híbridos eólicos – fotovoltaicos para la electrificación rural. Recuperado de:
<http://scielo.sld.cu/pdf/im/v18n1/im02115.pdf>
- Ruíz, et al., (2007). Impacto económico-ecológico por el uso de energía solar en la comarca lagunera, México. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545069014>
- Toledo, C. (2013). Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia. Recuperado de:
http://www1.upme.gov.co/sgic/sites/default/files/18-2013-Evaluacin_de_la_energa_solar_fotovoltaica_como_solucin_a_la_dependencia_energica_de_zonas_rurales_de_Colombia.pdf.
- Van Campen, D. (2000). Energía solar fotovoltaica para la agricultura y el desarrollo rural sostenibles. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de:
<http://www.fao.org/uploads/media/Solar%20photovoltaic%20for%20SARD%20ES.pdf>
- Vela, A. (2015) Implementación y ejecución de un sistema de energía alternativa (fotovoltaica) para implementar la calidad de vida de sus moradores en la comunidad de palmeras. Recuperado de:
<http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/5814/1/1022326361.pdf>

Anexos

Anexo 1. Documentos teóricos encontrados

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
1.	Aguilera J. y Ontaria L. (2003)	Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos.	Artículo de Revista	España	2003	Español	Documento en sitio web electrónico, grupo idea.
2.	Castillo, York. Castrillón Gutiérrez, Melisa(2015)	Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el sector eléctrico colombiano	Artículo de revista	Colombia	2015	Español	Documento de base de datos científica Scielo Propect. Vol.13, No1 ,Enero-Junio de 215, pàgs. 39-51
3.	Corpoema, (2010).	Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia	Artículo de revista	Colombia	2010	Español	Volumen 1. Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)
4.	Energreencol S.A.S (s.f.).	Soluciones de energía para áreas rurales en Colombia		Colombia	2010	Español	Documento en sitio Web, energreencol, energías renovables en Colombia
6.	Gasquet, H. (2004).	Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica. Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos	Medio Electrónico	México	2004	Español	Documento en sitio web.

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
8.	Infante Villarreal, Arturo. (2007)	Perspectivas de la situación Energética Mundial. Las Oportunidades Para Colombia.	Artículo de revista	Colombia	2007	Español	Documento en sitio web.
9.	Ladino, Rafael. (2011).	La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia.	Tesis	Colombia	2011	Español	Documento en sitio web
10.	Rodríguez Murcia, Humberto. (2008).	Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas.	Artículo de revista	Colombia	2008	Español	Documento de base de datos científica, Scielo.
11.	Ruíz, et al., (2007).	Impacto económico-ecológico por el uso de energía solar en la comarca lagunera, México	Artículo de revista	México	2007	Español	Documento de base de datos científica, redalyc
12.	Toledo Arias, Carlos A. (2013).	Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia	Tesis	Colombia	2013	Español	Documento en sitio web

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
13.	Van Campen, et al., (2000).	<i>Energía solar fotovoltaica para la agricultura y el desarrollo rural sostenibles.</i>	Informe	Italia	2000	Español	Documento en sitio web
14.	(Pinilla Sepúlveda, 2016)	Soluciones energéticas para zonas rurales (¿En el posconflicto?)	Artículo de revista	Colombia	2016	Español	Documento de base de datos científica, redalyc
15.	(Rodríguez-Borges & Sarmiento-Sera, 2015)	Competitividad de sistemas híbridos eólicos – fotovoltaicos para la electrificación rural	Artículo de revista	Cuba	2015	Español	Documento de base de datos científica, redalyc
16	(Gálvis Garzón & Gutiérrez Gallegos, 2013)	Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población wayuu en nazareth corregimiento del municipio de uribia, departamento de la guajira – Colombia.	Tesis	Colombia	2013	Español	Documento en sitio web
17.	(Vela Ruiz, 2015)	Implementación y ejecución de un sistema de energía alternativa (fotovoltaica) para implementar la calidad de vida de sus	Tesis	Colombia	2015	Español	Documento en sitio web

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
		moradores en la comunidad de palmeras					
18.	(Rodríguez - Borges & Sarmiento - Sera, 2011)	Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural	Artículo de revista	Cuba	2011	Español	Documento de base de datos científica, Scielo
19.	(Pasqualino, Cabrera, & Vanegas Chamorro, 2015)	Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano	Artículo de revista	Colombia	2014	Español	Documento de base de datos científica, Scielo
20.	(Camargo Carvajal & Dallos Castellanos, 2011)	Evaluación del potencial de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos en las edificaciones y zonas endurecidas de a sede central de la universidad Industrial de Santander	Tesis	Colombia	2011	Español	Documento en sitio web
21.	(Anglès Ortiz, González Deibe, Moscoso Mejía, & Vega Aldana, 2008)	Proyectos de Energía Renovable en Colombia	Informe	España	2008	Español	Documento en sitio web

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
22.	(Arenas Sánchez & Zapata Castaño, 2011)	Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones	Informe	Colombia	2011	Español	Documento en sitio web
23.	(Agudelo Arias, Delgado Arroyo, & Aritizabal Cardona, 2016)	Evaluación del potencial de generación fotovoltaica en la ciudad de Quibdó, Choco	Artículo en revista	Colombia	2016	Español	Documento de base de datos científica, Dialnet
24.	(Ortiz, 2013)	Viabilidad técnico económica de un sistema fotovoltaico de pequeña escala	Artículo en revista	Colombia	2013	Español	Documento de base de datos científica, Dialnet
25.	(ENVINT Consulting; Ontario Sustainable Energy ssociación, OSEA, 2010)	Guía para el desarrollo de proyectos comunitarios de energía renovable en América del Norte	Informe	Canadá	2010	Español	POR CONSUTAR
26.	(Romero Aparicio, 2010)	Metodología para la formulación de proyectos de generación de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos	Tesis	Colombia	2010	Español	Documento en sitio web

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
27.	(Aritizabal González & Abelaez Salgado, 2013)	Configuración de la cadena de suministro para la comercialización de sistemas de energía fotovoltaicos en Colombia	Tesis	Colombia	2013	Español	Documento en sitio web
28.	(Francisco Pereira, & Joao, 2011)	Viviendas Sostenibles tecno económicas aplicables a sistemas fotovoltaicos	Artículo de revista	Portugal	2011	English	Documento en sitio web
29.	(Departamento Nacional de Planeación, 2016)	Instalación de Sistemas Fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas	Informe	Colombia	2016	Español	Documento en sitio web
30.	(Bello, Busso, Vera, & Cadena, 2011)	Sistemas Fotovoltaicos en las escuelas rurales: El caso de la provincia de corrientes, Argentina.	Artículo de revista	Argentina	2011	Español	Documento en sitio web
31.	(Valer & Zilles, 2010)	Utilización de la energía fotovoltaica en pequeñas actividades productivas en zonas rurales	Artículo de revista	Perú	2010	Español	Documento en sitio web

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
32.	(Programa de nacionaes unidas para el desarrollo, 2002)	Manual sobre energía renovable	Libro	Costa Rica	2002	Español	Documento en sitio web
33	(Esteves Gómez, 2011)	Energización de las zonas no interconectadas a partir de las energías renovables solar y eólica	Tesis	Colombia	2011	Español	Documento en sitio web
34	(Acevedo Garcés, 2016)	Diseño de una Instalación Solar Fotovoltaica con Capacidad para 3 Kilovatios	Tesis	Colombia	2016	Español	Documento en sitio web
35	(Consejo Nacional de Energía - Agencia Alemana para la Cooperación Internacional GIZ), 2013)	Instalación de sistemas solares sobre techos	Artículo	El Salvador	2013	Español	Documento en sitio web

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
36	Gobernación de Casanare – (23 de agosto de 1999)	Gobernación de Casanare. Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el Departamento de Casanare.	Documento de investigación del departamento de casanare	Colombia	1999	Español	Documento sitio web electronico
37	(Gobernación del Casanare, 2010)	Implementación de sistemas de energía alternativas para comunidades no interconectadas (viviendas y escuelas rurales) en el departamento de Casanare	Documento sitio web electrónico	Colombia	2010	Español	Documento en sitio web electrónico
38	Obtenida el 26 de diciembre de 2010 www.patrociniocom / 7722940400901695 348654948524565	Fundación por una Colombia futura Empresas Públicas de Medellín EPM.	Documento sitio web web electrónico	Colombia	2010	Español	Documento en sitio web electrónico

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
1.	Aguilera J. y Ontaria L. (2003)	Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos.	Artículo de Revista	España	2003	Español	Documento en sitio web electrónico, grupo idea.
2.	Castillo, York. Castrillón Gutiérrez, Melisa(2015)	Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el sector eléctrico colombiano	Artículo de revista	Colombia	2015	Español	Documento de base de datos científica Scielo Propect. Vol.13,No1 ,Enero-Junio de 215, pàgs. 39-51
3.	Corpoema, (2010).	Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia	Artículo de revista	Colombia	2010	Español	Volumen 1. Plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)
4.	Energreencol S.A.S (s.f.).	Soluciones de energía para áreas rurales en Colombia		Colombia	2010	Español	Documento en sitio Web, energreencol, energías renovables en Colombia
6.	Gasquet, H. (2004).	Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica. Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos	Medio Electrónico	México	2004	Español	Documento en sitio web.

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
8.	Infante Villarreal, Arturo. (2007)	Perspectivas de la situación Energética Mundial. Las Oportunidades Para Colombia.	Artículo de revista	Colombia	2007	Español	Documento en sitio web.
9.	Ladino, Rafael. (2011).	La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia.	Tesis	Colombia	2011	Español	Documento en sitio web
10.	Rodríguez Murcia, Humberto. (2008).	Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas.	Artículo de revista	Colombia	2008	Español	Documento de base de datos científica, Scielo.
11.	Ruíz, et al., (2007).	Impacto económico-ecológico por el uso de energía solar en la comarca lagunera, México	Artículo de revista	México	2007	Español	Documento de base de datos científica, redalyc
12.	Toledo Arias, Carlos A. (2013).	Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia	Tesis	Colombia	2013	Español	Documento en sitio web
13.	Van Campen, et al., (2000).	<i>Energía solar fotovoltaica para la agricultura y el desarrollo rural sostenibles.</i>	Informe	Italia	2000	Español	Documento en sitio web
14.	(Pinilla Sepúlveda, 2016)	Soluciones energéticas para zonas rurales (¿En el posconflicto?)	Artículo de revista	Colombia	2016	Español	Documento de base de datos científica, redalyc
15.	(Rodríguez-Borges &	Competitividad de sistemas híbridos eólicos –	Artículo de revista	Cuba	2015	Español	Documento de base de datos científica, redalyc

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
	Sarmiento-Sera, 2015)	fotovoltaicos para la electrificación rural					
16	(Gálvis Garzòn & Gutiérrez Gallegos, 2013)	Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población wayuu en nazareth corregimiento del municipio de uribia, departamento de la guajira – Colombia.	Tesis	Colombia	2013	Español	Documento en sitio web
17.	(Vela Ruíz, 2015)	Implementación y ejecución de un sistema de energía alternativa (fotovoltaica) para implementar la calidad de vida de sus moradores en la comunidad de palmeras	Tesis	Colombia	2015	Español	Documento en sitio web
18.	(Rodríguez - Borges & Sarmiento - Sera, 2011)	Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural	Artículo de revista	Cuba	2011	Español	Documento de base de datos científica, Scielo
19.	(Pasqualino, Cabrera, & Vanegas Chamorro, 2015)	Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano	Artículo de revista	Colombia	2014	Español	Documento de base de datos científica, Scielo

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
20.	(Camargo Carvajal & Dallos Castellanos, 2011)	Evaluación del potencial de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos en las edificaciones y zonas endurecidas de a sede central de la universidad Industrial de Santander	Tesis	Colombia	2011	Español	Documento en sitio web
21.	(Anglès Ortiz, González Deibe, Moscoso Mejía, & Vega Aldana, 2008)	Proyectos de Energía Renovable en Colombia	Informe	España	2008	Español	Documento en sitio web
22.	(Arenas Sánchez & Zapata Castaño, 2011)	Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones	Informe	Colombia	2011	Español	Documento en sitio web
23.	(Agudelo Arias, Delgado Arroyo, & Aritzabal Cardona, 2016)	Evaluación del potencial de generación fotovoltaica en la ciudad de Quibdó, Choco	Artículo en revista	Colombia	2016	Español	Documento de base de datos científica, Dialnet
24.	(Ortiz, 2013)	Viabilidad técnico económica de un sistema fotovoltaico de pequeña escala	Artículo en revista	Colombia	2013	Español	Documento de base de datos científica, Dialnet

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
25.	(ENVINT Consulting; Ontario Sustainable Energy Association, OSEA, 2010)	Guía para el desarrollo de proyectos comunitarios de energía renovable en América del Norte	Informe	Canadá	2010	Español	POR CONSUTAR
26.	(Romero Aparicio, 2010)	Metodología para la formulación de proyectos de generación de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos	Tesis	Colombia	2010	Español	Documento en sitio web
27.	(Aritizabal González & Abelaez Salgado, 2013)	Configuración de la cadena de suministro para la comercialización de sistemas de energía fotovoltaicos en Colombia	Tesis	Colombia	2013	Español	Documento en sitio web
28.	(Francisco Pereira, & Joao, 2011)	Viviendas Sostenibles tecnológicas aplicables a sistemas fotovoltaicos	Artículo de revista	Portugal	2011	English	Documento en sitio web
29.	(Departamento Nacional de Planeación, 2016)	Instalación de Sistemas Fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas	Informe	Colombia	2016	Español	Documento en sitio web

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
30.	(Bello, Busso, Vera , & Cadena, 2011)	Sistemas Fotovoltaicos en las escuelas rurales: El caso de la provincia de corrientes, Argentina.	Artículo de revista	Argentina	2011	Español	Documento en sitio web
31.	(Valer & Zilles, 2010)	Utilización de la energía fotovoltaica en pequeñas actividades productivas en zonas rurales	Artículo de revista	Perú	2010	Español	Documento en sitio web
32.	(Programa de nacionaes unidas para el desarrollo, 2002)	Manual sobre energía renovable	Libro	Costa Rica	2002	Español	Documento en sitio web
33	(Esteves Gómez, 2011)	Energización de las zonas no interconectadas a partir de las energías renovables solar y eólica	Tesis	Colombia	2011	Español	Documento en sitio web
34	(Acevedo Garcés, 2016)	Diseño de una Instalación Solar Fotovoltaica con Capacidad para 3 Kilovatios	Tesis	Colombia	2016	Español	Documento en sitio web
35	(Consejo Nacional de Energía - Agencia Alemana para la Cooperación Internacional GIZ), 2013)	Instalación de sistemas solares sobre techos	Artículo	El Salvador	2013	Español	Documento en sitio web

DOCUMENTOS TEORICOS ENCONTRADOS							
No.	Autores	Título de la investigación	Clasificación del documento	País	Año de Publicación	Idioma	Medio de Publicación
36	Gobernación de Casanare – (23 de agosto de 1999)	Gobernación de Casanare. Dotación de energía fotovoltaica a escuelas y viviendas rurales en el Departamento de Casanare.	Documento de investigación del departamento de casanare	Colombia	1999	Español	Documento sitio web electronico
37	(Gobernación del Casanare, 2010)	Implementación de sistemas de energía alternativas para comunidades no interconectadas (viviendas y escuelas rurales) en el departamento de Casanare	Documento sitio web electrónico	Colombia	2010	Español	Documento en sitio web electrónico
38	Obtenida el 26 de diciembre de 2010 www.patrociniocom / 7722940400901695 348654948524565	Fundación por una Colombia futura Empresas Públicas de Medellín EPM.	Documento sitio web electrónico	Colombia	2010	Español	Documento en sitio web electrónico