



**Análisis de la Factibilidad de la Implementación de Sistemas de Energía Fotovoltaica en
Residencias Rurales de Chocontá-Cundinamarca**

Diana Sofía Moreno Esparza

Andrés Jacob Escarraga González

Universidad Ean

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Bogotá D.C., Colombia

2023

**Análisis de la Factibilidad de la Implementación de Sistemas de Energía Fotovoltaica en
Residencias Rurales de Chocontá, Cundinamarca**

Diana Sofía Moreno Esparza

Andrés Jacob Escarraga González

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

Magíster en Administración de Empresas – MBA

Director:

Miguel Ángel González Curbelo

Modalidad:

Monografía

Universidad Ean

Facultad de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas

Bogotá D.C., Colombia

2023

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá D.C, 2023

RESUMEN

Este trabajo de investigación aborda la factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en residencias rurales del municipio de Chocontá, con el fin de proporcionar a estos hogares el recurso energético necesario para llevar a cabo sus actividades cotidianas. Se evidenció que la energía fotovoltaica ha experimentado un escenario positivo en la última década debido a la disminución de los costos de producción y los precios de la tecnología fotovoltaica. Además, en Colombia, se cuenta con una radiación solar promedio de 4,5 KWh/m², lo que representa niveles de radiación solar favorables para su implementación. Esto permite que las residencias rurales generen su propia energía, reduciendo el riesgo de depender de la volatilidad en el suministro y el aumento de los costos de la energía eléctrica. Además, el uso de la energía fotovoltaica tiene un impacto positivo en el medioambiente al reducir la emisión de CO₂.

El estudio se enfocó en una población de sesenta y cinco (65) viviendas distribuidas en siete (7) veredas del área rural de Chocontá. Se llevó a cabo una encuesta para evaluar el consumo y el costo de la energía eléctrica. Las residencias rurales encuestadas se caracterizan de la siguiente manera: con respecto al tipo de vivienda, el 78 % de los hogares corresponden a tipo casa, el 17 % son lotes con unidad habitacional, el 2 % son fincas y el 3 % (otro) corresponde a terrenos más grandes que un lote, con casas.

El consumo de energía está influenciado por el número de personas que habitan una residencia. Se determinó que el 74 % de los hogares encuestados corresponden a una sola familia, mientras que en el 26 % restante se ubican dos familias en la misma vivienda. En cuanto al tamaño de las familias, los hogares compuestos por 3, 4 y 6 personas corresponden al 17 % cada uno, los hogares con 5 personas corresponden al 15 %, los hogares con 2 personas corresponden al 14 % y el 11 % corresponde a hogares de una sola persona.

Los resultados indican que el 60 % del costo de la energía está subsidiado debido a que estos hogares pertenecen al estrato 1. Esto significa que los usuarios no muestran un interés significativo en realizar la inversión inicial requerida, que oscila entre quince (15) y dieciocho (18) millones de pesos, a pesar de una tasa interna de retorno del 15,75 %. Por lo tanto, se sugiere

que el gobierno local asuma los costos de instalación del sistema como un paso fundamental para implementar este tipo de suministro de energía de manera efectiva. Además, los costos de mantenimiento y generación de energía después de la instalación son nulos, ya que los proveedores capacitan al usuario en el mantenimiento de los paneles y la energía solar es gratuita. La infraestructura de las residencias es adecuada para la implementación de los paneles solares, ya que cuentan con espacio en sus techos y/o áreas adyacentes donde se pueden instalar.

Palabras clave: Energía solar; energía renovable; sostenibilidad; ruralidad; redes eléctricas descentralizadas.

ABSTRACT

This research project addresses the technical and economic feasibility of implementing a photovoltaic energy system in rural residences in the municipality of Chocontá, in order to provide these homes with the necessary energy resources for their daily activities. It was observed that photovoltaic energy has experienced a positive trend over the last decade due to the reduction in production costs and photovoltaic technology prices. Additionally, Colombia enjoys an average solar radiation of 4.5 kWh/m², which represents favorable solar radiation levels for its implementation. This allows rural residences to generate their own energy, reducing the risk of dependence on volatile energy supplies and increasing electricity costs. Furthermore, the use of photovoltaic energy has a positive impact on the environment by reducing CO₂ emissions.

The study focused on a population of sixty-five (65) households located in seven (7) rural areas of Chocontá. A survey was conducted to assess electricity consumption and costs. The surveyed rural residences are characterized as follows: regarding the type of housing, 78% of households are houses, 17% are lots with housing units, 2% are farms, and 3% (other) correspond to larger plots with houses. These residences have areas where solar panels could be installed, either on the ground or on the roof.

Energy consumption is influenced by the number of people residing in a household. It was determined that 74% of the surveyed households consist of a single family, while the remaining 26% have two families in the same residence. In terms of family size, households consisting of 3, 4, and 6 people each account for 17%, households with 5 people account for 15%, households with 2 people account for 14%, and households with a single person make up 11%.

The results indicate that 60% of the energy costs are subsidized because these households belong to stratum 1. This means that users do not show significant interest in making the required initial investment, which ranges from fifteen (15) to eighteen (18) million pesos, despite an internal rate of return of 15.75%. Therefore, it is suggested that the local government assumes the installation costs of the system as a crucial step in effectively implementing this type of energy supply. Additionally, maintenance and energy generation costs after installation

are zero, as suppliers train users in panel maintenance, and solar energy is free. The infrastructure of the residences is suitable for the implementation of solar panels since they have space on their roofs and/or adjacent areas where they can be installed.

Keywords: Solar energy; renewable energy; sustainability; rural areas; decentralized electrical grids.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1.	Objetivo general	14
2.2.	Objetivos específicos	14
3.	JUSTIFICACIÓN	15
4.	MARCO TEÓRICO	20
4.1.	El Desarrollo sostenible	20
4.2.	Objetivos de Desarrollo sostenible	20
4.3.	Ecoeficiencia	24
4.4.	Energías renovables	24
4.5.	Energía solar fotovoltaica	25
4.6.	Sostenibilidad y sistemas fotovoltaicos	26
4.7.	Composición de una instalación fotovoltaica	28
4.8.	Célula solar	29
4.9.	Condiciones climáticas y células solares	30
4.10.	Paneles y módulos solares	32
4.11.	Tipos de sistemas o instalaciones fotovoltaicas	32
4.12.	Tipos de sistemas fotovoltaicos de red	33
4.13.	Monitoreos de sistemas fotovoltaicos	34
4.14.	Energía fotovoltaica en Colombia	35
4.15.	Marco legal regulatorio	37
5.	HIPÓTESIS	39
6.	VARIABLES	40
6.1.	Variables cualitativas nominales	40
6.2.	Variables cualitativas ordinales	40
6.3.	Variables cuantitativas discretas	41
6.4.	Variables cuantitativas continuas	41
7.	METODOLOGÍA	43
8.	TRABAJO DE CAMPO	47

8.1.	Resultados	47
8.2.	Propuesta de instalación de energía fotovoltaica	58
9.	DISCUSIÓN	61
10.	CONCLUSIONES	66
11.	TRABAJO FUTURO	67
	REFERENCIAS	68
	ANEXOS	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Indicadores nacionales de cumplimiento del ODS 7	21
Figura 2. Indicadores nacionales de cumplimiento del ODS 12	22
Figura 3. Indicadores nacionales de cumplimiento del ODS 13	23
Figura 4. Esquema de energías renovables por transformación de la energía solar	25
Figura 5. Elementos necesarios de una instalación fotovoltaica	28
Figura 6. Funcionamiento de una celda fotovoltaica	29
Figura 7. Tipos de sistemas o instalaciones fotovoltaicas	33
Figura 8. Parámetros de monitoreo de sistemas fotovoltaicos	34
Figura 9. Parámetros de radiación solar en áreas de Colombia	35
Figura 10. Irradiación horizontal en Chocontá	36
Figura 11. Mapa de localización del municipio de Chocontá	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proyectos fotovoltaicos operando en Colombia	15
Tabla 2. Tarifas Enel aplicadas para el área rural (E1) 2023	17
Tabla 3. Normas regulatorias de proyectos de energías renovables en Colombia.	38
Tabla 4. Variables cuantitativas discretas: equipos eléctricos.	41
Tabla 5. Variables cuantitativas continuas	42
Tabla 6. Resultados de la encuesta sobre caracterización de viviendas	48
Tabla 7. Resultados de la encuesta sobre acceso a los servicios públicos	52
Tabla 8. Resultado de la encuesta sobre consumo y pago de energía eléctrica	53
Tabla 9. Conocimiento de energías renovables y disponibilidad de pago	55
Tabla 10. Usos de la energía eléctrica en los hogares	57
Tabla 11. Tarifas de energía eléctrica en el municipio de Chocontá	58
Tabla 12. Cálculo de paneles solares	59
Tabla 13. Costos de implementación de paneles fotovoltaicos	60
Tabla 14. Tasa interna de retorno	60
Tabla 15. Matriz DOFA sobre la utilización de la energía fotovoltaica.	62

1. INTRODUCCIÓN

En 2015, la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la agenda sobre el desarrollo sostenible, que comprende diecisiete (17) objetivos centrales denominados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El objetivo número siete (7) definido como “Energía asequible y no contaminante”, comprende, entre otros, garantizar el acceso universal a los servicios energéticos confiables, así como aumentar el porcentaje de uso de energía renovable (ONU, 2015).

La Compañía de Desarrollo Territorial (CIDETER) indica que Colombia enfrenta uno de los mayores retos políticos, económicos y tecnológicos al querer acelerar la implementación de las acciones para lograr una transición energética, cuyo principal objetivo es disminuir el uso de combustibles fósiles o hidrocarburos e incrementar el uso de fuentes de energías renovables no convencionales, como la energía solar, y así contribuir a la acción por el clima (CIDETER, 2023).

Hay que resaltar que Colombia cuenta con una situación geográfica privilegiada respecto a la disponibilidad de radiación solar en todo el territorio nacional (Unidad de Planeación Minero-Energética [UPME], 2023); el atlas de radiación solar en Colombia permite consultar datos de cuantificación de la energía solar que incide sobre la superficie del país, esta información es necesaria para el dimensionamiento de sistemas que a partir de energía solar permiten la generación de electricidad (Rodríguez, 2017). Aprovechando esta situación, y con el fin de financiar proyectos de energías no convencionales y generar incentivos económicos como la exención de los aranceles para la compra de equipos y maquinarias en la ejecución de proyectos de eficiencia energética, en 2014 se creó el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) del Ministerio de Minas y Energía (MinEnergías, 2015).

Los proyectos solares en Colombia se han venido implementando especialmente en zonas urbanas, adoptando sistemas convencionales que constan de uno o dos paneles y sus equipos de almacenamiento; se han desarrollado estudios en Bogotá y Cundinamarca sobre el recurso solar, definiendo que no se posee un recurso abundante, pero sí se dispone de un promedio de radiación solar que cumple con los requerimientos para la implementación de sistemas fotovoltaicos.

También se destaca que, en las áreas rurales de Colombia, por diferentes factores, la población no cuenta por lo general con un acceso eficiente a los servicios públicos básicos como la energía eléctrica (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2018). Tal es el caso del municipio de Chocontá en el que las actividades económicas principales están en el área rural (CIDETER, 2023).

El municipio de Chocontá es un municipio que está implementando políticas de desarrollo sostenible, buscando adaptarse al cambio climático con un objetivo principal que es la gestión del uso de los recursos naturales para asegurar la conservación de los ecosistemas, considerados como patrimonio ecológico de los territorios. El municipio requiere establecer proyectos de desarrollo que se adapten al cambio climático, fomentando la reducción de la huella de carbono y reduciendo los riesgos en la seguridad alimentaria y energética (CIDETER, 2023). Con este trabajo se busca conocer la factibilidad de contar con una alternativa que permita promover la adecuada utilización y sostenibilidad de sistemas de generación de energía eléctrica en residencias de la zona rural del municipio de Chocontá en el departamento de Cundinamarca, basados en una fuente de energía no convencional como lo es la energía solar.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales del municipio de Chocontá, considerando factores económicos, tecnológicos y medioambientales.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar las diferentes alternativas tecnológicas disponibles para la implementación de energía fotovoltaica, examinando sus principales requerimientos y ventajas.
- Analizar las oportunidades, fortalezas, amenazas y debilidades relacionadas con la generación de energía fotovoltaica en residencias del área rural de Chocontá.
- Evaluar los parámetros técnicos y financieros involucrados en la instalación y mantenimiento de unidades de generación de energía fotovoltaica en dicha área rural.

3. JUSTIFICACIÓN

El direccionamiento político de frenar el desarrollo y ejecución de nuevos proyectos de minería extractiva para la producción de carbón e hidrocarburos líquidos y gaseosos, como una contribución para disminuir el efecto negativo que el uso de estos combustibles fósiles está haciendo al medioambiente, hace necesario buscar alternativas de generación de energía que suplan las necesidades en el sector doméstico. En este sentido, se destaca la promoción del uso de fuentes no convencionales de energía renovable como la energía solar (MinEnergías, 2015).

La transición energética en el país se ha dimensionado en tres ejes: el primero es migrar hacia un sistema energético más competitivo, eficiente y resiliente, utilizando energías renovables no convencionales y desarrollando de nuevas tecnologías; el segundo es ofrecer los medios para cerrar las brechas energéticas en el territorio nacional llevando la energía eléctrica a todo el territorio incluyendo las áreas rurales excluidas del sistema de interconexión nacional; y el tercero es liderar la lucha contra el cambio climático priorizando el uso masivo de combustibles de cero y bajas emisiones, implementando políticas de eficiencia energética a nivel residencial urbano, rural e industrial (Duque y Mesa, 2021).

De acuerdo con la información de la UPME, se han estructurado 293 proyectos de energía solar fotovoltaicos en áreas rurales de Colombia, cuyo apoyo de las instancias gubernamentales, ya sea nacional o regional, será un factor clave para su implementación y operación, en especial para generar cofinanciación. Ahora bien, este tipo de proyectos, pese a que por lo general no generan un atractivo económico para los usuarios, sí permiten generar desarrollo al permitir el acceso a nuevas tecnologías y capacitación en energías limpias. En la Tabla 1 se detallan 17 de estos proyectos que ya se encuentran en operación:

Tabla 1. Proyectos fotovoltaicos operando en Colombia.

No.	Nombre Proyecto	Capacidad Mw	Municipio	Nombre Promotor	Inicio Operación
1	Sistema Fv 10.62 Kw Punta Cangrejo	0,01062	Juan De Acosta	Xantia-Xamuels Sas	1/11/2016
2	Casa Familiar Campestre	0,072	Fusagasugá	Sky Energy S.A.S.	1/01/2017
3	Sistema De Respaldo Servidores Americana De Tecnología Y Comunicaciones S.A.S.	0,001	Paipa	Americana De Tecnología Y Comunicaciones S.A.S.	1/04/2017

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

No.	Nombre Proyecto	Capacidad Mw	Municipio	Nombre Promotor	Inicio Operación
4	Proyecto Solar Ceps Fase 1	0,01	Palermo	Ceps Engineering S.A.S.	1/04/2017
5	Optimización Energética Aloe & Coffee	0,012	Pacho	Punto Net Soluciones Ltda.	1/05/2017
6	Soluciones Fotovoltaicas Veredas Caño Nuevo Y Tisló	0,066	Unguia	Hg Ingeniería Construcciones S.A.S.	1/07/2017
7	Soluciones Fotovoltaicas Veredas Corazón, Quebrada Bonita Y Ticole	0,0735	Unguia	Hg Ingeniería Construcciones S.A.S.	1/07/2017
8	Cabañas Los Guadales	0,025	La Vega	Negocios Inmobiliarios Husai S.A.S.	1/08/2017
9	Proyecto fotovoltaico Celsia Solar Bolívar	9,9	Santa Rosa	Epsa S.A. E.S.P.	1/08/2017
10	Sistema Fv 14 Kw Punta Cangrejo	0,01416	Juan De Acosta	Xantia-Xamuels Sas	1/11/2017
11	Finca Altazor	0,0037	La Vega	Epam S.A. E.S.P.	1/12/2017
12	Construcción, Instalación E Implementación De Soluciones Solares Fotovoltaicas Para Viviendas Rurales En Las Zonas No Interconectadas Del Municipio De Tierralta Córdoba, En Las Localidades De Km 40, Colon Alto, Colon Medio, Altamira, Cabecera Corregimenta	0,778	Tierralta	Consorcio Zni Córdoba Ii	1/12/2017
13	Energía Solar Fotovoltaica En Centro Turístico Simona Del Mar	0,0081	Turbo	Beatriz Elena Duque Naranjo	1/12/2017
14	Tuta1280int	0,00128	Tuta	Sun Supply S.A.S.	5/02/2018
15	Planta Solar 18,6 Kwp Alirio Giraldo Ramírez	0,0186	Tubara	Ingeniería Sostenible Energy And Lighting Professionals S.A.S.	15/02/2018
16	Montaje Sistema Fotovoltaico De 11,2 Kw Ptar Urbanización Santa Ana	0,011	Turbaco	Promotora La Candelaria S.A.S.	1/03/2018
17	Solución Solar Fotovoltaica Conectado A Red Con Capacidad De 28kwp A Ser Instalados Sobre Techo Inclinado De La Fabrica Agrícola Himalaya S.A. Ubicada En La Via Bitaco La Cumbre Valle Del Cauca	0,028	La Cumbre	agrícola Himalaya S.A.	23/04/2018

Fuente: UPME (2023).

Al disminuir la producción de hidrocarburos, las tarifas de energía eléctrica se han incrementado, ya que la demanda del sector industrial es cada vez mayor. Por su parte, la empresa comercializadora que suministra la energía en Chocontá, a la fecha de la presentación

del presente trabajo, es Enel. En la Tabla 2 se presenta el cuadro tarifario rural aplicado durante la vigencia 2023 (Enel, 2023):

Tabla 2. Tarifas Enel aplicadas para el área rural (E1) 2023

Mes 2023	Tarifa rural (E1) Propiedad Enel Colombia (\$/kWh)
Enero	742,7324
Febrero	758,3298
Marzo	773,4964
Abril	784,3253
Mayo	792,9529
Junio	798,5036
Julio	803,2946
Agosto	809,7210
Septiembre	817,8182

Fuente: Enel (2023).

Se observa que el precio de la energía eléctrica se ha incrementado; este mercado es bastante complejo, ya que la determinación de las tarifas, las cuales dependen de factores como el volumen de los embalses, están afectadas por los fenómenos del niño y la niña. Los contratos de venta de energía eléctrica de las generadoras a las comercializadoras también están afectados por el índice de precios al consumidor (IPC), y también la tarifa está afectada por la finalización de la pandemia de covid-19, en junio 2022; a partir de esta fecha, se han presentado los ajustes que no se realizaron durante la pandemia.

Los proyectos de implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales permiten mejorar la calidad de vida en el hogar y la promoción del desarrollo económico del mismo y del área donde se implemente. Aunque existe una amplia cobertura de suministro de energía eléctrica por parte del distribuidor Enel en el área rural de Chocontá, la infraestructura, en especial los postes, se encuentran en mal estado. Esto, sumado al alto costo de generación de una energía alternativa utilizando combustibles fósiles y el mantenimiento de la infraestructura instalada, hace que en el largo plazo la generación fotovoltaica sea más económica. Los hogares para suplir sus

necesidades básicas requieren un servicio de energía confiable y de calidad, ya que esto garantiza una mejor calidad de vida de sus integrantes.

Las residencias en las que se realizó la encuesta corresponden a una población rural clasificada como estrato 1, las viviendas son de uso residencial y las actividades de sus habitantes se centran en la agricultura y la ganadería como base de sustento. La confiabilidad en el suministro de energía en las residencias permite tener una mejor calidad de vida, y se puede proyectar un mejor acceso a otros servicios públicos, como disponibilidad de agua potable, alumbrado público y sistemas de comunicación más eficientes, así como desestimular la migración a los centros urbanos al contar en el área rural con servicios confiables.

Para la implementación de estos proyectos, se requiere apoyo por parte de las autoridades locales, ya que este tipo de proyectos no es atractivo para la comunidad, debido a los subsidios recibidos, por lo que se debe buscar generar un cambio en la sociedad ya que representa un avance en materia tecnológica ya que la energía fotovoltaica es una energía renovable con costos de mantenimiento muy bajos.

Esto, unido a los efectos del cambio climático, ha incentivado el desarrollo de proyectos tecnológicos de energía solar, la mayoría en áreas urbanas y parques solares industriales, ya que su costo ha disminuido. Esta mayor asequibilidad ha favorecido su explotación, convirtiéndolos en una de las mejores opciones para implementar en las áreas rurales, alineados al requerimiento de conservar, restaurar y preservar el ecosistema que estas áreas poseen.

En este año se ha planteado por parte del gobierno nacional priorizar el desarrollo rural; se presentan diferencias políticas y una nueva legislación con el objeto de transformar el campo colombiano como foco de crecimiento económico basado en la producción de alimentos y materias primas. Uno de los principales enfoques y requerimientos es contar con áreas rurales electrificadas, con un servicio confiable y que genere el mínimo impacto al medioambiente (Bueno et al., 2019).

De acuerdo con el plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Chocontá (PBOT), en el área rural se cuenta con una cobertura total por parte de la distribuidora de energía Enel, pero algunas viviendas rurales no tienen acceso debido a la distancia o a los costos. En algunas veredas, el servicio es de baja calidad o nulo y se evidencia infraestructura en mal estado. De

acuerdo a esto, se plantean proyectos como la implementación de celdas fotovoltaicas para los predios ubicados en zonas no interconectadas y que puedan garantizar la provisión de energía para uso doméstico, teniendo en cuenta que sean para familias de bajos recursos económicos.

Cabe resaltar que esta iniciativa también se alinea con la apuesta nacional de transición energética de Colombia, bajo sus directrices de política como (Gobierno de Colombia, 2021): aumentar la participación de las energías renovables no convencionales, elevar el objetivo de reducción de emisiones de gases efecto invernadero y hacer de la reactivación sostenible un factor determinante para la recuperación económica como resultado de la pandemia. Igualmente, el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 Colombia potencia mundial de la vida, en cuanto a transición energética, plantea impulsar la penetración de energías renovables en la matriz de generación y la respectiva disposición de infraestructura y tecnología de punta en el sistema energético (Departamento Nacional de Planeación, 2023).

Por estas razones, el presente proyecto contribuirá al estudio de alternativas e implementación de energías fotovoltaica como fuente energética de uso doméstico en el área rural del municipio de Chocontá, lo que podría hacerse extensivo a otros municipios.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 El desarrollo sostenible

El mundo se enfrenta a un agotamiento progresivo de los recursos naturales, los cuales han sido a lo largo del tiempo extraídos o explotados con el fin de satisfacer las necesidades de consumo bajo un modelo de economía lineal; en el cual los recursos son aprovechados de manera directa o transformados en bienes, que a su vez, se trazan en el mercado para su respectivo uso en un periodo de tiempo en función de su vida útil; siendo el resultado de ello, el desecho de grandes cantidades de residuos en vertederos y la escasez de recursos no renovables (Belda-Hériz, 2018).

Continuar bajo esta dinámica de producción es inviable e insostenible para la humanidad y para el planeta Tierra, situación que se puede evidenciar en la actualidad donde la deforestación, la contaminación, el cambio climático, la insalubridad, entre otros, son problemas comunes que plantean desafíos para los gobiernos, organizaciones, empresas y ciudadanos en general (Duarte et al., 2023). De esta manera, apostar a un desarrollo sustentable o sostenible puede cambiar la forma en la que se produce bienes y servicios y así garantizar de manera responsable la satisfacción de necesidades de la humanidad en armonía con el medio ambiente.

Ahora bien, el desarrollo sostenible concebido como modelo debe permitir satisfacer las necesidades actuales de la población mundial conservando o por qué no mejorando a la vez el medio ambiente, de tal manera que las próximas generaciones puedan acceder también a la calidad de vida (Raufflet et al., 2017). Hay que resaltar que la producción y el consumo de energía renovable, como la energía solar o fotovoltaica, contribuye a la sostenibilidad ambiental y satisface de manera responsable la necesidad de contar con energía eléctrica para el desarrollo de actividades humanas.

4.2 Objetivos de Desarrollo Sostenible

Se destaca que la agenda política global en términos de sostenibilidad promovida desde la ONU apunta a la consolidación y promoción de los ODS, los cuales se constituyen como diecisiete (17) objetivos globales, cada uno con sus 169 respectivas metas, que buscan fomentar

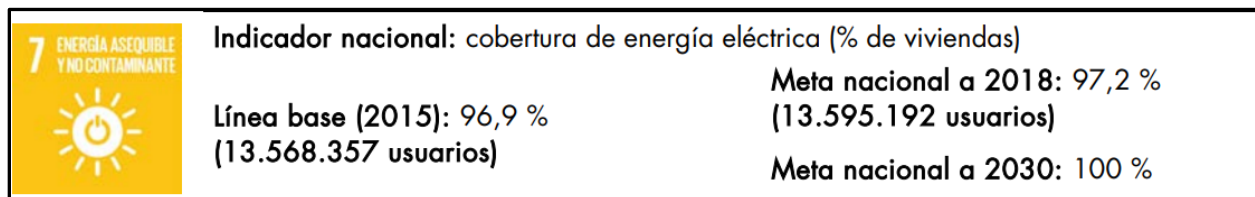
la lucha contra la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para las naciones, esperando que los gobiernos, las empresas y la sociedad civil en general puedan alcanzar estas metas entre 2015 y 2030 (ONU, 2015). En sí, los ODS se encuentran correlacionados, y cumplir con las metas de algunos supone apoyar la consolidación de las metas de otros así sea de manera indirecta. Para el caso de la producción de energía renovable como la energía solar o fotovoltaica, los ODS No.7 y No.12 son los más relevantes.

Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 7, energía asequible y no contaminante

El ODS No. 7 de la agenda de sostenibilidad de la ONU plantea como fin que se debe garantizar a la población en general el acceso a energía sostenible, a la vez que esta pueda ser asequible, fiable y moderna (ONU, 2015). Frente a ello, se plantea como meta a 2030 incrementar el uso de fuentes renovables y como tal de energía renovable (producción y consumo). Bajo este objetivo, para Colombia se ha priorizado por parte del DANE y el Grupo Interagencial del Sistema de Naciones Unidas (SNU), el indicador 7.2.1. *Proporción de la energía renovable en el consumo total de energía*, cuyo estado de avance en su producción y cierre de brechas de información es de 79 % (DANE, 2022). Este objetivo obedece a la meta 7.2. *De aquí a 2023 aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.*

Ahora bien, en la Figura 1 se observa la meta del ODS 7 al 2030 para Colombia.

Figura 1. Indicadores nacionales de cumplimiento del ODS 7.



Fuente. Tomado del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) 3918 de 2018.

Claramente, lograr este objetivo supone implementar plantas de producción y suministro de energía renovable como lo es la energía solar o fotovoltaica y garantizar claro está, su acceso por parte de la población. No obstante, este esfuerzo debe estar acompañado por una validación

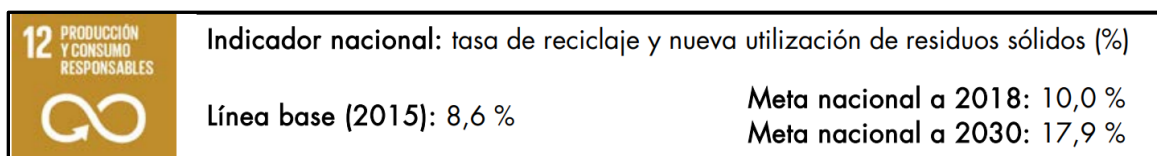
técnica que viabilice la operación del uso de esta energía en función de los requerimientos técnicos.

Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 12, producción y consumo responsables

El ODS No. 12 de la agenda de sostenibilidad de la ONU plantea poder garantizar diferentes formas de consumo y producción que sean sostenibles y que contribuyan al fortalecimiento de la calidad de vida (ONU, 2015). Bajo este objetivo, para Colombia se ha priorizado por parte del DANE y el SNU, el indicador 12.2.2. *Consumo material interno en términos absolutos, consumo material interno per cápita y consumo material interno por PIB*, cuyo estado de avance en su producción y cierre de brechas de información es de 25 % (DANE, 2022). Este objetivo obedece a la meta 12.2. *De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.*

En la Figura 2 se observa la meta del ODS 12 al 2030 para Colombia.

Figura 2. Indicadores nacionales de cumplimiento del ODS 12.



Fuente. Tomado del CONPES 3918 de 2018.

Igualmente, el desarrollo e implementación de energías sostenibles o renovables, como se mencionó anteriormente, supone poder lograr las metas toda vez que se hace uso de tecnologías ecológicas o amigables con el medio ambiente.

Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 13, adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus eventos

El ODS No. 13 de la agenda de sostenibilidad de la ONU aspira reforzar la respuesta global frente a la emergencia climática, con el fin de proteger los medios de subsistencia y salvar vidas

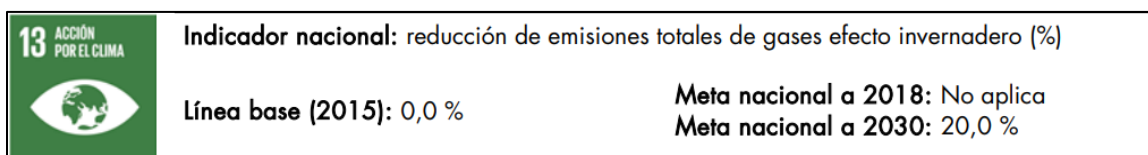
(ONU, 2015). Algunas metas de este ODS que aportan indirectamente a la reducción de emisiones GEI y mitigación del cambio climático son:

- 13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países
- 13.2 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales
- 13.a Cumplir el compromiso de los países desarrollados que son partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de lograr para el año 2020 el objetivo de movilizar conjuntamente 100.000 millones de dólares anuales procedentes de todas las fuentes a fin de atender las necesidades de los países en desarrollo respecto de la adopción de medidas concretas de mitigación y la transparencia de su aplicación, y poner en pleno funcionamiento el Fondo Verde para el Clima capitalizándolo lo antes posible.
- 13.b Promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático en los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo, haciendo particular hincapié en las mujeres, los jóvenes y las comunidades locales y marginadas

No obstante, bajo este objetivo, para Colombia se ha priorizado por parte del DANE y el SNU, indicadores asociados a la adopción de estrategias nacionales y locales en reducción del riesgo de desastres (13.1.2 y 13.1.3), personas afectadas por desastres (13.1.1.) y grado en que la educación para la ciudadanía mundial y para el desarrollo sostenible se incluyen en los planes de estudio, profesorado y evaluación (13.3.1).

Finalmente, en la figura 3 se observa la meta del ODS 13 al 2030 para Colombia que sí relaciona la reducción de emisiones GEI.

Figura 3. Indicadores nacionales de cumplimiento del ODS 13.



Fuente. Tomado del CONPES 3918 de 2018.

Igualmente, el desarrollo e implementación de energías sostenibles o renovables, como se mencionó anteriormente, supone poder lograr las metas toda vez que se hace uso de tecnologías ecológicas o amigables con el medio ambiente.

4.3 Ecoeficiencia

Para lograr la sostenibilidad, se debe tener en cuenta que la innovación en la producción y consumo con una orientación hacia la protección del medio ambiente es fundamental. Por ello, la ecoeficiencia se plantea como una filosofía de producir más bienes y servicios haciendo uso de menos recursos naturales y generando menos basura y contaminación (Austermühle, 2015).

La ecoeficiencia, entonces, debe ser una apuesta frente a la cual todos los actores de la sociedad comprometan su responsabilidad y ello significa realizar un uso responsable de la energía (sin restar importancia al consumo eficiente del agua y demás recursos naturales). Es importante resaltar que Austermühle (2012) pone como ejemplo de ecoeficiencia el caso del “hotel ecoeficiente” y, específicamente para el tema energético, plantea que este hotel idealmente debe incluir medidas ecoeficientes energéticas como: la utilización de paneles solares, así como sistemas de energía solar pasiva (para calentar agua), sustitución de dispositivos electrónicos que funcionen con pilas por aquellos alternativos que funcionen con placas solares o baterías recargables.

La necesidad de direccionar con criterios de ecoeficiencia el sistema económico y la cultura social, busca un beneficio para asegurar la sostenibilidad y equidad global futura; dar a conocer las oportunidades que ofrece la ecoeficiencia en el progreso del país, supone la conciliación económica con el medioambiente.

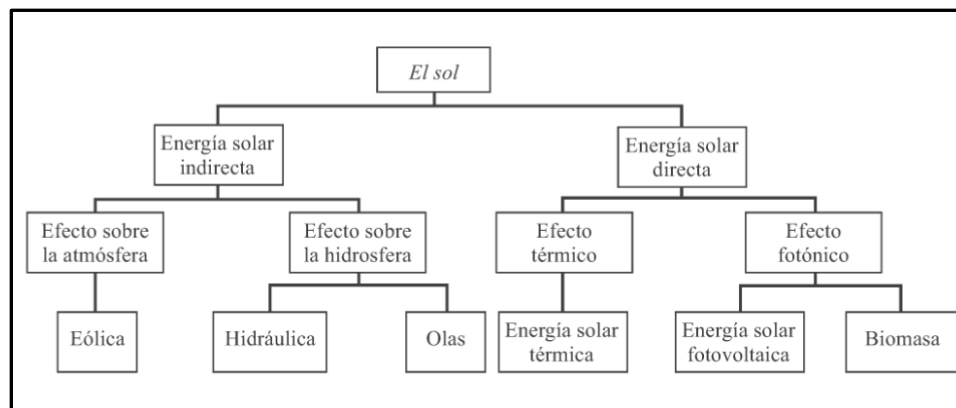
4.4 Energías renovables

En primer lugar, hay que destacar que las energías no renovables son aquellas que se adquieren mediante la acumulación estática de energía y que, dada su naturaleza, se mantienen fijas hasta el momento en que son liberadas a partir de combustibles fósiles y nucleares (González Velasco, 2015). A diferencia de la energía no renovable, la energía renovable es

aquella que se obtiene de fuentes inagotables o que se pueden renovar como la energía hidroeléctrica, la energía eólica, la biomasa, la energía solar, la energía geotérmica o las denominadas energías del mar (Jarauta, 2012). Cabe destacar también que las energías renovables se caracterizan por no emitir gases efecto invernadero y su implementación generalizada podría detener el cambio climático, permitiendo generar una mejor calidad de vida a las próximas generaciones.

No obstante, el sol es la principal fuente que permite generar tanto energía solar indirecta como directa. De la energía solar indirecta se desprende aquella que tiene efecto sobre la atmósfera, como lo es la eólica; y aquella que tiene efecto sobre la hidrosfera, como la hidráulica y las olas. Por otra parte, de la energía solar directa se desprende aquella que tiene un efecto térmico como lo es la energía solar térmica y aquella que tiene un efecto fotónico, como la energía solar fotovoltaica y la biomasa; como se puede evidenciar en la Figura 3 (Bayod Rújula, 2009).

Figura 4. Esquema de energías renovables por transformación de la energía solar.



Fuente: Tomado de Bayod Rújula (2009).

4.5 Energía solar fotovoltaica

La radiación solar permite generar sistemas de producción de energía solar, toda vez que el planeta recibe cerca de 170.000 TW (Tera vatios), los cuales 80.000 de ellos descienden a la superficie como radiación fotónica (González Velasco, 2015). Es importante aclarar que la energía fotovoltaica entendida como la radiación solar que impacta directamente a la superficie y

es emitida por el sol, varía según la latitud, destacándose que entre más cerca de la línea de ecuador, la radiación será mayormente constante, y entre más lejos se esté de la línea del ecuador, la radiación variará considerablemente. Además, se debe tener en cuenta que la eficiencia de generación de energía solar también se encuentra sujeta a las condiciones climáticas, es decir, la radiación solar disminuirá en función de los días de lluvia o nublados o incluso los niveles de contaminación producto no sólo del dióxido de carbono en el aire, sino también de otros gases y partículas contaminantes que absorben o reflejan radiación, pero aumentará considerablemente cuando se presenten días despejados y soleados en lugares donde se presenta menor contaminación (Jarauta, 2012).

Cuando se hace referencia a la palabra fotovoltaica, se debe tener en cuenta que esta se encuentra compuesta por foto, es decir, luz, y voltaica, que refiere a la electricidad, siendo el método fotovoltaico el que convierte la energía solar en eléctrica mediante instalaciones solares fotovoltaicas compuestas por células o celdas solares que pueden ser individuales o autónomas para suplir de energía a una unidad residencial por ejemplo, y otras conectadas a red, compuestas por un gran número de celdas para producir mayor cantidad de energía y suplir así de energía eléctrica diferentes puntos (Bayod Rújula, 2009).

4.6 Sostenibilidad y sistemas fotovoltaicos

Según Mohamed et al. (2022), el desarrollo sostenible depende de la gestión de recursos renovables, como lo es el consumo de energías que se pueden regenerar, promoviendo una alternativa óptima frente a la producción de energías no renovables a partir de combustibles fósiles, permitiendo reducir la contaminación, y aumentando además el bienestar político, económico y social de la población. No obstante, consolidar estos beneficios dependen de la mejora en su eficiencia y de la reducción de costos de implementación.

La energía es un factor esencial para el desarrollo de todos los sectores económicos y la sociedad de un país, existe evidencia de que el uso de fuentes energéticas contaminantes es insostenible, por esto ha surgido un incremento en el interés que busca la descarbonización de la matriz energética, con el objetivo de disminuir la dependencia de combustible fósiles y buscar la sostenibilidad socioambiental; en América latina, la eficiencia energética y las energías

renovables especialmente la fotovoltaica presentan un potencial importante para mitigar los efectos negativos del consumo de combustible no renovables, inducido por el crecimiento económico. Se está priorizando en Latinoamérica la necesidad de actualizar y hacer más viables las políticas energéticas, aunque poco se ha logrado hasta ahora. Entre los elementos que pueden explicar este fenómeno, se tiene la falta de voluntad política de los gobiernos, que se suma al desconocimiento, la ideología y falta de compromiso de la sociedad (Contreras y Messina, 2019). Esta ideología se puede comparar con el interés de otros países que han logrado grandes avances tecnológicos como el caso de China, que ha mostrado gran interés en cooperar con tecnologías de energía renovable con América Latina desde la década de 1980, proporcionando asistencia técnica y financiera para la implementación de proyectos con celdas fotovoltaicas en Cuba, Ecuador y Colombia (Hongbo, 2014).

El interés global que existe frente a la utilización de energías limpias es liderado por China donde se han alcanzado grandes avances en la utilización de tecnología fotovoltaica, y según el estudio de He et al. (2021), realizado en Haiyuan, en la provincia de Ningxia en China, se constató que la implementación del proyecto de energía fotovoltaica para la región permitió generar beneficios ambientales, sociales y económicos de la siguiente manera:

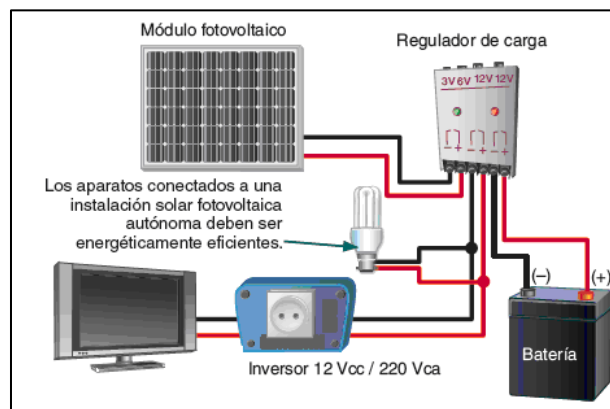
- Beneficios a los granjeros donde se implementó la planta de energía fotovoltaica vía integración industrial debido a que se instalaron los paneles solares encima del cultivo de la planta *goji o Lycium barbarum* (que produce bayas comestibles) reduciendo la evaporización del agua. De igual modo, el agua utilizada para regar las plantas a través del riego, también se usó paralelamente para limpiar los paneles solares.
- De igual manera, sobre los invernaderos de aceitunas tipo azufaifo, se instalaron paneles solares con el fin de contribuir al desarrollo de este cultivo y, a la par, generar energía. Con esta medida y la anterior, se garantizó el acceso a energía por parte de familias de bajos recursos, así como fomentar el desarrollo agrícola local.
- Bajo este proyecto, se pudo evidenciar la reducción de emisión de dióxido de carbono, dióxido de azufre y óxido de nitrógeno, gracias a la sustitución de producción de energía renovable.

A la postre, la implementación de sistemas fotovoltaicos en una región puede generar muchos más impactos positivos que aportan a la sostenibilidad, dado que contribuyen al bienestar y salubridad de la población, brindan empleo e innovación, generan rentabilidad económica y en la medida que se combinan eficientemente con otras actividades comerciales o agroindustriales, generará mayores réditos.

4.7 Composición de una instalación solar fotovoltaica

Las instalaciones fotovoltaicas pueden ser autónomas (sin conexión a red), que son utilizadas normalmente para suplir una unidad específica que requiere energía, como una vivienda aislada, una unidad de señalización de tráfico utilizando diodos emisores de luz (LED), postes de alumbrado, entre otros. Por otra parte, existen instalaciones fotovoltaicas conectadas a redes como las centrales de producción de energía eléctrica para el suministro masivo (venta) y edificios fotovoltaicos aprovechando las grandes infraestructuras urbanas (Díaz y Carmona, 2010). En la Figura 5, se puede observar los elementos necesarios para implementar una instalación solar fotovoltaica:

Figura 5. Elementos necesarios de una instalación fotovoltaica.



Fuente: Tomado de Díaz y Carmona (2010).

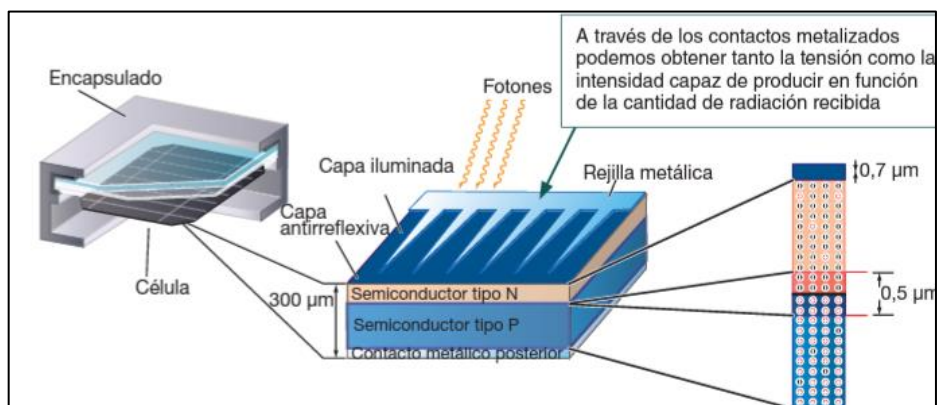
A la luz de la Figura 5, se puede observar que una instalación fotovoltaica está compuesta, en primer lugar, por un conjunto de paneles o celdas (módulo fotovoltaico) que toman la energía solar y la convierten en energía eléctrica y continua, la cual es transportada al regulador de carga,

dispositivo encargado de regular sobrecargas de energía, y luego transporta la energía a un convertidor por lo general de 12 Vcc/220 Vca con el fin de suministrar corriente a los aparatos eléctricos.

4.8 Célula solar

Es importante destacar que los sistemas o instalaciones fotovoltaicos funcionan a partir de la célula solar, la cual es fabricada a base de silicio (monocristalino, policristalino o amorfo) y es responsable de transformar los fotones de la luz solar a electricidad, teniendo un comportamiento como un diodo, donde la parte expuesta a la radiación solar se denomina semiconductor tipo N y la parte situada hacia la oscuridad es el semiconductor tipo P, una estructura que se puede evidenciar en la Figura 6.

Figura 6. Funcionamiento de la célula fotovoltaica.



Fuente: Tomado de Díaz y Carmona (2010).

No obstante, Galvis-Villamizar et al. (2021) enfatizan que, de acuerdo con el material de la célula fotovoltaica, se pueden obtener ventajas y desventajas, por ejemplo:

- Las células de silicio amorfo son económicas y cuentan con una eficiencia entre 4 y 11 %, siendo además resistentes a altas temperaturas, sin embargo, requieren mucho cuidado y no cuentan con una eficiencia en el largo plazo.
- Las células de silicio monocristalino tienen una eficiencia entre el 15 y el 21 %, una tecnología duradera y son las más solicitadas en el mercado, pero su costo es alto.

- Ahora bien, las células de silicio policristalino alcanzan un rendimiento cercano al 16 %, son más económicas que las células monocristalinas, ocupan espacio y son más fáciles de fabricar. No obstante, son muy sensibles a las impurezas y su implementación cuenta con el mayor grado de dificultad.

- Finalmente, las células manufacturadas a partir de arseniuro de galio pueden llegar a tener un rendimiento del 25 % y gran resistencia a las altas temperaturas, ventajas que se contrastan con su alto costo, toxicidad y baja disponibilidad en el mercado. El arseniuro de galio se puede obtener en laboratorio haciendo pasar una mezcla gaseosa de hidrógeno (H_2) y arsénico sobre óxido de galio a altas temperaturas y también mediante la reacción de galio y óxido arsénico. Por su alta toxicidad debe ser dispuesto de acuerdo a las regulaciones dada en la política ambiental para la gestión de residuos peligrosos y su plan de acción (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

A partir de estos cuatro tipos de células, se considera que la más eficiente en una primera etapa de un proyecto de sistemas fotovoltaicos es la célula de silicio monocristalino. Luego, en una segunda etapa con un mayor grado de tecnificación, se pueden tener en cuenta las células de silicio policristalino.

Por su parte, Mulcúe-Nieto et al. (2021), en su estudio del rendimiento energético instalados en la ciudad de Manizales en el centro de formación del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) de la Regional Caldas, Colombia, demostró que el diseño, rendimiento y la eficiencia energética de las células policristalinas fue superior, al comparar la eficiencia entre las células monocristalinas con una calificación de 78 % en comparación con las células policristalinas que obtuvieron una calificación de 86 %. No obstante, hay que destacar que este estudio demostró que, independientemente del clima (ya sea invierno o verano) o la temperatura (que no superó los 25 °C), el rendimiento de las células monocristalinas y policristalinas fue constante gracias a la ubicación de la ciudad y del país como tal, cerca de la línea ecuatorial.

4.9 Condiciones climáticas y células solares

Se debe tener en cuenta que las células fotovoltaicas pueden absorber hasta el 80 % de la radiación solar que llega a la superficie. No obstante, únicamente una pequeña parte de la energía

se convierte en electricidad, pues ello depende de la eficiencia de conversión, teniendo en cuenta que, en este ejercicio, un módulo solar puede alcanzar una temperatura hasta de 40 °C más alto que la temperatura ambiente. Entre las variables más comunes que afectan el rendimiento de los módulos solares son la baja irradiación, la suciedad de los paneles y las altas temperaturas generadas por radiación concentrada (Makki et al., 2014).

Es importante mencionar el estudio realizado por Castrillón-Mendoza et al. (2020) en el cual se analiza el sistema fotovoltaico implementado en el campus de la Universidad Autónoma de Occidente ubicada en Cali, Colombia, donde se obtuvieron los siguientes resultados en una medición anual de 2019:

- En agosto se contó con una temporada seca de verano tropical combinando un cielo despejado y una radiación que alcanzó entre las 12:00 m y la 1:00 pm, más de 6.50 kWh/m².
- Cuando se obtuvo una temperatura de aproximadamente 35 °C, la producción de energía llegó a su pico, equivalente a 36 kWh en una hora.
- En los días nublados, por ejemplo, la producción de energía diaria en su pico más alto cayó a 16.5 kWh.
- En los días lluviosos, la producción de energía también cayó, por ejemplo, con una temperatura promedio de 25 °C, pero con precipitaciones y chubascos, el pico de producción energética alcanzó únicamente los 23 kWh.

A la luz de lo anterior, un ambiente seco, con temperatura elevada y cielo despejado, son una combinación perfecta para la producción óptima de energía en áreas geográficas donde la radiación es alta.

No obstante, una mayor temperatura que 35 °C podría generar una pérdida de eficiencia en la producción energética por parte de las células solares, por ello, Abdolzadeh et al. (2011) han propuesto sistemas aspersores de agua distribuida en diminutas gotas a lo largo de los paneles solares con el fin de contrarrestar altas temperaturas y aumentar el rendimiento entre 1,42 % y 4,35 %.

4.10 Paneles y módulos solares

Según Jarauta (2012), los módulos fotovoltaicos se componen de 36 células solares ubicadas en serie, con el objetivo de obtener un voltaje de 13 V aún en días nublados. La ubicación de los módulos y paneles solares dependerá de la disponibilidad de la superficie con la que se cuente, la orientación frente al sol y la respectiva inclinación, toda vez que se debe buscar la máxima radiación en el día, teniendo en cuenta variables como potencia pico, intensidad pico y voltaje nominal, medidos a 25 °C y radiación de 1.000 Wm⁻².

Según Syafiq et al. (2017), los paneles solares deben limpiarse cada 2 o 3 semanas dada la acumulación de polvo, material orgánico e inorgánico. Idealmente, se propone automatizar este proceso como lo es el electrostático, mecánico y de recubrimiento.

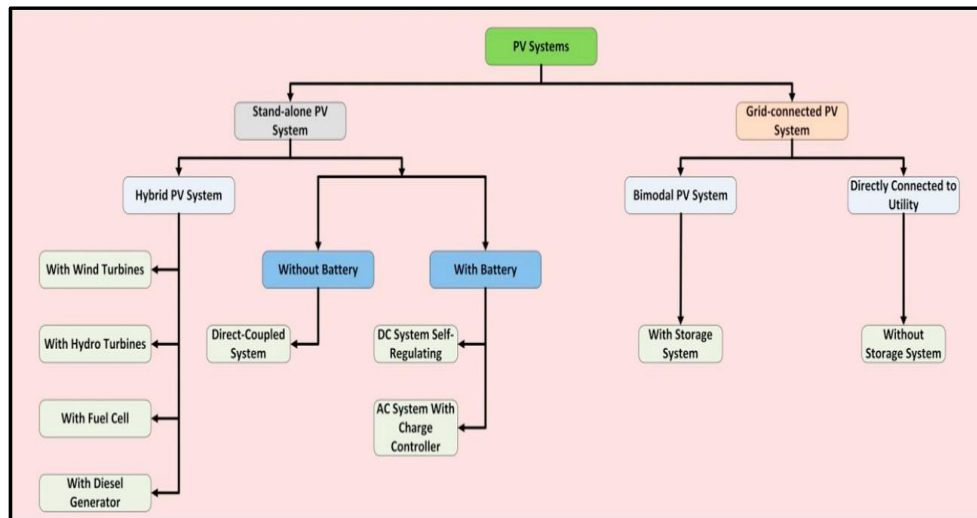
El primero de ellos, el electrostático, funciona a través de la emisión de ondas estacionarias que expulsa el polvo horizontalmente. Por otra parte, el método mecánico lo realiza a través de soplado de aire, soplado de agua y de vibración ultrasónica, siendo el método de agua y de aire beneficioso para reducir las altas temperaturas que se puedan presentar. Finalmente, el método de recubrimiento surge a partir del desarrollo nanotecnológico de una película hidrofílica o hidrofóbica sobre el vidrio del panel fotovoltaico. La película hidrofílica emite reacciones fotocatalíticas que disminuyen la concentración de polvo, mientras que el recubrimiento hidrofóbico permite hacer rodar gotas de agua para eliminar la suciedad.

4.11 Tipos de sistemas o instalaciones fotovoltaicos

Según Hernández et al. (2019), de los sistemas o instalaciones fotovoltaicos autónomos, se pueden derivar sistemas híbridos que combinan turbinas de viento, turbinas hídricas, celdas alimentadas con combustible y generadores diésel. También, existen sistemas autónomos no híbridos que se clasifican en aquellos que no cuentan con batería, es decir con un sistema de acoplamiento directo y aquellos que cuentan con batería con un sistema de acoplamiento directo o con un sistema de controlador de carga. Por otra parte, los sistemas fotovoltaicos de red pueden ser bimodales y contener un sistema de almacenamiento, mientras que otros van directamente

conectados a la utilidad sin un sistema de almacenamiento, como se puede observar en la Figura 7.

Figura 7. Tipos de sistemas o instalaciones fotovoltaicas.



Fuente: Tomado de Hernández et al. (2019).

4.12 Tipos de sistemas fotovoltaicos de red

Según Cabrera et al. (2016), existen tres tipos de sistemas o instalaciones fotovoltaicas de red de gran magnitud, como lo son: radial, anillo y estrella. Por su parte el sistema de recolección radial configura generadores fotovoltaicos unidos a un alimentador, formando una especie de cadena, es la opción más económica y simple, pero de menor confiabilidad y en dado caso que se pierda una estación transformadora, la potencia se reduciría en un 50 %. Por otra parte, el sistema anillo busca mejorar la confiabilidad, diseñado principalmente de manera radial, pero agrega un generador más, elevando considerablemente el costo de estructuración. Sin embargo, frente a una posible pérdida de estación transformadora, la reducción de la producción cae únicamente un 6,3 %. Finalmente, la configuración tipo estrella, cuenta con un generador fotovoltaico unido al recolector principal, considerando además 8 estaciones transformadoras conectados a tres inversores centrales, y si falla uno de ellos únicamente se reduce la producción a un 4 %. Sin embargo, es el modelo más costoso.

4.13 Monitoreo de sistemas fotovoltaicos

De acuerdo con Madeti y Singh (2018), es importante garantizar la confiabilidad de rendimiento de los sistemas fotovoltaicos para no generar sobre cargas de energía o cortes de esta. Para ello, se plantea el sistema de monitoreo de parámetros conforme a la norma británica BS IEC 61724 en la cual se hace seguimiento a diferentes variables metrológicas como la irradiación total, la temperatura ambiente, la temperatura del módulo, la velocidad y dirección del viento, la humedad y la presión barométrica; de igual manera, también tiene en cuenta variables eléctricas en relación con la configuración fotovoltaica y con la red de suministro eléctrico, como el voltaje, corriente, potencia y energía de salida, entre otras, como se puede observar en la Figura 8.

Este sistema de monitoreo es fundamental para mitigar riesgos en una instalación fotovoltaica que pueda suministrar energía eléctrica, en este caso en un municipio en Colombia como Chocontá, por ejemplo. A ello, y de acuerdo con la referencia precitada, se debe contar con instrumentos de medición que puedan suministrar datos de las variables como son los sensores de corriente, voltaje, radiación solar, temperatura, velocidad del viento, presión, así como dispositivos de transmisión, almacenamiento y análisis de datos, entre otros.

Figura 8. Parámetros de monitoreo de sistemas fotovoltaicos.

PV system type	Parameters		
	Metrological	Electrical	
Grid connected	(i) Total irradiance, in the plane of array G_T	Photovoltaic array: (i) Output voltage	Utility grid: (i) Grid voltage
	(ii) Ambient temperature	(ii) Output current	(ii) Current to utility grid
	(iii) Module temperature	(iii) Output power	(iii) Current from utility grid
	(iv) Wind speed	(iv) Output energy	(iv) Power to utility grid
	(v) Wind direction		(v) Power from utility grid
	(vi) Humidity		(vi) Utility grid impedance
	(vii) Barometric pressure		
Stand alone			Load: (i) Output voltage
			(ii) Output current
			(iii) Output power

Fuente: Tomado de Madeti y Singh (2018).

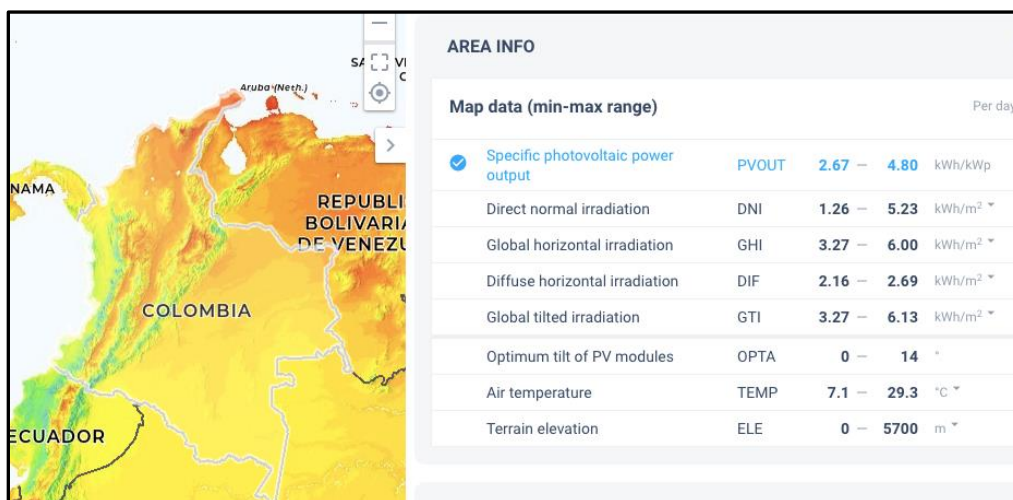
4.14 Energía fotovoltaica en Colombia

Colombia cuenta con un factor geográfico clave para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos, es decir, se encuentra ubicada en la zona ecuatorial la cual se caracteriza por recibir radiación solar constante al igual que África, sin embargo, esta ventaja no ha sido aprovechada suficientemente dado que cerca del 3 % del total de la energía que se consume en este país proviene de fuentes fotovoltaicas, que corresponde a una instalación total aproximada de 20.000 paneles solares (equivalentes a 5,28 MW) que se distribuyen entre la zona interconectada en un 54 % y en la zona no interconectada en un 46 % (Rodríguez-Urrego y Rodríguez-Urrego, 2018).

Colombia es un país con planes de desarrollo enfocados en el área urbana, y se hace necesario adoptar modelos de desarrollo que se enfoquen en la sostenibilidad de las ciudades e incluir las áreas rurales, propendiendo por una eficaz gestión en cada municipio, concibiendo la sostenibilidad local como resultado del equilibrio entre la sostenibilidad ambiental, sostenibilidad económica y sostenibilidad social (Melo y Zarta, 2022).

Hay que anotar que, dependiendo de la región, Colombia cuenta con una radiación solar diaria en su superficie que oscila entre 3,27 y 6,00 kWh/m² (Global Solar Atlas, 2022), siendo el mayor valor uno de los más altos del mundo. En la Figura 9, se puede observar las convenciones que mediante colores establecen los rangos de radiación solar.

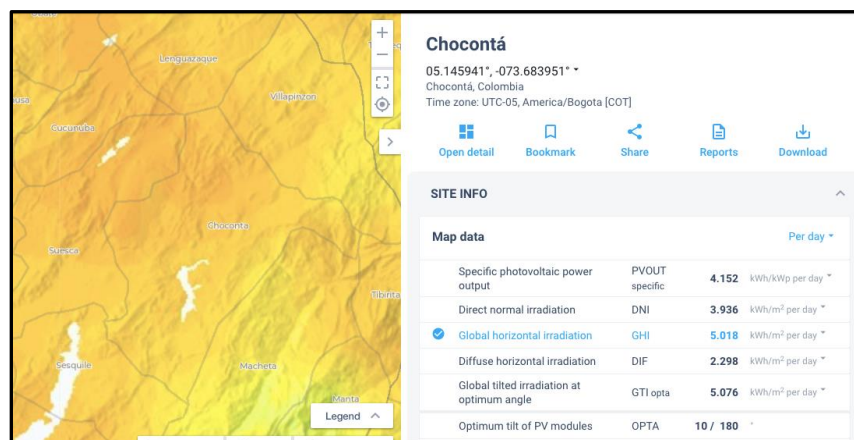
Figura 9. Parámetros de radiación solar en áreas de Colombia.



Fuente: Tomado de Global Solar Atlas (2023).

La zona norte del departamento de La Guajira cuenta con la mejor ubicación para implementar sistemas fotovoltaicos en el país, toda vez que la radiación diaria puede alcanzar los 6.35 kWh/m², sin embargo, en el departamento de Cundinamarca puede llegar a 5,69 kWh/m² en municipios como Agua de Dios, Caparrapí, Cucunuba y Medina. Específicamente, en el municipio de Chocontá se puede llegar a 5,01 kWh/m², como se puede observar en la Figura 10.

Figura 10. Irradiación horizontal en Chocontá.



Fuente: Tomado de Global Solar Atlas (2023).

Colombia es reconocida como un líder regional de la transición energética, gracias a condiciones privilegiadas como ser reconocida como el sexto país del mundo con el mayor recurso hídrico renovable con 2.360 Km³ de agua al año, solo por debajo de países más extensos como Brasil, Estados Unidos, Canadá, Rusia y China; cuenta con un nivel de radiación solar que es un 60 % más alto que el promedio mundial; cuenta hasta ahora con una estabilidad política y jurídica que lo ha hecho atractivo a la inversión extranjera para la implementación de proyectos con tecnologías nuevas que han estado bajando de costo para la generación de energía solar. La energía hidráulica genera un 65 % de toda la energía eléctrica que consume el país, mientras la solar representa menos del 1 % (Duque y Mesa, 2021).

Para incentivar la utilización de las energías renovables no convencionales, el Gobierno Nacional incluyó en su Plan de Desarrollo Nacional incentivos como son: ampliar el plazo a 15 años para usar la sobre deducción del 50 % de las inversiones en equipos de generación para energías renovables no convencionales y eficiencia energética, y reducción del impuesto de renta.

En marzo de 2023, la UPME asignó la máxima capacidad factible de incorporar 7.493 MW de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de energías renovables no convencionales como son la fotovoltaica y la eólica; esta implementación beneficiará a usuarios finales, al contar con un sistema eléctrico con mayor confiabilidad. De los 7.493 MW asignados, 5.774 MW corresponden a energía solar, siendo esta la tecnología que lidera la transición energética del país con 147 proyectos (UPME, 2023).

4.15 Marco legal regulatorio de Colombia

La regulación del aprovechamiento de los recursos minero-energéticos en Colombia está liderada por MinEnergías. A este ministerio se encuentran adscritas, entre otras, las entidades que se enlistan a continuación, las cuales se encargan de llevar a cabo la planeación, seguimiento, consolidación de información y vigilancia del proyecto de diversificación de la matriz energética del país, cuyo objetivo es incluir fuentes de energía renovables no convencionales:

- UPME, cuyo objetivo es liderar la transformación minero-energética, planeando y desarrollando la política pública en el marco de un futuro sostenible establecido en la Ley 143 de 1994 (UPME, 2020).
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), cuyo objetivo es la regulación de la prestación de servicios públicos (energía, gas licuado de petróleo y gas), garantizando cobertura al mayor número posible de personas. Además, realiza las diferentes transacciones entre las empresas que brindan el servicio y proporciona información oportuna para la toma de decisiones en un ambiente de transparencia y sustentabilidad que permita garantizar cobertura, calidad y expansión (CREG, 2023).

En el país, los sistemas de generación eléctrica no convencional pueden integrarse al Sistema de Interconexión Nacional (SIN) y acogiendo la Ley 1715 de 2014. Si hay excedentes se pueden entregar, incentivando la implementación de este tipo de sistemas. Para regular estos proyectos existe un marco legal que cubre procesos como la autogestión, beneficios tributarios, conexión al SIN y entrega de excedentes. En la Tabla 3 se presenta el marco legal regulatorio para la autogeneración de energía en el que se consideran aspectos técnicos, legales y tributarios.

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Tabla 3. Normas regulatorias de proyectos de energías renovables en Colombia.

Norma regulatoria	Objeto
Ley 1715 de 2014	Regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Interconectado Nacional.
Decreto 2469 de 2014	Establece lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración.
Decreto 1623 de 2015	Modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en cuanto a los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio.
Decreto 1073 de 2015	Expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.
Resolución 281 de 2015	Define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala.
Decreto 2143 de 2015	Reglamenta los requisitos para la obtención de los incentivos establecidos en la Ley 1715.
Resolución 2000 de 2017	Establece la forma y requisitos para presentar las solicitudes de acreditación para obtener la exclusión del IVA.
Decreto 348 de 2017	Adiciona al Decreto 1073 de 2015, la sección 4A, respecto a los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente.
Regulación 030 de 2018 (CREG)	Regula la autogeneración a pequeña escala y la generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional.
Resolución CREG 098 de 2019	Establece los mecanismos de incorporación de sistemas de almacenamiento (baterías) al Sistema Interconectado Nacional.
Resolución 060 de 2019	Realiza ajustes al Reglamento de Operación para la Conexión y Operación de Plantas Fotovoltaicas.
Resolución 40715 de 2019	Reglamenta el alcance de la obligación establecida en el artículo 296 de la Ley 1955 de 2019.
Decreto 829 de 2020	Reglamenta los plazos de los trámites a cargo de la UPME de la ley 1715 de 2014.
Resolución 203 de 2020	Establece los requisitos y el procedimiento para acceder a los beneficios tributarios en inversiones.
Resolución CREG 137 de 2020	Define la fórmula tarifaria general para establecer la remuneración de la prestación del servicio de energía fotovoltaica.
Resolución CREG 002 de 2021	Regula aspectos operativos y comerciales para incorporar a los autogeneradores a pequeña escala al Sistema Interconectado Nacional.
Ley 2099 de 2021	Dicta disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético y la reactivación económica del país.
Resolución 101008 de 2023 (CREG)	Permite la realización de convocatorias públicas exclusivas para compras de energía provenientes de fuentes no convencionales.
Ley 2294 de 2023	Expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.
RETIE	Reglamenta desde la perspectiva técnica-legal las instalaciones eléctricas.
NTC 1736	Define la nomenclatura asociada a la energía solar fotovoltaica.
NTC 2050	Establece los lineamientos técnicos para salvaguardar de los riesgos del uso de la electricidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de las citadas normas regulatorias.

5. HIPÓTESIS

La implementación de un sistema de energía solar en residencias del área rural de Chocontá es una alternativa viable para asegurar el suministro de la energía requerida utilizando una fuente de energía renovable y limpia.

6. VARIABLES

Se realizó una investigación que incluyó datos cualitativos y cuantitativos que permitieron definir la factibilidad de la implementación de un proyecto de energía fotovoltaica en los hogares del área rural del municipio de Chocontá con base en factores económicos, tecnológicos, sostenibles y ambientales.

6.1 Variables cualitativas nominales:

Fueron definidas las siguientes variables cualitativas nominales:

- Tipos de energías renovables: la electricidad se obtiene de fuentes consideradas inagotables. Se conocen también como energías no convencionales o energías alternativas, y son las más adecuadas para reducir la afectación negativa al medioambiente, son ilimitadas y se conocen como energías limpias (Murcia, 2009).
- Tipos de energía solar: la luz y el calor del sol se aprovechan en colectores térmicos y celdas fotovoltaicas, y se pueden transformar en energía eléctrica o térmica. Es una energía limpia, renovable (Murcia, 2009).
- Tipos de tecnologías solares: pueden ser pasivas como la utilizada en la arquitectura bioclimática o activas como los paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos (Murcia, 2009).

6.2 Variable cualitativa ordinal:

El grado de irradiación solar especificado para el área de Chocontá se tomó del mapa solar que contiene los datos sobre las mediciones directas de los diversos flujos de radiación que inciden y se emiten en la superficie del área de interés; por medio de instrumentos especializados como son los fotómetros y los piranómetros. Colombia cuenta con 71 estaciones radiométricas, 383 estaciones meteorológicas donde se realizan medidas rutinarias de brillo solar (UPME, 2023)

6.3 Variables cuantitativas discretas:

Las variables cuantitativas discretas se plasman en la Tabla 4 que se detalla a continuación y se listan los equipos que consumen energía eléctrica en un hogar:

Tabla 4. Variables cuantitativas discretas: equipos eléctricos.

Conceptos	Dimensiones	Variables
Consumo energético: equipos que consumen energía	Electrodomésticos	Nevera
		Televisor
		Lavadora
		Plancha
		Computador
		Impresora
		Videojuegos
		Horno Microondas
		Modem internet
		Decodificador Tv
		Horno convencional
	Iluminación	Habitaciones
		Zona social
		Baños
		Cocina
	Parqueadero	Parqueadero
		Calentador
	Calefacción	Calentador

Fuente. Elaboración propia.

6.4 Variables cuantitativas continuas:

Las variables cuantitativas continuas se plasman en la Tabla 5 que se detalla a continuación, indicando el tiempo de acceso al servicio, costo mensual pagado y el consumo efectuado en cada residencia.

Tabla 5. Variables cuantitativas continuas.

Utilización del servicio de energía eléctrica	No utiliza energía eléctrica
	Sí, conectado a red publica
	Sí, utilizando planta veredal
	Sí, Planta propia
Medidor	Sí
	No
Disponibilidad energía	Días
	Horas
Recibo de pago	Sí
	No
	No tengo
Valor pagado	Valor pagado (COP)
	Consumo KWh
Interrupciones eléctricas	Todos los días
	De dos a tres días a la semana
	De cuatro a cinco días a la semana
	menor frecuencia
	No tengo
Tiempo interrupciones	Horas
	Minutos

Fuente. Elaboración propia.

7. METODOLOGÍA

El enfoque dado a esta investigación es de carácter mixto. Inicialmente se realizó un proceso cualitativo con las siguientes fases:

- Fase 1: Investigación bibliográfica, consultando literatura y artículos científicos actuales sobre la energía solar y su utilización para generar energía eléctrica. La revisión de literatura académica se realizó utilizando la base de datos Scopus, concretamente, se aplicó la siguiente ecuación de búsqueda: “energy AND renewable OR fotovoltaic”, que incluyó las palabras claves más relevantes; esta ecuación de búsqueda se aplicó a las secciones título, resumen y palabras clave de las publicaciones. Además, se aplicaron los siguientes filtros: publicaciones en idioma inglés y español, y publicaciones en formato artículo original y de revisión. Posteriormente, se filtraron según su relevancia que se determinó con base en su contenido. También se consultó literatura gris en idioma inglés y español producida por instituciones gubernamentales, organizaciones, empresas y el gremio de la industria energética para complementar la presente caracterización. Fruto de esto, se determinó el marco legal regulatorio requerido para la implementación de un proyecto de generación de energía solar en un hogar del área rural del municipio de Chocontá, identificando las estrategias y estándares que es necesario cumplir para llevarlo a cabo.

- Fase 2: Se realizó una matriz DOFA, analizando la tecnología de generación de energía eléctrica haciendo uso de la energía fotovoltaica e identificando sus principales debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, para que sea factible de implementar en residencias rurales de Chocontá, Cundinamarca. Para esto, se tuvo en cuenta la información disponible en documentos como: Integración de las Energías Renovables No Convencionales en Colombia (MinEnergías, 2015); Inventario Nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero – Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático Colombia (IDEAM, 2016); Informe de Avances de los Proyectos de Generación Julio 2023 (UPME,2023).

- Fase 3: Se realizó el cálculo de paneles solares requeridos teniendo en cuenta el consumo de energía de los hogares y se desarrolló un análisis del costo de su implementación y puesta en marcha basados en la aplicación de un instrumento para la recolección de datos en la población de estudio.

Población

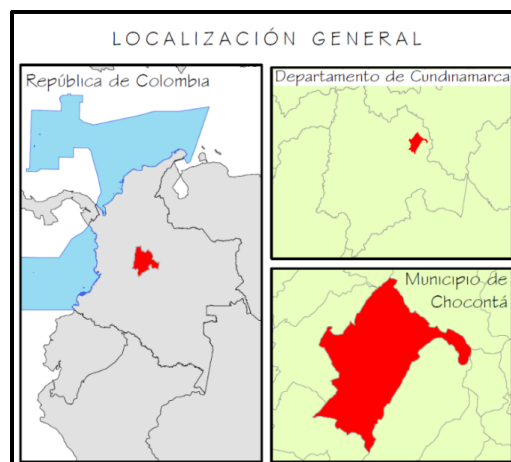
El municipio de Chocontá fue fundado el 6 de septiembre de 1538 por Tomás López, en predios de la vereda Pueblo Viejo; Chocontá en lengua Chibcha significa labranza del aliado bueno, que fue un asentamiento de los indios Zipas. En 1573 fue trasladado al área que aún ocupa y en 1854 fue sede presidencial y ejerció este cargo Tomás Herrera.

En Chocontá se desarrollan principalmente cultivos de papa, fresa, flores y ganadería, siendo la principal fuente de empleo para los habitantes tanto del casco urbano como del área rural. En la Figura 11 se observa la ubicación, a 75 Km de Bogotá y 60 Km de Tunja sobre la vía principal del país que es la ruta 55 conocida como la troncal central del norte. El clima es frío, con una temperatura promedio de 13 °C, y se presenta un clima lluvioso durante todo el año. El municipio de Chocontá se encuentra en la cuenca del río Bogotá y el río Garagoa, que recorre los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Casanare (CIDETER, 2023).

Según datos oficiales, Chocontá tiene 5.907 viviendas, con un 22,5 % de viviendas rurales, es decir, Chocontá tiene 1.329 viviendas rurales en 22 veredas que hacen parte del área de influencia del municipio (DANE, 2018).

En total, se realizaron 65 encuestas. Además, se analizó la información suministrada por la empresa de energía Proyectos Energéticos de Enel, que es la que suministra el servicio de energía en el área del municipio de Chocontá.

Figura 11. Mapa de localización del municipio de Chocontá.



Fuente: Tomado de CIDETER (2023).

Instrumento

El instrumento se tomó a partir de las encuestas previamente definidas de la Asociación de Energías Renovables, Ser Colombia (2019), la Encuesta Multipropósito, Bogotá Cundinamarca del DANE (2021) y el Plan de Acción Indicativo. Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PROURE) de MinEnergías (2021); la información incluida permite determinar las variables sociales y económicas que afectan a los encuestados, permitiendo la recopilación de información para apoyar la toma de decisiones teniendo en cuenta el suministro y utilización de energía eléctrica.

Se recolectó la información por medio de una encuesta que se aplicó a 65 hogares de la población rural del municipio de Chocontá; se consultó a la cabeza de familia por cada hogar. Por parte de las personas encuestadas, se presentó inicialmente rechazo a contestar la encuesta, indicando motivos de seguridad pública. Fue necesario ir a las veredas con personas reconocidas por las juntas locales.

La encuesta consta de las siguientes secciones:

- i. Caracterización de la vivienda: se identificó el tipo de estructura, si se trataba de casas, lotes (predio ubicado en una vereda delimitado, hace parte de una cuadra o conjunto de casas aledañas, posee una construcción de una habitación), finca y otro (casa con más de una habitación, y que hace parte de una cuadra o conjunto de casas, definido como casa lote); así como el tipo de construcción y los materiales con los que está hecha la residencia.
- ii. Miembros de la unidad familiar: se estableció también si en cada vivienda habitaba más de una familia, ya que debido a desplazamiento y migraciones se encontró que algunas viviendas estaban siendo compartidas.
- iii. Acceso a servicios públicos: se buscó establecer el tipo de servicios públicos y la cobertura en cada vivienda.
- iv. Costo de energía: para determinar la fuente utilizada en cada hogar, el consumo y gasto por esta energía.
- v. Conocimiento sobre energías renovables: se preguntó sobre el conocimiento de alternativas de energías renovables como energía solar, eólica o hidroeléctrica.

vi. Utilización de la energía: se determinó que uso se da a la energía en las viviendas, cuáles son los principales electrodomésticos utilizados y cuál es la fuente utilizada para cocinar como actividad de uso de energía.

La encuesta aplicada se puede consultar en el Anexo 1. El instrumento se montó en una tabla de cálculo de Microsoft Excel 2019, donde se dio valor numérico a cada respuesta en términos de frecuencias para el caso de variables cualitativas y valores absolutos para las variables cuantitativas, de manera que permitió calcular porcentajes y promedios con respecto a la población consultada.

8. TRABAJO DE CAMPO

8.1 Resultados

Caracterización de la vivienda y miembros de la unidad familiar

Según se observa en la Tabla 6, los hogares rurales encuestados del municipio de Chocontá presentan la siguiente caracterización: con respecto al tipo de vivienda, el 78 % de los hogares correspondían a tipo casa, el 17 % son lotes con unidad habitacional y están en el vecindario de las veredas, el 2 % son fincas y el 3 % (otro) que corresponde a terrenos más grandes que un lote, con casas, y se encuentran en el vecindario de las veredas consultadas. Se realizó una inspección verificando la existencia de áreas donde se podrían instalar los paneles, ya sea en el suelo o en el tejado.

Se determinó que el 74 % de los hogares encuestados corresponden a una sola familia y en el 26 % restante se ubican dos familias en la misma vivienda. Por su parte, los hogares compuestos por 3, 4 y 6 personas corresponden al 17 % cada uno, los hogares con 5 personas corresponden al 15 %, los hogares con 2 personas corresponden al 14 %, el 11 % corresponde a hogares de una sola persona y hogares compuestos por 7 y 8 personas corresponden al 5% cada uno.

El 57 % de las viviendas encuestadas constan de 3 habitaciones, el 23 % tienen 2 habitaciones, el 11 % 1 habitación y el 9 % 4 habitaciones. El 51 % cuentan con 2 baños y el 49 % cuentan con un solo baño. El 97 % tiene sala, el 100 % cuenta con comedor y cocina, el 32 % cuenta con bodega, y el 52 % con garaje.

Por otro lado, el 54 % de los hogares encuestados corresponde a vivienda propia, el 37 % vive en arriendo, el 5 % en administración, el 3 % es vivienda prestada y el 2 % compartida entre propietarios y arrendatarios. El 95 % de las viviendas son residenciales y el 5 % comparten la parte residencial con la comercial. El 82 % de las viviendas están construidas con bloque, ladrillo y cemento, el 14 % son prefabricadas y un 5 % están hechas en tapia, adobe o bahareque. El 88 % de los pisos son de baldosa o tableta y el 12% de los pisos están hechos en cemento o grava.

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Tabla 6. Resultados de la encuesta sobre caracterización de las viviendas.

		Caracterización de la vivienda															
		Vereda												Total			
		Pueblo viejo		Guanguita		Hato fiero		Retiro de blancos		Saucio		Agua caliente		Retiro de indios		Número	(%)
Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)				
Tipo de vivienda	Casa	7	70%	7	70%	5	50%	10	100%	8	80%	9	90%	5	50%	51	78%
	Lote	1	10%	2	20%	5	50%	0	0%	2	20%	1	10%	0	0%	11	17%
	Finca	0	0%	1	10%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	2%
	Otro	2	20%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	3%
Hogares en la vivienda	1	5	50%	6	60%	6	60%	10	100%	8	80%	8	80%	5	50%	48	74%
	2	5	50%	4	40%	4	40%	0	0%	2	20%	2	20%	0	0%	17	26%
	3	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	4	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Personas que componen el hogar	1	1	10%	0	0%	2	20%	1	10%	2	20%	1	10%	0	0%	7	11%
	2	1	10%	2	20%	1	10%	1	10%	1	10%	2	20%	1	10%	9	14%
	3	1	10%	1	10%	1	10%	2	20%	2	20%	2	20%	2	20%	11	17%
	4	1	10%	3	30%	2	20%	3	30%	1	10%	0	0%	1	10%	11	17%
	5	2	20%	2	20%	0	0%	2	20%	2	20%	2	20%	0	0%	10	15%
	6	1	10%	1	10%	4	40%	1	10%	1	10%	2	20%	1	10%	11	17%
	7	1	10%	0	0%	0	0%	0	0%	1	10%	1	10%	0	0%	3	5%
	8	2	20%	1	10%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	5%
Cuartos en el hogar	1 cuarto	1	10%	2	20%	2	20%	0	0%	1	10%	1	10%	0	0%	7	11%
	2 cuartos	3	30%	2	20%	3	30%	0	0%	3	30%	2	20%	2	20%	15	23%
	3 cuartos	4	40%	4	40%	5	50%	8	80%	6	60%	7	70%	3	30%	37	57%
	4 cuartos	2	20%	2	20%	0	0%	2	20%	0	0%	0	0%	0	0%	6	9%

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

		Caracterización de la vivienda															
		Vereda												Total			
		Pueblo viejo		Guanguita		Hato fiero		Retiro de blancos		Saucio		Agua caliente		Retiro de indios		Número	(%)
		Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)
Tipo de la vivienda	1 baño	5	50%	6	60%	7	70%	0	0%	4	40%	7	70%	3	30%	32	49%
	2 baños	5	50%	4	40%	3	30%	10	100%	6	60%	3	30%	2	20%	33	51%
	Sala	10	100%	10	100%	8	80%	10	100%	10	100%	10	100%	5	50%	63	97%
	Comedor	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	5	50%	65	###
	Bodega	0	0%	5	50%	3	30%	9	90%	0	0%	4	40%	0	0%	21	32%
	Cocina	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	5	50%	65	###
	Garaje	4	40%	6	60%	3	30%	10	100%	5	50%	6	60%	0	0%	34	52%
	Propia	4	40%	6	60%	4	40%	9	90%	5	50%	4	40%	3	30%	35	54%
	Arriendo	4	40%	4	40%	5	50%	1	10%	3	30%	5	50%	2	20%	24	37%
	Prestada	1	10%	0	0%	1	10%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	3%
Uso de la vivienda	Compartida	1	10%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	2%
	Administración	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	20%	1	10%	0	0%	3	5%
	Residencial	9	90%	10	100%	8	80%	10	100%	10	100%	10	100%	5	50%	62	95%
Material de la construcción	Comercial	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Resi. Y cial.	1	10%	0	0%	2	20%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	3	5%
	Bloque, ladrillo, madera	7	70%	9	90%	5	50%	10	100%	8	80%	9	90%	5	50%	53	82%
	Tapia, adobe, bahareque	1	10%	1	10%	0	0%	0	0%	0	0%	1	10%	0	0%	3	5%
	Tablón, Tabla	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Caracterización de la vivienda																
	Vereda														Total	
	Pueblo viejo		Guanguita		Hato fiero		Retiro de blancos		Saucio		Agua caliente		Retiro de indios		Número	(%)
	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)		
Material prefabricado	2	20%	0	0%	5	50%	0	0%	2	20%	0	0%	0	0%	9	14%
Guadua, otros vegetales	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Zinc, cartón, plásticos	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Baldosa, tableta, ladrillo	9	90%	9	90%	7	70%	10	100%	8	80%	9	90%	5	50%	57	88%
Material de los pisos																
Cemento, grava	1	10%	1	10%	3	30%	0	0%	2	20%	1	10%	0	0%	8	12%
Madera, tablas	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Tierra, arena	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%

Fuente: Elaboración propia.

Acceso a servicios públicos y costo de energía

Según se observa en la Tabla 7, el 100 % de los hogares rurales encuestados del municipio de Chocontá cuentan con acceso a agua potable, por medio de sus acueductos veredales y con servicio de alcantarillado y recolección de basuras una vez a la semana por parte del municipio. El 100 % está conectado a la red pública de energía, poseen medidores calibrados y cuentan con una disponibilidad del servicio del 99 %.

De las personas encuestadas en los hogares, el 37 % tenía disponible y mostraron los recibos de energía y el 63 % suministraron los datos del valor pagado sin mostrar los recibos, como se ve en la Tabla 8. El consumo promedio de energía en un hogar rural del municipio de Chocontá es de 131,7 KWh, que, de acuerdo con las tarifas de Enel, corresponde a un valor facturado de \$104.413 pesos colombianos (COP).

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Tabla 7. Resultados de la encuesta sobre acceso a servicios públicos.

		Vereda														Total	
		Pueblo viejo		Guanguita		Hato fiero		Retiro de blancos		Saucio		Agua caliente		Retiro de indios		Número	(%)
		Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)		
Suministro de agua consumo humano	Acueducto municipal	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Acueducto veredal	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	5	50%	65	100%
Alcantarillado	Sí	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	5	50%	65	100%
	No	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Manejo de basuras	Recolección municipal	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	5	50%	65	100%
	Conectado a la red pública	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	5	50%	65	100%
Posee medidor de energía	Sí	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	5	50%	65	100%
	No	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Disponibilidad de energía	Días	7	100%	7	100%	6,3	90%	7	100%	7	100%	7	100%	7	100%	6,9	99%
	Horas	24	100%	24	100%	24	100%	24	100%	24	100%	24	100%	24	100%	24	100%

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Tabla 8. Resultados de la encuesta sobre consumo y pago de energía eléctrica.

		Vereda														Total			
		Pueblo viejo		Guanguita		Hato fiero		Retiro de blancos		Saucio		Agua caliente		Retiro de indios		Número (%)			
		Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)		
Recibo de pago	Disponible	1	10%	0	0%	4	40%	6	60%	6	60%	60%	5	50%	2	20%	20%	24	37%
	No disponible	9	90%	10	100%	6	60%	4	40%	4	40%	40%	5	50%	3	30%	30%	41	63%
		Vereda														Promedio			
		Pueblo viejo		Guanguita		Hato fiero		Retiro de blancos		Saucio		Agua caliente		Retiro de indios		Valor (COP\$)			
Valor mensual facturado		Valor	(COP\$)	Valor	(COP\$)	Valor	(COP\$)	Valor	(COP\$)	Valor	(COP\$)	Valor	(COP\$)	Valor	(COP\$)	Valor	(COP\$)		
		\$ 82.752		\$ 70.400		\$ 80.731		\$ 127.983		\$ 120.132		\$ 124.240		\$ 124.652		\$ 104.413			
		Vereda														Promedio			
		Pueblo viejo		Guanguita		Hato fiero		Retiro de blancos		Saucio		Agua caliente		Retiro de indios		(KWh)			
Consumo mensual de energía		(KWh)		(KWh)		(KWh)		(KWh)		(KWh)		(KWh)		(KWh)		(KWh)			
		104,3		88,8		101,8		161,4		151,5		156,7		157,2		131,7			

Fuente: Elaboración propia.

Conocimiento sobre energías renovables

Según se observa en la Tabla 9, las personas encuestadas han oído hablar de paneles de energía solar en un 89 %, de energía hidroeléctrica el 63 % y de energía eólica el 17 %. El 3 % de las personas encuestadas están dispuestas a asumir los costos de implementar un sistema de generación de energía con paneles solares y el 97 % indican que no están dispuestas. El 66 % indica que no tienen los recursos económicos para asumir esta inversión, el 9 % no ve la necesidad y el 25 % indica que es debe ser una inversión a cargo del estado.

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Tabla 9. Conocimiento de energías renovables y disponibilidad de pago.

		Vereda												Total					
		Pueblo viejo		Guanguita		Hato fiero		Retiro de blancos		Saucio		Agua caliente		Retiro de indios		Número	(%)		
		Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Numero	(%)	Numero	(%)				
Conocimiento	Paneles energía solar	10	100%	9	90%	10	100%	10	100%	9	90%	90%	10	100%	0	0%	0%	58	89%
	Energía eólica	0	0%	1	10%	0	0%	8	80%	0	0%	0%	0	0%	2	20%	20%	11	17%
	Centrales hidroeléctricas	3	30%	8	80%	8	80%	10	100%	8	80%	80%	4	40%	0	0%		41	63%
Disponibilidad a pagar	Sí	0	0%	1	10%	0	0%	1	10%	0	0%	0%	0	0%	0	0%	0%	2	3%
	No	10	100%	9	90%	10	100%	9	90%	10	100%	100%	10	100%	5	50%	50%	63	97%
Razón para no pagar	Dinero insuficiente	6	60%	7	70%	6	60%	7	70%	7	70%	70%	6	60%	4	40%	40%	43	66%
	No se necesita	2	20%	0	0%	0	0%	3	30%	0	0%	0%	1	10%	0	0%	0%	6	9%
	Responsabilidad estado	2	20%	3	30%	4	40%	0	0%	3	30%	30%	3	30%	1	10%	10%	16	25%

Fuente: Elaboración propia.

Utilización de energía

En la Tabla 10 se observan los principales usos que se da en los hogares a la energía eléctrica; se utiliza como fuente de iluminación en el 100 % de los hogares, con un promedio diario de uso de 5,4 horas, aunque se cuenta con acumuladores tipo linternas en el 92 % de los hogares. Todos los hogares encuestados cuentan con televisión y nevera. Las estufas funcionan en 60 % con gas natural, un 31 % con gas propano y un 6 % cocinan con leña y carbón. El 32 % de los hogares utiliza el horno para preparar alimentos, de estos el 67 % utilizan horno eléctrico, el 19 % horno con gas propano y el 14 % con gas natural.

Con los datos obtenidos, se realizó el cálculo de los requerimientos de paneles solares y se solicitó a empresas que suministran el diseño, montaje y arranque de los paneles solares, obteniendo los siguientes resultados:

Consumo de energía: todos los hogares consultados cuentan con energía eléctrica, la cual es suministrada por el operador Enel, los hogares cuentan con contador, las encuestas se realizaron en el mes de Julio 2023, la tarifa aplicada en los hogares rurales corresponde al estrato 1 (E1), 798.5036 (COP/KWh), como se aprecia en la Tabla 11

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Tabla 10. Usos de la energía eléctrica en los hogares.

		Vereda												Total			
		Pueblo viejo		Guanguita		Hato fiero		Retiro de blancos		Saucio		Agua caliente		Retiro de indios		Número	(%)
		Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Número	(%)	Numero	(%)	Numero	(%)		
	Energía eléctrica	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	5	100%	65	100%
Fuente de iluminación	Horas de utilización	6,6	28%	5,8	24%	4,4	18%	5,4	23%	5,2	22%	5,1	21%	5,6	23%	5,4	23%
	Acumuladores	10	100%	7	70%	8	80%	10	100%	10	100%	10	100%	5	50%	60	92%
Televisor		10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	5	100%	65	100%
Nevera		10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	10	100%	5	100%	65	100%
	Gas natural	8	80%	2	20%	1	10%	10	100%	4	40%	9	90%	5	100%	39	60%
	Gas propano	2	20%	7	70%	7	70%	0	0%	4	40%	0	0%	0	0%	20	31%
Estufa	Carbón y leña	0	0%	1	10%	2	20%	0	0%	2	20%	1	10%	0	0%	6	9%
	Sí	1	10%	1	10%	1	10%	9	90%	3	30%	5	50%	1	20%	21	32%
	No	9	90%	9	90%	9	90%	1	10%	7	70%	5	50%	4	80%	44	68%
Horno	Gas natural	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	33%	2	40%	0	0%	3	14%
	Gas propano	0	0%	0	0%	1	100%	0	0%	0	0%	3	60%	0	0%	4	19%
	Energía eléctrica	1	100%	1	100%	0	0%	9	100%	2	67%	0	0%	1	100%	14	67%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Tarifas de energía eléctrica en el municipio de Chocontá.

Áreas comunes nivel de tensión 1		
Modalidad (todo consumo)	Propiedad de Enel colombia (\$/kwh)	Propiedad del cliente (\$/kwh)
E1	798.5036	744.3615
E2	798.5036	744.3615
E3	798.5036	744.3615
E4	798.5036	744.3615
E5 Y E6, Industrial Y Comercial	958.2043	893.2338
Exenta De Contribución	798.5036	744.3615

Fuente: Enel (2023).

8.2 Propuesta de instalación de energía fotovoltaica

Cálculo de consumo de energía

Con los datos de la encuesta se tiene que, en promedio, las viviendas del área rural de Chocontá tienen un consumo de 132 KW/h al mes. Con el dato del consumo mensual de energía se determina cuántos paneles se requieren para cubrir la demanda de energía según la ecuación siguiente:

$$\# \text{ Paneles solares} = \frac{\left(\frac{\text{consumo de la vivienda}}{\text{recurso solar}} \right)}{\left(\frac{\text{potencia del panel}}{1000} \right)}$$

Consumo promedio de la vivienda: 132 KW/h; considerando un recurso solar de 120 (valor constante, adimensional tomado de Senergysol (2021), para Cundinamarca y Boyacá).

Cálculo de paneles solares

Teniendo en cuenta las especificaciones de potencia que se encuentran en el mercado, que van de 550 W a 340 W, el cálculo teórico indica que se requiere entre 2 y 3 paneles solares (Tabla 12); de las empresas consultadas, una indica que se requieren 4 paneles de 545 W y otra indica que se requieren 2 paneles (Ver Anexos 2 y 3).

Tabla 12. Cálculo de paneles solares.

Potencia (W)	Voltaje (V)	#Paneles
550	24	2
545	24	2
540	24	2
455	24	2
445	24	2
380	24	3
340	24	3

Fuente: Elaboración propia.

Costos iniciales

Para la cuantificación de los costos de la implementación del sistema de suministro de energía por medio de paneles fotovoltaicos, se debe identificar los principales elementos que lo componen:

- Paneles fotovoltaicos: conformados por células fotovoltaicas de silicio monocristalino de alta eficiencia, que genera energía con radiación solar, garantizando una generación comprendida durante todo el día.
- Controlador: Es un equipo que regula la cantidad de energía eléctrica que llega de los paneles a la planta, impidiendo una sobrecarga por excedencia de radiación solar.
- Inversor: equipo que transforma la energía eléctrica de los paneles solares y energía eléctrica utilizable. La energía eléctrica que proveen los paneles solares es continua, la mayor parte de los electrodomésticos en una vivienda trabajan con corriente alterna.
- Batería: equipos que almacenan la energía eléctrica cuando no está disponible. Son indispensables para utilizar la energía en la noche.

En la Tabla 13 se muestran los resultados de las cotizaciones recibidas por parte de dos empresas proveedoras de paneles (Emergente y Autosolar). Se indica que se requiere una inversión inicial de entre \$15.000.000 y \$18.000.000 de pesos. A ello se debe adicionar los costos de transporte, instalación y puesta en marcha por un valor aproximado de \$2.000.000 (Ver Anexos 2 y 3).

Tabla 13. Costos de implementación de paneles fotovoltaicos.

Consumo promedio encuestas (KWh) 132		
Pago factura mes promedio (COP) \$104.413		
Empresa	Emergente	Autosolar
Paneles	2	4
W/V panel solar		545/24
Tipo		Monocrystalino
Batería		GEL 12V 250Ah 4
Área necesaria (m2)	5	
Capacidad (KWp)	1.1	
Generación anual aproximada (kWh)	1.395	
Instalación, montaje y puesta en operación		\$ 1.700.000
Transporte		\$ 460.000
Valor del proyecto	\$ 15.655.000	\$ 18.528.174

Fuente: Elaboración propia.

Tasa interna de retorno

La empresa Emergente realizó el análisis financiero teniendo en cuenta indicadores como la tasa interna de retorno (TIR) y se considera el retorno de la inversión entre 7 y 8 años (ver Tabla 14).

Tabla 14. Tasa interna de retorno.

Ahorro anual aproximado	\$ 2.147.000
TIR	15.75%
Retorno inversión	7-8 años

Fuente: Emergente (2023).

9. DISCUSIÓN

Considerando las condiciones dadas por la crisis debido al cambio climático y el calentamiento global derivado del uso de combustibles fósiles, la utilización de paneles solares fotovoltaicos es una alternativa adecuada para el abastecimiento energético en los hogares de áreas rurales; este sistema de energía se considera viable, teniendo en cuenta la radiación solar del municipio de Chocontá en Cundinamarca, ya que cuenta con valores de radiación en un intervalo de 4 a 4,5 KWh/m² (Global Solar Atlas, 2022).

Un sistema fotovoltaico puede proveer la potencia eléctrica requerida para suplir los requerimientos energéticos de una residencia, aportando beneficios económicos y generando un impacto ambiental positivo. El Plan Energético Nacional 2020-2050 (PEN, 2020) define la disponibilidad de recursos energéticos locales como uno de los desafíos que tenemos que enfrentar para conseguir la confiabilidad requerida, teniendo en cuenta las fuentes no convencionales para diversificar la matriz energética se espera que la energía solar alcance un 8 % del aporte requerido. (PEN, 2020). Las instalaciones fotovoltaicas pueden ser autónomas (sin conexión a red), que son utilizadas normalmente para suplir una unidad específica que requiere energía, como una residencia en el área rural.

Una instalación fotovoltaica está compuesta, en primer lugar, por un conjunto de paneles o celdas (módulo fotovoltaico) que toman la energía solar y la convierten en energía eléctrica continua, la cual es transportada al regulador de carga, dispositivo encargado de regular sobrecargas de energía, y luego transporta la energía a un convertidor por lo general de 12 Vcc/220 Vca con el fin de suministrar corriente a los aparatos eléctricos, elementos que son factibles de instalar en una residencia rural en el área de Chocontá

El MinEnergías ha desarrollado una regulación para incentivar el aprovechamiento de fuentes de energía renovables no convencionales como es la utilización de celdas fotovoltaicas para la generación de energía eléctrica, aunque se ha priorizado el área industrial.

El análisis DOFA realizado (Tabla 12) muestra que el área de Chocontá, en Cundinamarca, Colombia posee un alto potencial para implementar la industria fotovoltaica ya que cuenta con la radiación adecuada para que funcionen eficientemente los sistemas fotovoltaicos, siendo una alternativa de suministro de energía confiable en el área rural (MinEnergías, 2015).

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Tabla 15. Matriz DOFA sobre la utilización de la energía fotovoltaica.

<p>Matriz DOFA la tecnología de generación de energía eléctrica haciendo uso de la energía solar</p>	<p>Fortalezas (F):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es una alternativa de energía renovable con incentivos económicos para los inversionistas. - En Colombia la industria fotovoltaica está respaldada por tecnologías de China y Estados Unidos. - La industria del sector se encuentra implementando parques de energía alternativa, lo cual hace que se fortalezca su visibilidad y posición en el país. - Los sistemas fotovoltaicos no dependen de ninguna compañía que suministre energía. - El territorio nacional en general es apto durante todo el año para el desarrollo de proyecto fotovoltaicos. 	<p>Debilidades (D):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta oferta de la tecnología fotovoltaica en áreas urbanas y poca en el área rural. - Para el óptimo funcionamiento del sistema se requiere de un área específica donde pueda ser instalada. - Altos Costos de instalación en áreas rurales. - La población no cuenta con suficiente información sobre este tipo de recurso. - El área rural generalmente cuenta con menos recursos económicos para su implementación.
<p>Oportunidades (O):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Existen incentivos de créditos para acceder a invertir en este tipo de tecnología. - El intercambio tecnológico con empresas internacionales. - Establecer programas de información sobre el cambio climático y el beneficio de la energía solar en las áreas rurales. - La demanda energética de los hogares rurales puede ser cubierta por celdas fotovoltaicas. - La utilización de paneles solares es más eficaz en áreas lejos de los cascos urbanos. 	<p>Estrategia FO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aprovechar los incentivos económicos del gobierno, para obtener pre estamos que permitan implementar los paneles fotovoltaicos. - Implementar tecnologías de punta con intercambios tecnológicos que ofrecen los países especializados en energía solar como China, Estados Unidos. - Solicitar apoyo a la empresa privada que ha ejecutado proyectos solares para que sirvan de modelo en la divulgación de los beneficios y su efecto para reducir el efecto del cambio climático. - Divulgar el beneficio sobre la gratuidad de la energía solar. - Las áreas rurales van a contar con energía limpia, confiable y de muy bajo costo al utilizar los paneles solares. 	<p>Estrategia DO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aprovechar los incentivos económicos del gobierno, para n implementar los paneles fotovoltaicos en las áreas rurales. - Las nuevas opciones tecnológicas ofrecen una gama de paneles mas para instalar. - Establecer convenios con las administraciones locales para disminuir los costos de instalación por volumen de proyectos. - Realizar campañas de divulgación con los beneficios de implementar el consumo de energías limpias

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

<p>Amenazas (A):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia al cambio por parte de la población y la industria energética. - Se continúa en la fase de prueba y se ha retrasado la fase de innovación en diseños y mejora de los componentes fotovoltaicos. - Gran dependencia de los combustibles fósiles. - Se identificaron las alternativas de producción de energía eléctrica por métodos existentes, basados en fuentes de información disponibles y los requerimientos de irradiación solar necesarios para cada uno vs. la irradiación solar disponible en el área del municipio de Chocontá. Las fuentes de energía solar alternativa más utilizadas son las celdas fotovoltaicas y la generación térmica. 	<p>Estrategia FA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar campañas de divulgación de beneficios económicos y de sostenibilidad al implementar los paneles fotovoltaicos en los hogares. - Con las alcaldías capacitar personal en tecnologías actualizada y especializada en energías renovables. especializados en energía solar como China, Estados Unidos. - Divulgación de los beneficios de disminuir el efecto climático al utilizar energías renovables. - Divulgar los resultados de proyectos ya instalados en áreas rurales que cuentan con energía limpia, confiable y de muy bajo costo al utilizar los paneles solares. 	<p>Estrategia DA:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Divulgar en el área rural los incentivos económicos del gobierno, para implementar los paneles fotovoltaicos en las áreas rurales. - Establecer un convenio con la empresa generadora de energía para que divulgue las nuevas opciones de paneles fotovoltaicos. - Dado los altos costos de los combustibles fósiles, reforzar la información sobre la gratuidad de la energía solar una vez se haya realizado la inversión inicial.
--	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de aplicar la encuesta en la muestra de hogares rurales del municipio de Chocontá, se evidenció que cuentan con acceso a los servicios públicos básicos como son:

- Acueducto: el abastecimiento de agua potable en las veredas donde se realizó la encuesta es suministrado por medio de acueductos veredales comunitarios, administrados por las juntas locales.
- Alcantarillado y aseo: el manejo de las aguas residuales domesticas se hace por medio de pozos sépticos. La recolección de las basuras se hace una vez a la semana por parte de la empresa de aseo de Chocontá.
- Gas: El suministro de gas se hace por medio de la red local de gas natural y se cuenta con el servicio de adquisición de cilindros de gas.
- Energía eléctrica: En las veredas donde se realizó la encuesta se cuenta con una cobertura total por parte de la empresa Enel; en algunas veredas se evidenciaron postes en mal estado generando riesgo de dejar algún área sin el servicio en caso de falla. El área rural está clasificada como estrato 1; y recibe un subsidio del 60 % de su costo por parte del gobierno.

Aunque se observó que el 89 % de las personas han oído hablar de los paneles solares, la razón por la cual las personas encuestadas no refieren interés de instalar otra fuente de energía es por no perder este subsidio del 60 % del valor facturado, que es asumido por el gobierno y la falta de información referente a los beneficios ambientales de su implementación por encima del factor económico.

Por la infraestructura de la construcción, las casas son aptas para la implementación de los paneles solares, ya que cuentan con espacio en sus techos y/o áreas aledañas donde se pueden instalar.

El consumo de energía se ve afectado por factores como el número de hogares habitando la vivienda; en el 17 % de las viviendas hay dos hogares debido a fenómenos como el desplazamiento y la migración; el número de personas que conforman cada hogar también afecta el consumo de energía, ya que se encuentran hogares con 6 personas en el 17 % de las viviendas. El número de habitaciones también afecta el consumo siendo que en el 57 % de las viviendas hay tres habitaciones y dos baños.

La implementación de los paneles solares también está afectada por el factor que indica que el 54 % de los hogares están habitados por sus dueños, quienes serían beneficiados directamente por la implementación del proyecto. Los arrendatarios no están interesados en hacer una inversión en un predio que no les pertenece.

Los habitantes del área rural en Chocontá no están informados de los avances en materia de transformación energética y por ello se requiere de un proyecto de divulgación y socialización de estas energías, con el objeto de hacerlos responsables de la transformación energética, que los lleve a conseguir recursos de inversión privada que financien el proyecto de instalación de paneles solares en sus hogares.

Los incentivos tributarios como el que se establece en la Ley 1715 de 2014, que considera la renta exenta del 50 %, hace que este tipo de proyectos sea atractivo para que los patrocine la empresa privada.

Un proyecto de implementación de paneles solares en un hogar requiere solo la inversión inicial, ya que las empresas consultadas indicaron que capacitan al usuario en el mantenimiento de los paneles que no requiere un conocimiento especializado, y la captación de la energía solar no tiene costo.

10. CONCLUSIONES

La energía fotovoltaica en Colombia es una fuente alternativa limpia como respuesta a los requerimientos frente a la conservación del medioambiente, cambio climático y la contaminación por el efecto invernadero teniendo en cuenta que es un país privilegiado por su situación geográfica.

Implementar tecnologías fotovoltaicas actualmente es costoso, se puede proyectar a largo plazo a medida que evolucionan las tecnologías.

El mercado actual de la industria fotovoltaica requiere más desarrollo tecnológico que mejore los diseños y construcción de sus componentes que permita contar con precios más exequibles.

El impacto ambiental de los proyectos fotovoltaicos se presenta como una solución a los problemas ambientales.

Es viable la implementación de energía solar en los hogares del área rural del municipio de Chocontá. Aunque los costos son altos en la instalación, presenta grandes beneficios de adquisición y producción en el área ambiental. La instalación de paneles fotovoltaicos es la mejor opción para la generación de energía en la zona rural del municipio de Chocontá utilizando fuentes renovables.

La industria fotovoltaica tiene la oportunidad de fomentar la utilización de energías limpias en las áreas rurales garantizando la confiabilidad en el suministro de la energía.

Es una energía que una vez se alcance el retorno de la inversión, no representara costo al hogar que la implemente.

Los costos decrecientes de la tecnología de los paneles solares, la vuelve atractiva para su implementación, donde se pueden unir varios interesados y crear un pequeño sistema de autogeneración en una vereda, permitiendo que los hogares generen su propia energía, reduciendo el riesgo de estar sometidos a los incrementos del costo de la energía eléctrica y generando menores impactos ambientales.

11. TRABAJO FUTURO

Concientizar a la población sobre los beneficios de los proyectos fotovoltaicos y promover el uso racional de la energía.

Realizar campañas para divulgar los beneficios de las energías limpias en áreas rurales.

Estimular la investigación y el desarrollo en energía fotovoltaica y promover la colaboración tecnológica.

Buscar apoyo de la empresa privada y modelos exitosos de proyectos solares.

Establecer convenios con administraciones locales para disminuir costos de instalación.

Ofrecer incentivos económicos a la población rural que adopte sistemas fotovoltaicos.

Implementar capacitaciones sobre eficiencia energética y promover el cambio a equipos de bajo consumo.

Aprovechar incentivos gubernamentales para financiar la instalación de paneles fotovoltaicos.

Reforzar la información sobre los beneficios a largo plazo de la energía solar frente a los combustibles fósiles.

REFERENCIAS

- Abdolzadeh, M., Amere, M., Mehrabian, M.A. (2011). Effects of Water Spray Over the Photovoltaic Modules on the Performance of a Photovoltaic Water Pumping System under Different Operating Conditions. Islamic Azad Univ, Coll Engn, Dept Mech Engn, Kerman Branch, Kerman, Iran. <https://www-webofscience-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/wos/woscc/full-record/WOS:000291463400007>
- Acero, J., y Puentes, H. (2019). Guía metodológica para la implementación y selección de paneles solares fotovoltaicos para edificios y viviendas en la ciudad de Bogotá D.C. [Trabajo de grado, Universidad la gran Colombia].
- Asociación de Energías Renovables, Ser Colombia (2019). Encuesta sobre energías renovables.
- Austermühle, S. (2015). Sostenibilidad y ecoeficiencia en la empresa moderna. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Bayod Rújula, Á. A. (2009). Energías renovables: sistemas fotovoltaicos. Prensas de la Universidad de Zaragoza. <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/ereader/bibliotecaean/41940?page=14>
- Belda Hériz, I. (2018). Economía circular: un nuevo modelo de producción y consumo sostenible. Editorial Tébar Flores.
- Bueno, M., Flórez, V., y Vallejo, L. (2019). Promoción de soluciones energéticas en el sector rural colombiano: una oportunidad para el desarrollo y la sostenibilidad energética de las regiones. Red colombiana de ingeniería y desarrollo social. <https://www.researchgate.net/publication>
- Cabrera, A., Bullich, E., Aragues, M., Gomis, O. (2016). Topologies for large scale photovoltaic power plants. Catalonia Institute for Energy Research, IREC, Jardins de les Dones de Negre.
- Castrillón-Mendoza, R., Manrique-Castillo P.A., Rey-Hernández, J.M., Rey-Martínez, F.J., González-Palomino, G. (2020). PV Energy Performance in a Sustainable Campus. Universidad Autónoma Occidente, Dept Energy & Mech. Cali.

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, una oportunidad para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas, Santiago de Chile. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglcfindmkaj/https://repositorio.cepal.org.
- Compañía de Desarrollo Territorial. (2023). Revisión general del plan básico de ordenamiento territorial POBT Municipio de Chocontá, Cundinamarca. Documento diagnóstico.
- Compañía de Desarrollo Territorial. (2023). Revisión general del plan básico de ordenamiento territorial POBT Municipio de Chocontá, Cundinamarca. Cambio Climático.
- Concejo Nacional de política económica y social – Conpes 3918. (2018). Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Colombia.
- Contreras R. y Messina D. (2019) Sostenibilidad energética en américa latina y el caribe. Comisión económica para américa latina y el Caribe.
- Contreras, W., Galban, M., y Sepúlveda, S.B., (2018). Análisis Estadístico de la radiación solar en la ciudad de Cúcuta. Entre Ciencia e ingeniería.
- Comisión de Regulación de Gas y Energía. (2023). Quienes somos.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2021). Encuesta multipropósito Bogotá, Cundinamarca
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2022). Reporte de avance de Indicadores ODS priorizados: Primer semestre de 2022.
- Díaz, T., Carmona, G. (2010) Instalaciones solares Fotovoltaicas McGraw-Hill Interamericana de España, SL.
- Departamento Nacional de Planeación (2023). El Plan Nacional de Desarrollo Marca la ruta de la transición energética del país.

- Duque, I. y Mesa, D. (2021). Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia. Ministerio de minas y energía. Bogotá, Colombia.
- Duarte, J. Orjuela, S. y Torregroza, A. (2023). Innovative Technology strategies for the sustainable development of self-produced energy in the colombian industry. Sustainability. Enel. (2023).
- ENERGYDATA.INFO. (2022) Global Solar Atlas – Colombia.
- Gobierno de Colombia. (2021). Transición energética: un legado para el presente y futuro de Colombia.
- Galvis-Villamizar, D.N., Duque-Suárez, O.M. & Gómez-Camperos, J.A. (2022) Photovoltaic solar energy in Colombia. Int J Syst Assur Eng Manag 13.
- González, J. Energías renovables. ed. Barcelona: Editorial Reverté, 2015. 670 p.
- He, Y.X., Che, Y.R., Lyu, Y., Lu, Y., Zhang, Y. (2022). Social benefit evaluation of China's photovoltaic poverty alleviation project. North China Elect Power Univ. Sch Econ & Management. Beijin. Peoples R China.
- Hernández, L. Gallardo, S., Alonso, V., A review of photovoltaic systems: Designs, operation, and maintenance. Departments of Agricultural Engineering and Forestry and Physics, University of Valladolid.
- Luna, C., Moreno, Ricardo., Mulcúe, Luis y Jiménez, F., (2021). Potencial of photovoltaic generation in the Putumayo departmen of Colombia. Applied science.11.
- Hongo, S. (2014). Modelo de cooperación energética entre China y América Latina. Revista problemas del desarrollo, 176 (45), enero-marzo 2014. Recuperado el 16 de agosto 2023 de ScienceDirect. Biblioteca universidad Ean.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2016). Inventario nacional y departamental de gases efecto invernadero – Colombia.
- Jarauta, L. (2012). Les energies renovables. Editorial UOC.

- Madeti, S., Singh, S., 2018. Monitoring system for photovoltaic plants: A review. Alternate Hydro Energy Centre, Indian Institute of Technology Roorkee
- Makki, A., Siddig, O., Sabir, H. (2014). Advancements in hybrid photovoltaic systems for enhanced solar cells performance. Institute of Sustainable Energy Technology, Department of Architecture and Built Environment, University of Nottingham
- Melo, M., Zarta, M. (2022). Sostenibilidad y ecoeficiencia: un modelo regional empresarial con una visión global (Colombia). Revista internacional de humanidades.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022). Política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos y plan de acción 2022-2030.
- Ministerio de Minas y Energía (2015). Fuentes no convencionales de energía renovable.
- Ministerio de Minas y Energía (2021). Plan de acción indicativo, Programa de uso racional y eficiente de energía (PROURE).
- Ministerio de Minas y Energía (2021). Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia. Ministerio de Minas y Energía
- Mohamed, N., Itam, Z., Leong, W., Syamsir, A., Sustainable Development Perspectives of a Solar Energy Technologies with Focus on Solar Photovoltaic – A Review. Civil Engineering Department, College of Engineering, Universiti Tenaga Nasional, Jalan.
- Mulcue-Nieto, L.F., Echeverry-Cardona, L.F., Restrepo-Franco, A.M., García-Gutiérrez, G.A., Jiménez-García F.N., Mora-López, L. (2021). Energy performance assessment of monocrystalline and polycrystalline photovoltaic modules in the tropical mountain climate: The case for Manizales-Colombia. Universidad Autónoma de Manizales.
- Murcia, H. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. Revista de ingeniería, 28, Universidad de los Andes. Bogotá.
- Organización de las Naciones Unidas (2015). Informe de los objetivos de desarrollo sostenible 2015.
- Raufflet, E., Barrera Duque, E., García de la Torre, C., Lozano Aguilar, J., Portales Derbez, L. (2017). Responsabilidad, ética y sostenibilidad empresarial. Pearson Educación.

Rodríguez, H. (2019). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. Open journal systems. Universidad de los Andes. 28 (48).

Rodríguez-Urrego, D., Rodríguez-Urrego, L. (2018). Photovoltaic energy in Colombia: Status, inventory, policies, and prospects. Universidad Católica de Colombia y Universidad EAN

Rodríguez, D.(2017). Energía solar en el municipio de Cundinamarca. (Trabajo de grado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.

Syafiq, A., Pandey, A.K., Adzman, N.N., Abd Rahim, M. (2018). Advances in approaches and methods for self-cleaning of solar photovoltaic panels. Univ Malaya, UMPEDAC, Kuala Lumpur, Malaysia.

Senergysol. (2023). Energia solar natural y sostenible. Energia fotovoltaica.

Unidad de Planeación Minero-Energética (2023), Atlas de radiación solar de Colombia.

Unidad de Planeación Minero-Energética (2023). Informe de avance proyectos de generación de energía Julio 2023.

Unidad de Planeación Minero-Energética (2023). Con asignación de 7.493 MW de solicitudes de conexión de proyectos de generación de energía eléctrica, Gobierno Nacional habilita Transición Energética Justa.

Unidad de Planeación Minero-Energética (2015), Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia.

Unidad de Planeación Minero-Energética (2020). Plan energético nacional 2020-2050. MinMinas.

Anexo 1. Encuesta para recolectar datos y determinar la tendencia del consumo

Esta encuesta se soportó en los siguientes documentos:

- Asociación Energías Renovables, SER Colombia (2019). Encuesta sobre Energías Renovables.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2021). Encuesta Multipropósito, Bogotá, Cundinamarca.
- MinEnergías (2021). Plan de Acción Indicativo. Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (PROURE).

Ficha técnica de la encuesta aplicada:

Población	65 de las 1.329 viviendas rurales que pertenecen al municipio de Chocontá, Cundinamarca.
Método para utilizar	Encuesta personal
Fecha de trabajo	Julio 2023
Elaboración	Propia

Nombre de la persona que hace la encuesta:

Fecha de la encuesta:

Día

Mes

Año

Identificación de la vivienda

1. Nombre de la persona que contesta la encuesta

2. Ubicación de la vivienda

Vereda:

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Caracterización de la vivienda

3. Tipo de vivienda

Casa

Lote

Finca

Otro:

¿Cuál?

4. ¿Cuántos hogares residen en la vivienda? (Familiares o no)

5. ¿Cuántas personas componen el hogar?

6. ¿Por favor indique el número de cuartos del hogar?

Sala

Cocina

Comedor

Baño

Habitaciones, dormitorios

Garaje

Bodega

Otro

7. La vivienda es:

Propia

Arriendo

Prestada

Compartida

En administración

8. El uso de la vivienda es:

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Residencial	<input type="checkbox"/>
Comercial	<input type="checkbox"/>
Residencial y comercial	<input type="checkbox"/>
Otro	<input type="checkbox"/>

9. El material predominante en la construcción de la vivienda es:

Bloque, ladrillo, madera	<input type="checkbox"/>
Tapia, adobe, bahareque	<input type="checkbox"/>
Tablón, Tabla	<input type="checkbox"/>
Material prefabricado	<input type="checkbox"/>
Guadua, otros vegetales	<input type="checkbox"/>
Zinc, cartón, plásticos	<input type="checkbox"/>

10. El material de los pisos es:

Baldosa, tableta, ladrillo	<input type="checkbox"/>
Cemento, grava	<input type="checkbox"/>
Madera, tablas	<input type="checkbox"/>
Tierra, arena	<input type="checkbox"/>

Acceso a servicios públicos

11. Suministro de agua para consumo humano

Acueducto municipal	<input type="checkbox"/>
Acueducto veredal	<input type="checkbox"/>
Pozo con motobomba	<input type="checkbox"/>
Aljibe	<input type="checkbox"/>
Agua lluvia	<input type="checkbox"/>

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Agua en botella o bolsa	<input type="checkbox"/>
Rio, quebrada, pila	<input type="checkbox"/>
Carrotanque	<input type="checkbox"/>

12. ¿La vivienda cuenta con alcantarillado?

Si	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

13. Manejo de las basuras

Sistema de recolección de basuras	<input type="checkbox"/>
Entierran la basura	<input type="checkbox"/>
Queman la basura	<input type="checkbox"/>
La tiran a un patio o lote	<input type="checkbox"/>
La tiran a un rio, quebrada o laguna	<input type="checkbox"/>

Uso de energía

14. ¿La vivienda utiliza servicio de energía eléctrica?

No utiliza energía eléctrica	<input type="checkbox"/>
Sí, conectado a red publica	<input type="checkbox"/>
Sí, utilizando planta veredal	<input type="checkbox"/>
Sí, planta propia	<input type="checkbox"/>

15. ¿Cuenta con medidor de energía?

Sí	<input type="checkbox"/>
No	<input type="checkbox"/>

16. ¿Cuántos días a la semana tiene servicio de energía eléctrica?

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Días

17. ¿Cuántas horas al día tiene servicio de energía eléctrica?

Número de horas al día

18. ¿Podría facilitarnos un recibo reciente de pago de energía eléctrica?

Sí
No
No tengo, pago una cuota

Pase pregunta 20.

19. Datos del recibo suministrado:

Valor pagado: Col\$
Consumo en KWh
Promedio últimos 6 meses KWh
Estrato socioeconómico

20. ¿Podría decirnos cuanto pago por el servicio el último mes o un mes que recuerde?

Valor pagado Col\$

21. En una semana normal ¿con qué frecuencia se presentan interrupciones del servicio de energía eléctrica?

Todos los días
De dos a tres días a la semana
De cuatro a cinco días a la semana
Interrupciones con menor frecuencia
No tengo interrupciones

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

22. Indique ¿en promedio de cuánto tiempo son las interrupciones?

Horas

Minutos

Energías renovables

23. ¿Ha oído hablar de alguno de estos sistemas de energía?

Paneles solares

Energía eólica

Centrales Hidroeléctricas

24. ¿De contar con alguno de estos sistemas en su hogar, estaría dispuesto a pagar una tarifa mensual?

Sí

No

25. ¿Por qué razón no estaría dispuesto a pagar?

Dinero insuficiente

No se necesita el servicio

Es responsabilidad del estado

Otro, ¿cuál?

Utilización de energía

Iluminación

26. ¿Cuál es la fuente de iluminación principal del hogar?

Energía eléctrica

Energía eléctrica por fuente renovable (solar)

Lámparas de gas propano

Lampara de kerosene, gasolina

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Velas

Pilas, baterías

27. ¿En promedio cuantas horas al día utiliza esta fuente de iluminación?

Horas

Minutos

Acumuladores de energía

28. ¿Usan pilas, baterías o velas en esta vivienda?

Sí

No

Refrigeración

29. ¿Tiene nevera o refrigerador?

Sí

No

30. Indique el tipo de nevera o refrigerador

Nevera

Cavas

Neve con

Congelador

Tipo	Numero	Volumen	P/L	Edad
Nevera				
Cavas				
Nevecón				
Congelador				

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Volumen se refiere al tamaño en pies cúbicos o litros

Adecuación del ambiente

31. ¿Usa aire acondicionado, ventilador o calentador?

Sí

No

Tipo de aire acondicionado o ventilador

Tipo	Número	Potencia	Horas uso día
Ventana			
Split			
Mini Split			
Central			
Ventilador			

¿Usa algún sistema para agua caliente o calefacción?

Sí

No

Indique el tipo y tiempo de uso

	Minutos día
Calentador a gas	
Calentador eléctrico	
Ducha eléctrica	
Equipo de calefacción a gas	
Equipo de calefacción eléctrico	

Cocina

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

32. ¿En qué lugar de la vivienda cocinan?

Al aire libre (patio)

Sitio exclusivo (cocina)

Dormitorio o cuarto compartido

Ninguna parte

33. ¿Qué combustible usa para cocinar?

Gas natural

Gas propano

Energía eléctrica

Querosene, gasolina

Carbón, leña

¿Otro?, ¿cuál?

34. Si la estufa es eléctrica, especificar la potencia:

Potencia

--

w

35. ¿Regularmente cuánto tiempo demora preparando los alimentos?

36. ¿Utiliza horno para preparar alimentos u otros usos?

Sí

--

No

--

37. ¿Qué clase de combustible utiliza para el horno?

Gas natural

Energía eléctrica

Gas propano

Querosene / gasolina

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca


Carbón	
Leña	
Otro, ¿cuál?	

38. ¿Cada cuánto usa el horno?

No lo utiliza	
Sí lo utiliza	Frecuencia
	Día Semana Mes
	Minutos uso diario

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca

Anexo 2. Cotizaciones para la implementación de paneles solares en residencias del área rural del municipio de Chocontá en Cundinamarca



Cotización

Autosolar Energía de Colombia SAS
 N.I.F.: 9014015261
 Parque Industrial K2, Bodega 16
 Chía Cundinamarca
 Fijo: 801 8418461
 Cel: 333 6025140
 E-mail: autosolar@autosolar.co
 Presupuesto 1 011627 Fecha 01/08/2023

DIANA SOFIA MORENO

 CHOCONTA
 CUNDINAMARCA

 3108647404
 dimores@yahoo.com

SI SU PRESUPUESTO PRESENTA *MATERIAL BAJO PEDIDO DEL CLIENTE* AUTOSOLAR NO SE RESPONSABILIZA POR MAL DISEÑO

CLIENTE	N.I.T - C.C.	AGENTE	FORMA DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
24047	13	Ivan Sanchez	PRECIOS VALIDOS PARA ESTA OFERTA	15 Días, salvo cambio de tarifa

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
	Importante: para anexar costo de instalación enviar fotografías de espacio de instalación (lugar destinado a paneles, lugar destinado a inversor, lugar destinado a baterías ** La estructura puede cambiar en función del tipo de techo o área disponible que se tenga para la instalación de los paneles ** ** La cantidad de cable cotizado puede cambiar en función de la distancia que exista entre los paneles y el inversor ** ** La vigencia de la propuesta está sujeta a la disponibilidad de los equipos ** *Sin envío, sin instalación*					
2200205	Kit Solar 3000W 48V 6800Whdia con Batería de GEL					
1002126	Panel Solar 545W 24V Monocristalino JA Solar	4	1,038,664	4,154,657	15 %	3,531,459
5201016	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro	15	7,883	118,250		118,250
5201014	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo	15	7,883	118,250		118,250
1708246	Batería GEL 12V 250Ah Tensite	4	1,465,438	5,861,752	15 %	4,982,489
3004252	Inversor Cargador 48V SPF 3kTL LVM-120vac Growatt	1	3,612,903	3,612,903	15 %	3,070,968
3202017	Monitorización Growatt Shine Wifi-F	1	200,480	200,480		200,480
5504045	Conectores Paralelo 2 Paneles FV MC4 Flexible	1	39,548	39,548		39,548
5504000	Conectores RETIE MC4	5	12,501	62,506		62,506
5504052	Protector Bornes Baterías GEL Rojo y Negro	4	7,500	30,000		30,000
5504021	Cable de Interconexión de Baterías	3	31,821	95,462		95,462

TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	I.V.A	R.E.
19 EXENTO								


GARANTÍA DE UN AÑO SALVO ESPECIFICACIÓN
NO SE INCLUYE EL ENVÍO SALVO SE ESPECIFIQUE EN COTIZACIÓN
NO ACEPTAMOS GARANTIAS POR MALA MANIPULACIÓN DE LOS EQUIPOS
COMUNICARSE CON EL AREA DE SERVICIO TECNICO ANTES DE INSTALAR
SI TIENES DUDAS CON RESPECTO A LA INSTALACION DE LOS MATERIALES
PARA EFECTO DE GARANTIAS SE DEBEN ENTREGAR LOS EQUIPOS EN LAS
MISMAS CONDICIONES EN QUE ENTREGA AUTOSOLAR

TOTAL: \$.

TIPO DE MONEDA: COP
REVISIÓN TRM(USD A COP)


DATOS BANCARIOS EN PESOS

Banco DAVIVIENDA cuenta de ahorros	N° 005500247456
BANCOLOMBIA cuenta corriente	N° 33700001298
Banco BBVA cuenta de ahorros	N° 00130338000200331499



Firmado Autosolar

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca



Cotización

Autosolar Energía de Colombia SAS
 N.I.F.: 9014015261
 Parque Industrial K2, Bodega 16
 Chía Cundinamarca
 Fijo: 601 8418461
 Cel: 333 6025140
 E-mail: autosolar@autosolar.co
 Presupuesto 1 011627 Fecha 01/08/2023

DIANA SOFIA MORENO
 CHOCONTA
 CUNDINAMARCA
 3108647404
 dimores@yahoo.com

SI SU PRESUPUESTO PRESENTA "MATERIAL BAJO PEDIDO DEL CLIENTE" AUTOSOLAR NO SE RESPONSABILIZA POR MAL DISEÑO

CLIENTE	N.I.T - C.C.	AGENTE	FORMA DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
24047	13	Ivan Sanchez	PRECIOS VALIDOS PARA ESTA OFERTA	15 Días, salvo cambio de tarifa

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	D.T.O.	TOTAL
5505121	Terminal de Ojo - Cable 50mm, ojo 10mm	6	4,574	27,444		27,444
5201032	Cable unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro	2	49,131	98,263		98,263
5201030	Cable unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Verde	2	49,537	99,074		99,074
2501033	**Estructura Techo Metálico 4 Panel KH915 (ELES)**					
1509019	Riel de 2.4 aluminio anodizado	4	86,102	344,408		344,408
1509016	U Clamp Falcat (Unión)	2	11,946	23,892		23,892
1509014	M Clamp falcat (Intermedio)	6	6,780	40,680		40,680
1509015	F Clamp falcat (Final)	4	7,414	29,657		29,657
1509021	L Clamp falcat (Ele)	6	8,571	51,429		51,429
1509017	Conector de tierra para estructura	2	11,303	22,607		22,607
2505567	Kit Material Electrico 3KW 110VAC Protección 32A	1				
2505500	--DC--	1				
5504228	Fusible DC 32A 10x38 1000V	1	19,175	19,175		19,175
5504124	Portafusible DC 10x38 1000V	1	29,730	29,730		29,730
5504120	Breaker DC 2P 500VDC 32A	1	102,461	102,461		102,461
7102527	DPS DC SOLAR 600V 20KVA 2 POLOS	1	162,676	162,676		162,676
5509025	Borne de Conexión Carril Din Tierra	1	9,934	9,934		9,934
5509026	Borne de Conexión Carril Din Gris	1	4,207	4,207		4,207
2505501	--AC--	1				
7102514	BREAKER AC 2 POLOS 32A	1	28,649	28,649		28,649
9506010	Tablero Sobreponer 8 Polos	1	60,339	60,339		60,339
9506083	Base instalación inversor	1	128,758	128,758		128,758
9501017	Montaje de Base de Inversor	1	162,162	162,162		162,162
9506084	Canaleta Ranurada Gris 40X60 Dexon x1m	1	24,822	24,822		24,822

TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	I.V.A	R.E.
19 EXENTO								


GARANTÍA DE UN AÑO SALVO ESPECIFICACIÓN
NO SE INCLUYE EL ENVÍO SALVO SE ESPECIFIQUE EN COTIZACIÓN
NO ACEPTAMOS GARANTIAS POR MALA MANIPULACIÓN DE LOS EQUIPOS
COMUNICARSE CON EL AREA DE SERVICIO TECNICO ANTES DE INSTALAR
SI TIENES DUDAS CON RESPECTO A LA INSTALACION DE LOS MATERIALES
PARA EFECTO DE GARANTIAS SE DEBEN ENTREGAR LOS EQUIPOS EN LAS
MISMAS CONDICIONES EN QUE ENTREGA AUTOSOLAR

TOTAL: \$.

TIPO DE MONEDA: COP
REVISIÓN TRM(USD A COP)


DATOS BANCARIOS EN PESOS

Banco DAVIVIENDA cuenta de ahorros	N° 005500247456
BANCOLOMBIA cuenta corriente	N° 33700001298
Banco BBVA cuenta de ahorros	N° 00130338000200331499



Firmado Autosolar

Análisis de factibilidad de la implementación de sistemas de energía fotovoltaica en residencias rurales de Chocontá-Cundinamarca



Cotización

Autosolar Energía de Colombia SAS
 N.I.F.: 9014015261
 Parque Industrial K2, Bodega 16
 Chía Cundinamarca
 Fijo: 601 8418481
 Cel: 333 6025140

DIANA SOFIA MORENO

 CHOCONTA
 CUNDINAMARCA

 3108647404
 dimores@yahoo.com

Presupuesto 1 011627

Fecha 01/08/2023

SI SU PRESUPUESTO PRESENTA *MATERIAL BAJO PEDIDO DEL CLIENTE* AUTOSOLAR NO SE RESPONSABILIZA POR MAL DISEÑO

CLIENTE	N.I.T - C.C.	AGENTE	FORMA DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
24047	13	Ivan Sanchez	PRECIOS VALIDOS PARA ESTA OFERTA	15 Días, salvo cambio de tarifa

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
5202059	CABLE AZUL AWG 8	10	8,169	81,690		81,690
5202057	CABLE BLANCO AWG 8	10	8,161	81,614		81,614
5202055	CABLE VERDE AWG 8	10	7,977	79,767		79,767
9509076	Coraza Metálica 1"	20	11,210	224,199		224,199
9509077	Conector Coraza 1"	8	15,587	124,695		124,695
5504022	Desconector de Baterías 275A	1	168,720	168,720		168,720
5505121	Terminal de Ojo - Cable 50mm, ojo 10mm	2	4,574	9,148		9,148
9501011	Instalación, Montaje y Puesta en Operación del Sis.	1	1,700,000	1,700,000		1,700,000
9701010	Servicio de Transporte (GRAVADO) asegurado a: CHOCONTA	1	300,000	300,000		300,000
9701011	Servicio de Transporte (EXCLUIDO) asegurado a: CHOCONTA	1	160,000	160,000		160,000

TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	I.V.A	R.E.
19	9,887,183					9,887,183	1,878,565	
EXENTO	6,762,426					6,762,426		


GARANTÍA DE UN AÑO SALVO ESPECIFICACIÓN
NO SE INCLUYE EL ENVÍO SALVO SE ESPECIFIQUE EN COTIZACIÓN
NO ACEPTAMOS GARANTIAS POR MALA MANIPULACIÓN DE LOS EQUIPOS
COMUNICARSE CON EL AREA DE SERVICIO TECNICO ANTES DE INSTALAR
SI TIENES DUDAS CON RESPECTO A LA INSTALACION DE LOS MATERIALES
PARA EFECTO DE GARANTIAS SE DEBEN ENTREGAR LOS EQUIPOS EN LAS MISMAS CONDICIONES EN QUE ENTREGA AUTOSOLAR

TOTAL: \$. 18,528,173.97

TIPO DE MONEDA: COP
REVISIÓN TRM(USD A COP)

DATOS BANCARIOS EN PESOS

Banco DAVIVIENDA cuenta de ahorros	N° 005500247456
BANCOLOMBIA cuenta corriente	N° 33700001298
Banco BBVA cuenta de ahorros	N° 00130338000200331499



Firmado Autosolar

Anexo 3. Cotización para la implementación de paneles solares en residencias del área rural del municipio de Chocontá en Cundinamarca



Carrera 44A # 35 sur - 63. Envigado, Colombia.
Teléfono: +57 300 7107430
cotizaciones@emergente.com.co

Pre-cotización para:
DIANA SOFIA MORENO
dimores@yahoo.com


Resultados del Sistema

Esta es una evaluación con **valores aproximados** y no debe considerarse como una cotización. Estos valores se calculan con base en los costos de los proveedores de Emergente Energía Sostenible y los datos de radiación solar se toman del Atlas Solar de la Universidad EIA.

Es posible que estos valores cambien cuando se haga un diseño detallado del proyecto que considere sombras, inclinación del techo, área efectiva disponible etc. Hay que anotar que cada usuario tiene características específicas y el precio de mercado de la tecnología varía permanentemente. Los costos del transporte están calculados para ciudades capitales y sus áreas metropolitanas de las regiones Andina y Caribe. Es importante notar que para un sistema de energía solar fotovoltaico es necesario contar con un techo propio que se pueda intervenir.

Capacidad (kWp)	Número de Paneles	Área de Techo Necesaria (m ²)	TIR
1.1	2	5	15.75%

Valor Proyecto Aproximado (COP)	Generación Anual Aproximada (kWh)	Ahorro Anual Aproximado (COP)	Período de retorno a la inversión
\$15,655,000	1,395	\$2,147,000	Entre 7 y 8 años

Dióxido de carbono	Equivalencia vehículos	Equivalencia árboles
 <p>Las emisiones reducidas equivalen a dejar de emitir 0.51 toneladas de CO₂ al año</p>	 <p>Las emisiones reducidas equivalen a sacar 0.3 automóviles de circulación al año</p>	 <p>Las emisiones reducidas equivalen a sembrar 1.8 árboles al año</p>