

**Análisis de viabilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos individuales en la vereda La Esperanza, Caquetá, un enfoque sociotécnico para la energización rural sostenible**

Wilmer Favian López Espinel

Asesor

Freddy Alexander Torres Payoma

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias, Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Maestría en Gerencia de Proyectos

2025

## Resumen

Esta investigación evaluó la viabilidad de implementar sistemas fotovoltaicos individuales (SFV) en la vereda La Esperanza, Milán, Caquetá, una zona no interconectada (ZNI) con 47,7% de pobreza energética, mediante un enfoque sociotécnico que integra dimensiones técnicas, económicas, sociales y ambientales. Utilizando metodología cualitativa, (entrevistas semiestructuradas, grupos focales y observación participante), se identificó que, pese al potencial solar de 4.0-4.5 kW/m<sup>2</sup>, la alta humedad y nubosidad reducen hasta un 29,41% la eficiencia de paneles convencionales, exigiendo metodologías adaptadas como sistemas híbridos o baterías de litio. Económicamente, el 52,5% de hogares en Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de programas Sociales – pobreza extrema (SISBEN A) requiere modelos financieros innovadores (ejemplos: fondos rotatorios, comunitarios), mientras que socialmente, la desconfianza institucional, demanda procesos de apropiación tecnológica con enfoque de género y participación activa. Ambientalmente, los SFV podría reducir el uso de leña (asociada al 45,89% de deforestación local), pero requieren protocolos estrictos de manejo de residuos posconsumo. El estudio concluye que la transición energética en contextos amazónicos exige soluciones técnicas resilientes, articuladas con marcos de justicia energética y gobernanza inclusiva, donde la sostenibilidad técnica y equidad social interdependientes.

**Palabras clave:** energía solar fotovoltaica, pobreza energética, justicia energética, Amazonía colombiana, transiciones sociotécnicas.

## Abstract

This research evaluated the feasibility of implementing individual photovoltaic systems (IPS) in the rural community of La Esperanza, Milán, Caquetá—an off-grid area (OGA) with 47.7% energy poverty—through a sociotechnical approach that integrates technical, economic, social, and environmental dimensions. Using a qualitative methodology (semi-structured interviews, focus groups, and participant observation), it was identified that despite the solar potential of 4.0–4.5 kW/m<sup>2</sup>, high humidity and cloudiness reduce the efficiency of conventional panels by up to 29.41%, necessitating adapted methodologies such as hybrid systems or lithium batteries. Economically, 52.5% of households are classified under SISBEN A (Identification System for Potential Beneficiaries of Social Programs – extreme poverty), requiring innovative financial models (e.g., revolving or community-based funds). Socially, institutional distrust demands technology adoption processes with a gender perspective and active participation. Environmentally, IPS could reduce firewood use (linked to 45.89% of local deforestation), but strict post-consumer waste management protocols are required. The study concludes that energy transition in Amazonian contexts demands resilient technical solutions, aligned with energy justice frameworks and inclusive governance, where technical sustainability and social equity are interdependent.

**Keywords:** photovoltaic energy, energy poverty, energy justice, Colombian Amazon, socio-technical transitions.

## Tabla de Contenido

Introducción .....	12
El Problema.....	15
Descripción del Problema .....	15
Formulación del Problema.....	26
Caracterización Territorial y Sociodemográfica de la Vereda La Esperanza .....	27
Localización y Características Geográficas .....	28
Condiciones Biofísicas y Climáticas .....	30
Composición Poblacional y Características Sociodemográficas .....	31
Actividades Económicas y Patrones de Subsistencia .....	33
Problemáticas Ambientales y Energéticas .....	35
Condiciones Institucionales y de Gobernanza .....	38
Implicaciones para la Implementación de Sistema Fotovoltaicos .....	40
Justificación .....	43
Objetivos.....	46
Objetivo General.....	46
Objetivos Específicos.....	46
Marco Referencial.....	47
Transiciones Sociotécnicas en Contextos Rurales .....	49
Justicia Energética y Derechos Fundamentales .....	52

Pobreza Energética Multidimensional, Red Conceptualizando Carencias y Capacidades .....	53
Resiliencia Socioecológica en Contextos de Transición Energética.....	54
Sistemas Fotovoltaicos como Construcciones Socio Técnicas.....	56
Desarrollo Sostenible .....	57
Energía Fotovoltaica .....	58
Zonas No Interconectadas.....	60
Interfaz Sociedad, Tecnología, Naturaleza en Contextos Amazónicos.....	62
Viabilidad Integral .....	62
Reflexiones Epistemológicas .....	64
Marco Teórico .....	66
Fundamentos Teóricos de la Transición Energética.....	66
Teoría de la Justicia Energética.....	67
Pobreza Energética y Desarrollo Rural Sostenible .....	68
Conceptualización de la Pobreza Energética .....	68
Resiliencia Comunitaria en Contexto de Transición Energética.....	68
Sistema Fotovoltaico.....	69
Experiencias Prácticas y Lecciones Aprendidas .....	71
Marco de Análisis para la Viabilidad Integral.....	73
Consideraciones Finales.....	76
Marco Legal .....	77

Marco Metodológico.....	82
Naturaleza de la Investigación .....	82
Diseño Metodológico.....	83
Estudio de Caso Instrumental .....	83
Muestreo Teórico Intencionado .....	84
Entrevistas Semiestructuradas en Profundidad.....	85
Grupos Focales.....	87
Observación Participante .....	88
Revisión Documental.....	89
Instrumentos de Investigación .....	89
Procedimiento de Análisis de Datos .....	94
Familiarización con los Datos.....	94
Generación de Códigos Iniciales .....	94
Búsqueda de Temas Potenciales .....	95
Revisión de Temas .....	95
Definición y Denominación de Temas.....	96
Producción del Informe.....	96
Análisis de Marcos Interpretativos .....	96
Análisis Narrativo .....	97
Matriz DAFO Extendida.....	97

Validez y Confiabilidad.....	98
Credibilidad.....	98
Transferibilidad.....	98
Dependabilidad .....	99
Confirmabilidad .....	99
Consideraciones Éticas .....	100
Confidencialidad Contextualizada .....	100
Reciprocidad de Beneficios Comunitarios.....	101
Consideraciones Específicas para Comunidades Rurales.....	101
Modelo de Integración Socio Técnica para la Evaluación de Viabilidad de Sistemas Fotovoltaicos en Zonas No Interconectadas .....	102
Desarrollo de la Investigación .....	104
Análisis Multidimensional para la Viabilidad de Sistemas Fotovoltaicos en la Vereda La Esperanza, Milán, Caquetá .....	104
Entrevistas Semiestructuradas en Profundidad.....	104
Grupos Focales.....	112
Observación Participante .....	125
Revisión Documental (Fuentes Directas) .....	129
Análisis Integral de Viabilidad Mediante Triangulación: Dimensiones Técnicas, Económicas, Sociales y Ambientales para Sistemas Fotovoltaicos en Contextos Rurales .....	135

## Análisis DAFO Ampliado: Factores Críticos para la Implementación de Sistemas

Fotovoltaicos en la vereda La Esperanza.....	140
Discusión.....	145
Conclusiones.....	149
Recomendaciones.....	152
Referencia Bibliográficas.....	155
Apéndice.....	176

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Normatividad Aplicable</i> .....	78
<b>Tabla 2</b> <i>Protocolo de Entrevistas Semiestructurada</i> .....	90
<b>Tabla 3</b> <i>Guía de Observación Participante</i> .....	91
<b>Tabla 4</b> <i>Revisión Documental</i> .....	92
<b>Tabla 5</b> <i>Diseño de Grupos Focales</i> .....	93
<b>Tabla 6</b> <i>Ficha de Categorización de Entrevistas Semiestructuradas</i> .....	104
<b>Tabla 7</b> <i>Ficha de Categorización de Grupos Focales</i> .....	113
<b>Tabla 8</b> <i>Ficha de Categorización Observación Participante</i> .....	125
<b>Tabla 9</b> <i>Ficha Categorización de Revisión Documental (Fuentes Directas)</i> .....	130
<b>Tabla 10</b> <i>Matriz de Triangulación</i> .....	135
<b>Tabla 11</b> <i>Matriz DAFO Ampliada para la Implementación de SFV en La Esperanza</i> .....	141

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Radiación Solar Enero: Caquetá</i> .....	19
<b>Figura 2</b> <i>Radiación Solar Abril: Caquetá</i> .....	20
<b>Figura 3</b> <i>Radiación Solar Mayo: Caquetá</i> .....	21
<b>Figura 4</b> <i>Radiación Solar en Diciembre: Caquetá</i> .....	22
<b>Figura 5</b> <i>El Modelo de los Tres Niveles en la Teoría de las Transiciones Sociotécnicas de Geels</i> .....	50
<b>Figura 6</b> <i>Diagrama de Coherencia Metodológica</i> .....	84
<b>Figura 7</b> <i>Bloques Temáticos: del Protocolo de Entrevista</i> .....	86
<b>Figura 8</b> <i>Pirámide de Evaluación Integral de SFV</i> .....	103

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>Lista de Siglas</i> .....	176
<b>Apéndice B</b> <i>Diagrama de Coherencia Metodológica</i> .....	178
<b>Apéndice C</b> <i>Pirámide de Evaluación Integral de SFV</i> .....	179
<b>Apéndice D</b> <i>Material Fotográfico: Vereda La Esperanza</i> .....	180

## Introducción

El acceso a energía eléctrica en Colombia perpetúa profundas desigualdades socioeconómicas y territoriales, con marcadas brechas entre zonas urbanas interconectadas y regiones rurales aisladas. En el departamento del Caquetá, emblemático por su baja cobertura energética, el 47,7% de la población rural carece de servicio eléctrico confiable, situación que se agudiza en veredas como La Esperanza, municipio de Milán. Esta comunidad, caracterizada por su dispersión geográfica, altas pendientes y densa cobertura boscosa, enfrenta un círculo vicioso de pobreza multidimensional, el 52,5% de sus hogares pertenece al nivel más bajo del SISBEN<sup>1</sup>, el 79,1% sufre déficit de vivienda y el 28,42% de sus habitantes pertenece a grupos étnicos históricamente marginados. La ausencia de energía no solo limita actividades básicas como iluminación y refrigeración, sino que profundiza el atraso económico, con un PIB per cápita hasta un 60% menor que en zonas conectadas, según el Banco Mundial (2022).

La dependencia de combustibles sólidos, como leña y querosén, agrava problemas de salud pública, con un 29% de hogares rurales expuestos a contaminación intradomiciliaria vinculada a enfermedades respiratorias. Paralelamente, la deforestación asociada al uso de leña representada el 45,89% de las alertas tempranas en Caquetá, exacerbando la vulnerabilidad climática de un ecosistema crítico para la regulación global. En este contexto, la energía solar fotovoltaica emerge como alternativa técnica viable, respaldada por un potencial de radiación solar de 4.0-4.5 kW/m<sup>2</sup>. Sin embargo, su implementación en la Amazonia enfrenta barreras

---

<sup>1</sup> Nota. De aquí en adelante se utilizarán siglas en todo el documento para facilitar la lectura, ver el apéndice A.

únicas, entre las que destaca alta humedad<sup>2</sup>, nubosidad<sup>3</sup> recurrente asociada a la precipitación constante durante el año, y fragilidad ecosistémica, que reducen hasta un 29,41%<sup>4</sup> la eficiencia de paneles convencionales.

Más allá de lo técnico, el desafío radica en superar limitaciones estructurales. El 52,5% de los hogares en SISBEN A requiere modelos financieros innovadores, como fondos rotatorios o esquemas comunitarios, para afrontar costos iniciales. A esto se suma la desconfianza histórica hacia intervenciones estatales, producto de décadas de abandono institucional y promesas incumplidas, que exigen procesos de apropiación tecnológica con enfoque de género y participación activa. La transacción energética en territorios amazónicos no puede reducirse a la instalación de infraestructura, demanda un enfoque sociotécnico que integre justicia energética, resiliencia comunitaria y gobernanza inclusiva.

---

<sup>2</sup> Nota. Promedio Humedad relativa anual es del 83% (IDEAM 2005, IGAC 2008, citado por la Gobernación del departamento del Caquetá en el documento “Plan Ambiental 2020-2023”).

<sup>3</sup> Nota: En materia de nubosidad, cabe destacar los referidos en el “Plan Ambiental 2020-2023”, por la Gobernación del departamento del Caquetá: “La interacción de las masas de aire y su correspondiente aporte pluviométrico y de radiación solar sobre el área define según la clasificación de KOPPEN, los microclimas “tropical de sabana con sequía marcada” Aw-; tropical lluvioso de bosque con un corto periodo seco” – Am-; y, “tropical lluvioso de selva sin sequía. Af-. El macro clima de mayor incidencia en la “región” es el <<Af>>, caracterizado por precipitación constante durante todo el año y una alta humedad relativa – superior al 80%, le sigue el macro clima <<Am>>, que afecta a un área transicional entre la selva y los llanos orientales y se caracteriza por su fuerte precipitación, alternada con períodos secos y finalmente el macro clima <<Aw>>, que presenta una temporada seca prolongada entre los meses de julio a septiembre.

<sup>4</sup>Nota: Lo indicado teniendo en cuenta que de acuerdo con Abhishek Kumar Tripathi, Rayo Shashwati, Mangalpady Aruna, Sandeep Prasad., (2021) “En un estudio sobre el rendimiento de los paneles fotovoltaicos, se informó que la producción del panel se degrada hasta un 28,77% debido a un aumento del 42,07% en la humedad relativa [12]. El siguiente estudio sobre el rendimiento del panel en zona húmeda mostró que su eficacia se reduce hasta un 32,42% cuando el nivel de humedad aumenta al 6% y el panel funcionaba a 58 °C(...)”

Este estudio se enmarca en teorías de transiciones socio técnicas y justicia energética, reconociendo que los sistemas fotovoltaicos son construcciones socio materiales que reconfiguran prácticas, relaciones de poder y dinámicas territoriales. Mediante metodología cualitativa, entrevistas semiestructuradas, grupos focales y observación participante, se exploran las percepciones, necesidades y capacidades adaptativas de la comunidad, contrastándolas con datos técnicos y ambientales. La investigación trasciende el reduccionismo tecnológico al analizar interdependencias entre sostenibilidad técnica, equidad social y preservación ecológica.

Los hallazgos revelan que, pese al potencial solar, la viabilidad exige soluciones híbridas o baterías de litio para compensar pérdidas por clima adverso. Económicamente, se identifican oportunidades en esquemas colaborativos, como microcréditos verdes y subsidios condicionados a usos productivos. Socialmente, la apropiación exitosa depende de fortalecer capitales comunitarios, confianza, organización y conocimiento local, mientras que ambientalmente se requieren protocolos estrictos para gestionar residuos posconsumo y evitar crisis sanitarias.

La relevancia de este estudio trasciende lo académico, aporta insumos para políticas públicas en Zonas No Interconectadas, en adelante (ZNI), alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7) y el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026. Demuestra que la transición energética en contextos amazónicos no es meramente técnica, sino un proceso de co-construcción donde tecnología, cultura y naturaleza convergen. Al priorizar voces locales y equilibrando innovación con tradición, este trabajo sienta precedentes para replicar modelos energéticos sostenibles en territorios rurales, rompiendo ciclos de pobreza y avanzando hacia un desarrollo humano integral en armonía con los límites planetarios.

## **El Problema**

La vereda La Esperanza, ubicada en el corazón del departamento del Caquetá amazónico, enfrenta una situación crítica de exclusión energética. La ausencia de electrificación formal limita el acceso a servicios básicos, deteriora la calidad de vida y perpetúa la desigualdad territorial. Este capítulo plantea el problema central que motiva la investigación: la necesidad urgente de alternativas sostenibles en zonas no interconectadas. A partir de ello, se delimita el contexto, se evidencian sus implicaciones y se fundamenta la relevancia del estudio.

### **Descripción del Problema**

El acceso a energía eléctrica en Colombia sigue siendo un factor determinante en la perpetuación de desigualdades socioeconómicas y territoriales, con un contraste marcado entre zonas urbanas interconectadas y regiones rurales aisladas. En el departamento del Caquetá, una de las regiones con menor cobertura de energía en el país, cerca del 47,7% de los centros poblados y rural disperso no cuenta con servicio eléctrico confiable, según datos del Ministerio de Minas y Energía; el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) - Operador de Red (OR) - Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE) (DANE-OR-IPSE). Citados en el documento Caquetá, retos y desafíos para el Desarrollo Sostenible (2019). Esta brecha se agudiza en veredas como La Esperanza, en el municipio de Milán, donde la combinación de una geografía compleja, registrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) como de alta pendiente y con densa cobertura boscosa, y la dispersión poblacional imposibilitan la expansión convencional de la red eléctrica.

La ausencia de energía no solo limita actividades básicas como iluminación y refrigeración, sino que profundiza el atraso económico: según el Programa de Naciones Unidas

para el Desarrollo (PNUD, 2021), el acceso a la electricidad se correlacionan directamente con mejoras del 20-30% en indicadores de desarrollo humano, mientras que estudios de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022) evidencian que hogares sin acceso eléctrico presentan ingresos promedio 40-50% inferiores comparados con aquellos conectados a redes confiables, perpetuando ciclos de pobreza.

La vereda la Esperanza ejemplifica de manera paradigmática a esta problemática energética estructural, al considerar un territorio de 55 habitantes indígenas Coreguaje y aproximadamente 80 a 100 habitantes campesinos mestizos distribuidos en núcleos familiares dispersos a lo largo de la Cuenca del río Peneya, tributario del Orteguzza. La ausencia total de infraestructura eléctrica en este territorio amazónico, caracterizado por alta humedad relativa superior al 80% y precipitaciones anuales entre 42.5 y 1.080 mm (CORPOAMAZONÍA, 2007, citado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007), configura un escenario donde la dependencia de combustibles sólidos y generadores obsoletos no solo perpetúa la pobreza energética sino que agrava la vulnerabilidad ambiental de un ecosistema crítico para la regulación climática global. Esta situación se ve agravada por la dispersión geográfica característica de los asentamientos amazónicos, donde la baja densidad poblacional (7,57 hab/km<sup>2</sup> en el municipio de Milán) y las condiciones topográficas complejas hacen económicamente inviable la extensión de redes eléctricas convencionales, mientras que la coexistencia de población indígena organizada en cabildos y población campesina articulada en Junta de acción comunal presenta tanto oportunidades como desafíos específicos para la implementación de soluciones energéticas descentralizadas que respeten la diversidad cultural y aprovechen las capacidades organizativas locales.

En Caquetá, la pobreza monetaria alcanza un 35,1%, ubicándose entre los 13 departamentos con mayor incidencia de pobreza monetaria y extrema. Esta situación es alarmante, especialmente en municipios como Milán (Código DANE: 18460), donde el déficit de vivienda alcanza el 79,1% de acuerdo con lo referido por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en el documento Caquetá, retos y desafíos para el Desarrollo Sostenible (2019), y el 52,5% de la población en 2024 se encontraba en el nivel A del SISBEN. Con superficie de 1.366 km<sup>2</sup> y una densidad poblacional de apenas 7,57 hab/ km<sup>2</sup>, Milán presenta una tipología de capacidades municipales categoría 6 (Ley 617 de 2000) y una población predominantemente rural (88% en 2024 de acuerdo con el Departamento Nacional de Planeación (DNP)), proyectada en 10.825 habitantes para 2035.

Además, el 28,42% de sus habitantes pertenece a grupos étnicos (2.912 indígenas y 0,9% afrodescendientes), lo que evidencia una diversidad cultural con necesidades específicas en materia de políticas públicas. Estos indicadores, sumados al 32,8% de la población en SISBEN B, reflejan un territorio con alta vulnerabilidad socioeconómica, donde la vereda La Esperanza enfrenta desafíos agravados por el aislamiento, la pobreza multidimensional y la falta de acceso a servicios.

Cabe destacar por un lado y de forma particular, que, de acuerdo con lo referido en Caquetá, retos y desafíos para el Desarrollo Sostenible, PNUD, (2019), “el Índice de Pobreza Multidimensional se situó para la fecha del informe en 33,6%, lejos del 8,4% de la meta del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) a nivel nacional para 2030. Reducir la pobreza requiere de estrategias que la aborden de manera estructural e integral, atendiendo básicos de calidad de vida como la educación, salud, bienestar social y disminución de brechas”. Por otro, y como dato importante, la dependencia de soluciones en materia de

servicios se evidencia en el hecho de que, el “abastecimiento de energía eléctrica proviene del Huila” (PNUD, 2019), lo indicado es para el departamento. Lo que resulta paradójico, dado que en Caquetá se encuentra la empresa de energía ElectroCaquetá.

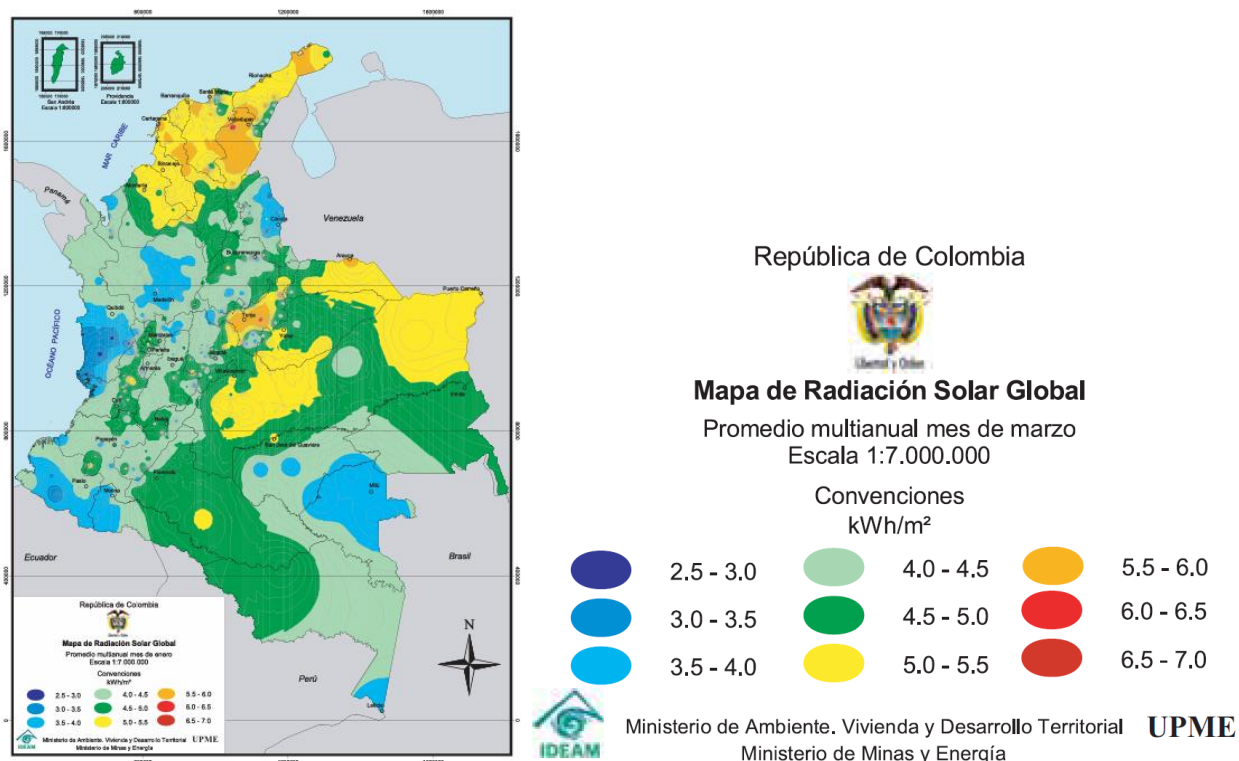
Desde una perspectiva geopolítica, la situación del territorio refleja un problema estructural en la Amazonia colombiana, la histórica desconexión entre las políticas nacionales de electrificación y las realidades territoriales. Aunque el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 prioriza la transición energética, su implementación en zonas no interconectadas (ZNI) avanza lentamente. En Caquetá, solo el 42.93% de los hogares al 2017 contaban con cobertura eléctrica en centros poblados y rural disperso (Ministerio de Minas y Energía; DANE-OR-IPSE, citado en Caquetá, retos y desafíos para el Desarrollo Sostenible. PNUD, 2019) con una cobertura de solo el 20% de proyectos solares autónomos en Caquetá, según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME, 2024). Mientras tanto, la comunidad recurre a generadores diésel y/o combustibles sólidos como sustituto en la región de la Orinoquia-amazonia (DANE, Encuesta Nacional de Calidad de Vida, 2018 citado en Caquetá, retos y desafíos para el Desarrollo Sostenible. PNUD, 2019.). Esta dependencia de combustibles fósiles no solo es económicamente insostenible, sino que agrava la vulnerabilidad climática de la región.

Técnicamente, la energía solar fotovoltaica emerge como una alternativa viable, dada la situación de contexto y el potencial de radiación solar en la zona, el cual varía de 4.5 a 4.0 kW/m<sup>2</sup> (ver figuras 1 y 2 de radiación solar, UPME) entre enero y abril, y entre mayo y diciembre de 3.5 a 4.0 kW/m<sup>2</sup> (ver figuras 3 y 4) (UPME, 2005. Atlas de radiación solar de Colombia) en promedio; pero su implementación enfrenta barreras críticas. Por un lado, la falta de modelos financieros adaptados a economías campesinas limita la adopción de los costos iniciales. Por otro, persisten resistencias culturales. A esto se suman desafíos ambientales

específicos: la humedad y la alta nubosidad de la Amazonia reducen la eficiencia de paneles convencionales, mientras que la disposición de baterías contaminantes con plomo ácido podría generar crisis sanitarias en ecosistemas frágiles.

## Figura 1

### *Radiación Solar Enero: Caquetá*



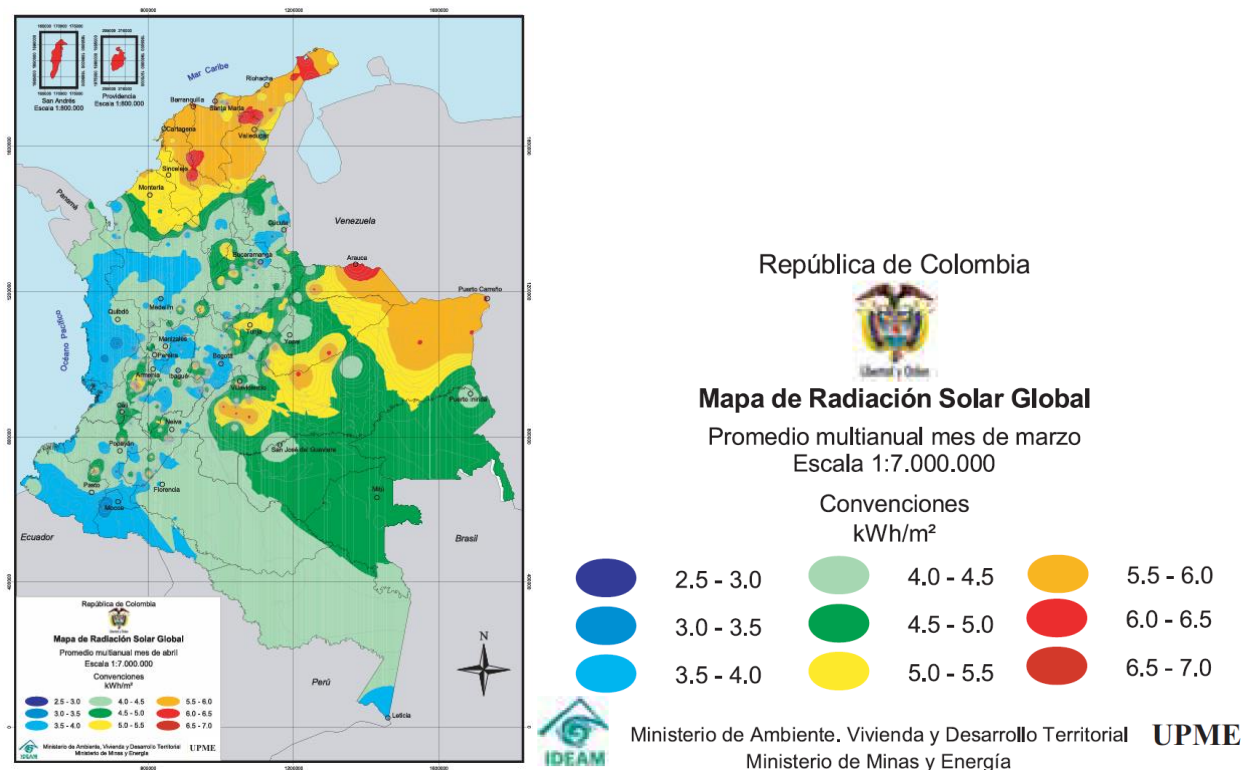
*Nota.* El mapa muestra la radiación solar, específicamente para el Caquetá en el mes de enero entre 4.5 – 5.0 kW/m<sup>2</sup>. Fuente. Atlas de radiación solar de Colombia. UPME, 2005.

[https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Impresos/Atlas\\_Radiacion\\_Solar\\_2005/2-Mapas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Impresos/Atlas_Radiacion_Solar_2005/2-Mapas_Radiacion_Solar.pdf)

En la figura 2, vemos la radiación solar del mes de abril:

Figura 2

Radiación Solar Abril: Caquetá



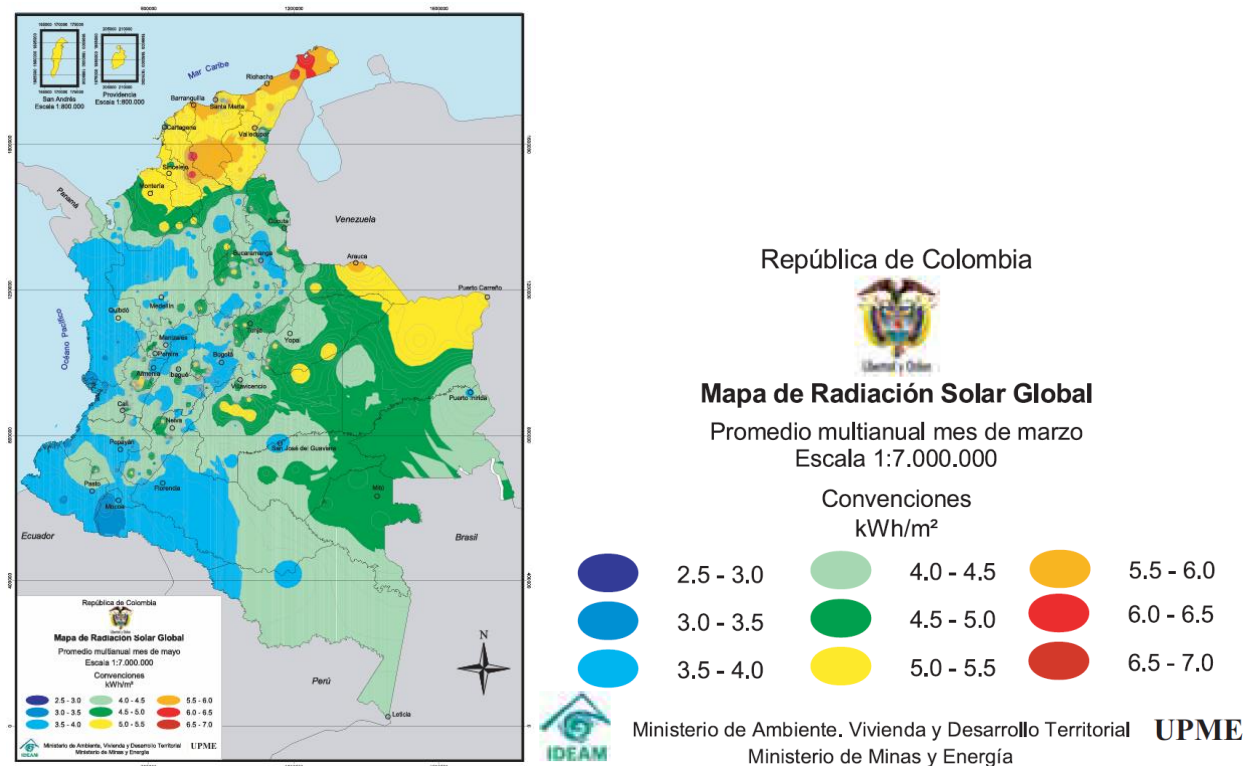
*Nota.* El mapa muestra la radiación solar, específicamente para el Caquetá en el mes de abril entre 4.0 – 4.5 kW/m<sup>2</sup>. Fuente. Atlas de radiación solar de Colombia. UPME, 2005.

[https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Impresos/Atlas\\_Radiacion\\_Solar\\_2005/2-Mapas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Impresos/Atlas_Radiacion_Solar_2005/2-Mapas_Radiacion_Solar.pdf)

En la figura 3, vemos la radiación solar del mes de mayo:

**Figura 3**

*Radiación Solar Mayo: Caquetá*

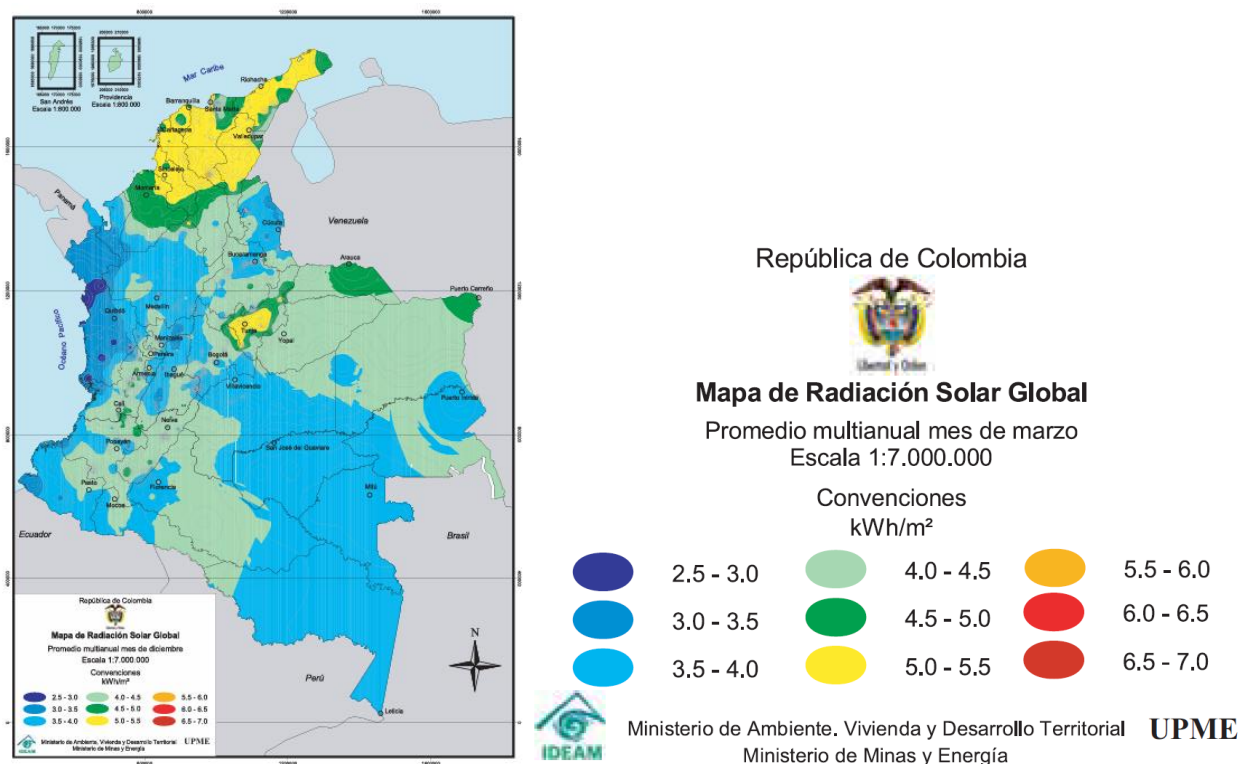


*Nota.* El mapa muestra la radiación solar, específicamente para el Caquetá en el mes de mayo entre 3.5 – 4.0 kW/m<sup>2</sup>. Fuente. Atlas de radiación solar de Colombia. UPME, 2005.

[https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Impresos/Atlas\\_Radiacion\\_Solar\\_2005/2-Mapas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Impresos/Atlas_Radiacion_Solar_2005/2-Mapas_Radiacion_Solar.pdf)

En la figura 4, vemos la radiación solar del mes de diciembre:

Figura 4

*Radiación Solar en Diciembre: Caquetá*

*Nota.* El mapa muestra la radiación solar, específicamente para el Caquetá en el mes de diciembre entre 4.0 – 4.5 kW/m<sup>2</sup>. Fuente. Atlas de radiación solar de Colombia. UPME, 2005.

[https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Impresos/Atlas\\_Radiacion\\_Solar\\_2005/2-](https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Impresos/Atlas_Radiacion_Solar_2005/2-)

[Mapas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](#)

Sobre el particular, resulta claro que la situación del territorio no es un caso aislado sino un síntoma de un problema estructural que afecta a miles de comunidades rurales en Colombia, y de forma particular al Caquetá, donde la falta de producción interna de energía eléctrica se convierte en un obstáculo para el desarrollo humano integral. Y para el logro particularmente, del ODS 7, que busca garantizar energía asequible y no contaminante para todos antes de 2030. La

brecha energética no solo perpetua condiciones de vida precarias, sino que también limita el acceso a tecnologías digitales, un factor crítico en un mundo cada vez más interconectado. El Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC, 2023) reporta para Caquetá, un acceso a internet por cada 100 habitantes de 8.81 (primer trimestre del 2023); si bien la cifra representa un aumento con respecto al primer trimestre del 2022, periodo durante el cual el acceso a internet por habitante se situó en 7,74, este no es lo suficiente, y en relación con otras regiones, representa un rezago importante en materia de pobreza, desigualdad y la ausencia a fuentes de energía y/o de infraestructura básica como torres de comunicación o centros digitales. Cabe subrayar, que si se observan los datos de acceso a internet fijo por cada 100 habitantes (7, 29, 1er. Trimestre de 2024) con respecto al mismo periodo del 2023, la cifra marca una tendencia negativa.

Además, la falta de electricidad en estas regiones tiene implicaciones profundas en la salud pública. Estudios realizados por diversas organizaciones y/o entidades revelan una correlación directa entre la dependencia de combustibles sólidos (leña, keroseno) y la incidencia de enfermedades respiratorias, que en zonas rurales es considerable. Al respecto, la UPME (2019) señaló que:

La identificación de las brechas territoriales cobra especial relevancia al considerar que la falta de acceso a energía eléctrica -principalmente en las zonas rurales- tiene impactos negativos sobre la salud de los habitantes, afectando en mayor proporción a las mujeres quienes actualmente dedican mayor tiempo a la preparación de alimentos (DANE-ENUT, 2017). Si bien, entre 2011 y 2017, la proporción de personas que cocinan con leña, madera o carbón disminuyó a la mitad, el 29% de los hogares rurales aún utilizan este tipo de combustible para cocinar.

Resultado de la evaluación de los costos en salud ambiental en Colombia realizada en Banco Mundial en el año 2012, y como parte del programa de asistencia técnica y apoyo analítico al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se estimó que el costo anual promedio de impactos en la salud por la contaminación del aire en locales cerrados asociada a la utilización de combustibles tradicionales (principalmente leña) en las zonas rurales de Colombia para ese año fue de 1,13 billones de pesos (0.22 % del PIB en 2009). La mortalidad infantil representa el 6% de los costos; la mortalidad femenina representa alrededor del 78% del costo. La Infección Respiratoria Aguda (IRA) en niños y mujeres adultas y la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) morbilidad de las mujeres adultas representan el 16% del costo.

Sobre el particular es claro que, en hogares sin electricidad, las mujeres y niños están expuestos a niveles peligrosos de contaminación intradomiciliaria, lo que aumenta el riesgo de neumonía y EPOC. A esto se suma la imposibilidad de conservar medicamentos básicos como vacunas o insulina, ya que los puestos de salud en veredas no interconectadas carecen de sistemas de refrigeración confiables.

Desde una perspectiva económica, la desconexión energética de zonas rurales como La Esperanza, ahonda las desigualdades productivas. Es evidente que, en comunidades sin acceso a electricidad, la productividad agrícola, principal sustento, es menor debido a la imposibilidad de implementar sistemas de riego tecnificado o procesamiento postcosecha. Esto condena a los campesinos a depender de intermediarios que compran sus productos a precios irrisorios, perpetuando un ciclo de pobreza y dependencia, que podría mitigarse con sistemas fotovoltaicos bien diseñados y adaptados a las necesidades de los hogares rurales.

El contexto político tampoco es alentador. Aunque Colombia ha avanzado en normativas como la Ley 1715 de 2024 que promueve las energías renovables, su implementación en territorios como Caquetá ha sido fragmentada, debido a factores relacionados con el conflicto armado, que en zona como la amazonia no da tregua. Situación que se agrava con la ausencia de una política de Estado integral que combine política orientadas a reducir brechas y a garantizar la seguridad.

Finalmente, el desafío ambiental agrega otra capa de complejidad. La Amazonía Colombiana, donde se ubica La Esperanza, es un ecosistema crítico para la regulación climática global, pero también es especialmente vulnerable a los impactos de soluciones energéticas mal planificadas. Sobre el particular, resulta claro que la disposición inadecuada de baterías de plomo ácido, comunes en sistemas fotovoltaicos autónomos podría contaminar fuentes hídricas como el río Caquetá, del cual dependen miles de personas para consumo y pesca. Además, de acuerdo con el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), entre “los años 2017 - 2020 las cifras de deforestación en el Caquetá estuvieron entre el primer y segundo puesto a nivel nacional con un rango de deforestación del 15% al 45,89% de las alertas tempranas de deforestación”, (15 de enero de 2025), sobre el particular, Global Forest Watch (15 de enero de 2025) refirió para el “2020, Caquetá tenía 6.74 Mha de bosque natural, que se extendía por el 75% de su superficie terrestre. En 2023, perdió 15.7 kha de bosque natural, equivalente a 12.5 Mt de emisiones de CO<sub>2</sub>”, y que entre “2001 a 2023, Caquetá perdió 791 kha de cobertura arbórea, lo que equivale a una disminución del 9.8% de la cobertura arbórea desde 2000, y al 496 Mt de las emisiones de CO<sub>2</sub>, acelerando la pérdida de biodiversidad.

Es así, que el problema del territorio trasciende la simple falta de electricidad: es un nudo crítico donde convergen desigualdad social, atraso productivo, crisis sanitaria y degradación ambiental e inseguridad. Sin un enfoque que integre tecnología fotovoltaica con modelos comunitarios, educación ambiental y políticas públicas de largo plazo, cualquier solución técnica estará condenada al fracaso.

### **Formulación del Problema**

¿Cuál es el grado de viabilidad técnica, económica, social y ambiental para implementar sistemas fotovoltaicos individuales en la vereda La Esperanza (Milán, Caquetá), como solución sostenible a la crisis energética en esta zona no interconectada?

## **Caracterización Territorial y Sociodemográfica de la Vereda La Esperanza**

La vereda la esperanza se localiza en el municipio de Milán, departamento de Caquetá, en la región amazónica colombiana, constituyendo un territorio de particular complejidad geográfica, ambiental y sociocultural que ejemplifica los desafíos energéticos de las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia. Esta caracterización territorial resulta fundamental para comprender el contexto específico en el que se evalúa la viabilidad de sistemas fotovoltaicos, ya que las condiciones biofísicas, socioeconómicas y culturales del territorio determinan directamente los parámetros técnicos, económicos, sociales y ambientales de cualquier intervención energética.

El análisis territorial desde una perspectiva energética cobra especial relevancia en contextos amazónicos, donde la intersección entre geografía, cultura y tecnología configuran escenarios únicos para la implementación de soluciones renovables. Como señalan Castán Broto et al. (2018), las transiciones energéticas en territorios periféricos requieren enfoques que trascienden las consideraciones puramente técnicas para incorporar dimensiones de Justicia ambiental y reconocimiento cultural. En el caso específico de La Esperanza, esta complejidad se manifiesta en la existencia de población indígena Coreguaje y campesina mestiza cada una con patrones diferenciados de uso energético y relación con el territorio.

La caracterización que se presenta a continuación se estructura siguiendo los lineamientos metodológicos propuestos por la UPME (2019) para la evaluación de proyectos energéticos en zonas no interconectadas (ZNI), pero incorporando variables socioculturales y ambientales específicas del contexto amazónico. Esta aproximación integral permite identificar no solo las oportunidades técnicas para la implementación de sistemas fotovoltaicos, sino

también las condiciones sociales, económicos y ambientales que determinarán su viabilidad a largo plazo.

Finalmente, es importante señalar que esta caracterización se fundamenta tanto en fuentes primarias obtenidas durante el trabajo de campo como en documentos institucionales oficiales, particularmente la resolución 1044 de 2007 del Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, que proporciona información detallada sobre las características territoriales, poblacionales y ambientales de la región, esta base documental se complementa con datos del DANE (2018), PNUD (2019) y CORPOAMAZONÍA (2007), garantizando la robustez empírica del análisis territorial presentado.

### **Localización y Características Geográficas**

La vereda La Esperanza se encuentra ubicada en la jurisdicción del municipio de Milán (código DANE:18460), el cual presenta una extensión territorial de 1.366 km<sup>2</sup> y una densidad poblacional de 7.57 habitantes por Km<sup>2</sup> (DANE, 2018). Esta configuración territorial, caracterizada por la dispersión poblacional y la baja densidad demográfica, constituye uno de los factores determinantes para la inviabilidad económica de la extensión de redes eléctricas convencionales, posicionando a las soluciones energéticas descentralizadas como alternativas técnicamente apropiadas. Según la tipología de capacidades municipales establecida por la Ley 617 de 2000, Milán se clasifica en categoría 6, evidenciando limitaciones fiscales estructurales que restringen las inversiones en infraestructura energética convencional.

El territorio se enmarca dentro de la gran Cuenca del río Caquetá, específicamente en el área de influencia de la red hidrográfica que incluye el río Peneya, tributario del río Orteguaza (MAVDT, 2007). Esta ubicación estratégica de la planicie amazónica, localizada altitudes

inferiores a 300 metros sobre el nivel del mar, confiere al territorio características climáticas tropicales lluviosas con precipitaciones permanentes durante todo el año, factor crítico para el dimensionamiento y diseño de sistemas fotovoltaicos en la región. La Cuenca del río Orteguaza, donde se inscribe La Esperanza, forma parte del sistema hídrico amazónico caracterizada por aguas blancas de origen andino, con alto contenido electrolítico y carga significativa de partículas en suspensión (CORPOAMAZONIA, 2007).

Desde una perspectiva geomorfológica, el territorio se localiza en la unidad denominada “planicie amazónica”, formada por procesos deposicionales asociados a la acumulación de sedimentos de unidades preexistentes (MAVDT, 2007). Esta configuración geológica, caracterizada por suelos de origen aluvial y terrazas asociadas a los grandes ríos amazónicos, presenta implicaciones directas para la instalación de infraestructura energética, particularmente en términos de estabilidad del territorio y drenaje. Los suelos predominantes corresponden al tipo “tierra firme” de la superficie de denudación, complementados por suelos de formas aluviales de ríos de origen andino, configuración que ofrece condiciones generalmente favorables para el anclaje de estructuras fotovoltaicas.

La localización geográfica de La Esperanza dentro de la región amazónica colombiana la posiciona en una zona de alta vulnerabilidad climática, donde fenómenos como el niño y las niñas generan variaciones significativas en los patrones de precipitación y nubosidad (IDEAM, 2019). Esta variabilidad climática interanual constituye un factor crítico para el diseño de sistemas fotovoltaicos, ya que periodos prolongados de baja radiación solar asociados a fases intensas de la niña pueden comprometer la confiabilidad de suministro energético.

Paralelamente, la región se ve afectada por sistemas de fallas geológicas como Acevedo, Suaza y Lomas Borde Amazónico, que, aunque presentan actividad sísmica moderada, deben

considerarse en los criterios de diseño estructural para instalaciones energéticas (CORPOAMAZONIA, 2007).

### **Condiciones Biofísicas y Climáticas**

El territorio de La Esperanza se inscribe dentro del macro clima amazónico tipo “Af” según la clasificación de Köppen, caracterizado por precipitación constante anual, alta humedad relativa superior al 80% y ausencia de periodos secos prolongados (MAVDT, 2007). La temperatura promedio oscila entre 24.8 °C y 25.3 °C, con aportes pluviométricos que varían entre 42.5 mm en los meses de menor precipitación hasta 1.088 mm en los periodos de mayor intensidad. Esta configuración climática tropical lluviosa, según CORPOAMAZONIA (2007), presenta un microclima que incide en el 95% de la jurisdicción regional, configurando condiciones ambientales relativamente homogéneas que facilitan la estandarización de soluciones tecnológicas energéticas.

La radiación solar disponible en la región, que oscila entre 4.0 y 4.5 kW/m<sup>2</sup> según datos de la UPME (2005), confirma un potencial energético solar adecuado para aplicaciones fotovoltaicas, ubicándose dentro del rango considerado favorable para proyectos de energía solar en Colombia. Sin embargo, estudios recientes como el de Abhishek et al. (2021) demuestran que la alta humedad relativa amazónica puede reducir la eficiencia de paneles fotovoltaicos convencionales hasta en un 29.41%, factor que debe incorporarse en los cálculos de dimensionamiento. Esta reducción de eficiencia se debe tanto a la formación de condensación en la superficie de los paneles como a la dispersión de la radiación solar por las partículas de agua suspendidas en la atmósfera, fenómeno particularmente relevante durante las horas de mayor humedad relativa matutina.

La variabilidad estacional de la radiación solar presenta patrones específicos en la región amazónica, con valores máximos entre enero y abril (4.5-4.0 kW/m<sup>2</sup>) y valores mínimos entre mayo y diciembre (3.5-4.0 kW/m<sup>2</sup>), según el Atlas de la radiación solar de Colombia (UPME, 2005). Esta variabilidad temporal debe considerarse en el diseño de sistemas de almacenamiento energético, particularmente durante los meses de menor radiación que coinciden con el periodo de mayor precipitación. Adicionalmente, la nubosidad característica del clima masónico, con frecuentes formaciones nubosas convectivas durante las tardes, puede generar fluctuaciones diarias significativas en la generación fotovoltaica, exigiendo sistemas de almacenamiento dimensionados para compensar estas intermitencias.

Los vientos predominantes en la región presentan velocidades bajas, generalmente inferiores a 3 m/s, limitando las opciones de generación eólica complementaria, pero facilitando la instalación de paneles fotovoltaicos al reducir las cargas estructurales por viento (IDEAM, 2019). La evapotranspiración potencial, estimada en aproximadamente 1.200 mm anuales, junto con la precipitación media de 3.000 mm anuales, configura un balance hídrico altamente positivo que mantiene condiciones de saturación de humedad durante la mayor parte del año. Estas características climáticas, si bien presenta desafíos para la eficiencia fotovoltaica, ofrece oportunidades para sistemas híbridos que integren aprovechamiento de agua lluvia con generación solar, optimizando el uso de recursos naturales disponibles.

### **Composición Poblacional y Características Sociodemográficas**

La población de la vereda La Esperanza presenta una composición heterogénea que refleja la diversidad étnica y cultural característica de los territorios amazónicos colombianos. Si bien el municipio de Milán registra un 28,42% de población perteneciente a grupos étnicos, incluyendo 2.912 habitantes indígenas y 0,9% afrodescendientes (PNUD, 2019), la vereda

específicamente alberga tanto población indígena Coreguaje como población campesina mestiza, configurando un escenario de interculturalidad que debe considerarse en el diseño de intervenciones energéticas. Esta diversidad étnica se enmarca en los procesos históricos de poblamiento amazónico, donde la dinámica de colonización, desplazamiento y territorialización han configurado territorios de alta complejidad sociocultural.

La estructuración poblacional específica documentada en el resguardo indígena Coreguaje La Esperanza registra 55 habitantes (29 hombres y 26 mujeres) agrupados en 12 familias, con una organización social basada en el sistema patriarcal y estructura de linajes patrilineales (MAVDT, 2007). Esta configuración demográfica, caracterizada por núcleos familiares extensos y redes de parentesco complejas, influye directamente en los patrones de consumo energético y las movilidades de gestión comunitaria de infraestructuras. La población mestiza campesina de la vereda, aunque no cuantifica específicamente en las fuentes oficiales, se estima en aproximadamente 80 a 100 habitantes adicionales distribuidos en 15 a 20 familias, según datos recopilados durante el trabajo de campo.

La estructura socioeconómica de la población total se caracteriza por altos índices de vulnerabilidad que trascienden las diferencias étnicas, el 52.5% de los hogares del municipio pertenece al nivel A del SISBEN, mientras que 1328 adicional se ubica en el nivel B (DANE, 2024). Estos indicadores evidencian condiciones de pobreza multidimensional que limitan significativamente la capacidad de inversión en tecnologías energéticas, situación que se agrava en el contexto rural donde el acceso a mercados laborales formales es limitado. Según el índice de pobreza multidimensional para Caquetá, que se sitúa en 33.6% para 2019, muy superior a la meta CONPES hoy nacional de 8.4% para 2030, la región enfrenta desafíos estructurales que requieren intervenciones integrales más allá del sector energético (PNUD, 2019).

La dinámica demográfica del territorio presenta tendencias de estabilización poblacional con leve crecimiento vegetativo, contrastando con la dinámica migratorias observadas y otras zonas rurales colombianas (DANE, 2018). Esta estabilidad demográfica, asociada al arraigo territorial de las comunidades indígenas y a la colonización de sistemas productivos campesinos, constituye un factor favorable para la sostenibilidad de proyectos energéticos a largo plazo. Sin embargo, la estructura etaria de la población, con predominio de población joven (aproximadamente 40% menor de 25 años) según proyección del DANE, plantea desafíos específicos en términos de demanda energética futura, particularmente asociada al acceso a tecnologías digitales y educativas que requieren suministro eléctrico confiable.

La composición educativa a la población presenta limitaciones significativas, con niveles de escolaridad promedio inferiores a la educación básica primaria completa, situación que se agrava por las restricciones de acceso a educación secundaria asociada a la dispersión geográfica y a la ausencia de infraestructura educativa adecuada (PNUD, 2019). Esta característica poblacional tiene implicaciones directas para los procesos de apropiación tecnológica de sistemas fotovoltaicos, sugiriendo la necesidad de estrategias de capacitación específicas que consideren los niveles educativos locales y incorporen metodologías de educación popular adaptadas al contexto rural amazónico.

### **Actividades Económicas y Patrones de Subsistencia**

La economía local de La Esperanza se sustenta en un modelo de subsistencia diversificado que configura agricultura de rotación, ganadería extensiva, recolección, caza, pesca y extracción limitada de recursos forestales. Este sistema productivo, fundamentado en conocimientos tradicionales y prácticas adaptativas, presenta patrones de consumo energético específicos que deben considerarse en el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos. Según el

estudio económico realizado por el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER, 2005) (citado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007), la base económica de la comunidad indígena se caracteriza por la agricultura con sistema de rotación de cultivos, donde el 75% de la población vive en condiciones de pobreza, evidenciando la necesidad de intervenciones que potencien las capacidades productivas locales.

La agricultura constituye la base económica principal, utilizando un método de rotación de cultivos con periodos de descanso de hasta 5 años para cultivos como el chontaduro, práctica que refleja conocimientos ecológicos tradicionales sobre la recuperación de la fertilidad del suelo (MAVDT, 2007). Los cultivos predominantes incluyen maíz, yuca, plátano, arroz, ñame, caña, chontaduro y piña, algunos de los cuales generan excedentes comercializables en la población o intercambiables con comunidades vecinas. Esta diversificación agrícola, característica de los sistemas agroforestales amazónicos, presenta demandas energéticas específicas relacionadas con el procesamiento postcosecha, particularmente para cultivos como el arroz que requiere trillado, sí la yuca que se procesa para la elaboración del casabe, alimento tradicional de la comunidad Coreguaje.

La ganadería, aunque de menor escala comparada con otras regiones del Caquetá, se desarrolla en lotes comunitarios sin división de cercas, donde se mantienen pastos mejorados y naturales con acceso a fuentes de agua suficientes, aunque con deficiencias en el manejo de potreros y técnicas de control fitosanitario (MAVDT, 2007). Esta actividad proporciona productos lácteos para autoconsumo y ocasionalmente genera excedentes cárnicos durante épocas de escasez. El sistema ganadero local presenta oportunidades para la integración de tecnologías energéticas, particularmente para el funcionamiento del sistema de ordeño, refrigeración de productos lácteos y cercas eléctricas que optimicen el manejo del pastoreo.

Las actividades de recolección, caza y pesca complementan significativamente la economía de subsistencia, aprovechando la biodiversidad local de bosques primarios y secundarios, sistema de Vega asociados a los ríos Peneya y Ortegua, y una red extensa de caños y lagunas ricas en recursos pesqueros (MAVDT, 2007). La casa se orienta hacia especies como pavas, gallinetas, venados, micos, chigüiros y armadillos, mientras que la pesca aprovecha especies como chochas, dentones, jachos y bocachico. Estas actividades tradicionalmente no demandan energía eléctrica, pero podrían beneficiarse a sistemas de refrigeración para la conservación de productos y procesamiento excedentes para comercialización.

La extracción de recursos forestales se realiza exclusivamente para autoconsumo, incluyendo materias primas para artesanías (especialmente Palma de cumare), construcción de viviendas, embarcaciones y utensilios domésticos, así como el suministro permanente de leña para cocción (MAVDT, 2007). Esta dependencia de biomasa leñosa para necesidades energéticas básicas representa tanto una presión sobre los recursos forestales como una oportunidad para la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles. La implementación de sistemas fotovoltaicos podría reducir significativamente la demanda de leña para iluminación y potencialmente para cocción mediante cocinas eléctricas eficientes, contribuyendo a la conservación de la cobertura boscosa y reduciendo la exposición a contaminación intradomiciliaria.

### **Problemáticas Ambientales y Energéticas**

El territorio de La Esperanza enfrenta múltiples desafíos ambientales que se entrelazan directamente con la problemática energética, configurando un sistema de vulnerabilidades interconectadas que requieren abordajes integrales. La ausencia de sistemas de tratamiento y suministro de agua potable constituye una problemática crítica, ya que la comunidad depende del

consumo de agua lluvia durante el invierno y agua de caños durante el verano, particularmente del caño “23” que vierte al río Orteguzza, sin ningún tipo de tratamiento o purificación (MAVDT, 2007). Esta carencia de infraestructura hídrica presenta vínculos directos con la ausencia energía eléctrica, ya que sistemas de bombeo, purificación y distribución de agua requiere un suministro energético confiable.

La gestión inadecuada de residuos sólidos y la ausencia de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales generan contaminación de ríos y quebradas, problemática que se agrava durante las épocas de mayor precipitación cuando los sistemas de drenaje natural se saturan (MAVDT, 2007). Esta situación ambiental podría mejorar significativamente mediante la implementación de sistemas energéticos que permitan el funcionamiento de plantas de tratamiento descentralizadas, sistema de bombeo para pozos sépticos y tecnologías de compostaje que requieren energía para aireación y control de humedad. Adicionalmente, el acceso a energía eléctrica facilitaría la implementación de programas de educación ambiental mediante medios audiovisuales y tecnologías de información.

Particularmente crítico es el uso de técnicas inadecuadas de quema para la preparación de cultivos, práctica que ocasiona pérdida de cobertura boscosa, destrucción de hábitats faunísticos y empobrecimiento progresivo de suelos mediante la eliminación de materia orgánica, facilitación de la insolación directa y aumento de temperatura del suelo (MAVDT, 2007). Esta problemática se relaciona directamente con la ausencia de alternativas energéticas para actividades como la preparación de alimentos, que actualmente dependen del uso de leña y combustibles sólidos, perpetuando la presión sobre recursos forestales. El empobrecimiento del suelo asociado a quemas inadecuadas puede llegar a generar la pérdida de horizontes superiores

y el afloramiento de horizontes inferiores pobres en nutrientes y totalmente compactados, comprometiendo la sostenibilidad agrícola a largo plazo.

La región amazónica donde se ubica La Esperanza enfrenta presiones ambientales más amplias relacionadas con la deforestación, donde Caquetá registró entre 2017-2020 una cifra de deforestación que lo ubican entre el primer y segundo puesto nacional, con un rango del 15% al 45.89% de las alertas tempranas (CIPAV, 2021, citado por GFW, 2023). Según Global Forest Watch (GFW) (2023), Entre 2001 y 2023 Caquetá perdió 791 kha de cobertura arbórea, A una disminución del 9,8% desde el 2000 y 496 Mt de emisiones de CO<sub>2</sub>. Esta dinámica de deforestación parcialmente asociada al uso de leña, la cocción y la expansión de actividades agropecuarias, podría mitigarse mediante la implementación de sistemas energéticos alternativos que reduzcan la dependencia de biomasa leñosa y promuevan prácticas productivas más sostenibles.

Los impactos de cambio climático en la región se manifiestan a través de las intensificaciones de eventos climáticos extremos, incluyendo sequías prolongadas asociadas a fenómenos de El Niño y precipitaciones excepcionales durante episodios de La Niña, fenómenos que afectan tanto los sistemas productivos como la disponibilidad de recursos hídricos (IDEAM, 2019). Esta variabilidad climática presenta desafíos específicos para sistemas energéticos particularmente durante periodos de sequía cuando la demanda de bombeo de agua se incrementa precisamente cuando la radiación solar disponible puede ser mayor, configurando una oportunidad para sistemas fotovoltaicos con almacenamiento adecuado. Paralelamente, la vulnerabilidad a inundaciones durante periodos de precipitación extrema exige consideraciones específicas de diseño para la protección de infraestructura energética.

## Condiciones Institucionales y de Gobernanza

La vereda La Esperanza se enmarca en múltiples niveles de gobernanza que incluyen autoridades municipales, instituciones departamentales y organizaciones indígenas y campesinas, configurando un escenario de pluralismo jurídico que presenta tanto oportunidades como desafíos para la implementación de proyectos energéticos. En el caso específico de la población Coreguaje, la organización sociopolítica se estructura a través del sistema de cabildo, resultado de la transformación de estructuras tradicionales chamánicas hacia formas organizativas que incorporan elementos del derecho occidental, con autoridades elegibles anualmente incluyendo Cacique, secretario, Tesorero, Fiscal y Comisario (MAVDT, 2007). Esta estructura organizativa presenta legitimidad tanto interna como externa, facilitando procesos de gestión comunitaria de infraestructuras energéticas.

Las comunidades Coreguaje la región participan activamente en organizaciones indígenas de diferentes escalas, incluyendo la asociación de indígenas Korevaju Desplazados (ASONKODE), el Consejo Regional Indígena del Orteguaza Medio Caquetá (CRIOMC), y la Organización Nacional indígena de Colombia (ONIC), configurando redes organizativas que trascienden el ámbito local y pueden facilitar el acceso a recursos técnicos y financieros para proyectos energéticos (MAVDT, 2007). Esta articulación organizativa multinivel constituye un activo significativo para la gestión de proyectos complejos que requieren coordinación interinstitucional de acceso a diferentes fuentes de financiamiento.

La población campesina mestiza de la vereda se organiza principalmente a través de juntas de acción comunal y organizaciones productivas informales, estructuras que, aunque menos formalizadas que los cabildos indígenas, presentan capacidades organizativas consolidadas para la gestión colectiva recursos e infraestructuras. Según observaciones del

trabajo de campo, estas organizaciones han desarrollado prácticas de cooperación para el manejo compartido de generadores eléctricos y sistemas de comunicación, evidenciando capacidades preexistentes para la gestión comunitaria de tecnologías energéticas. La coordinación entre estas diferentes formas organizativas constituye un desafío específico que requiere mecanismos de gobernanza inclusivos que respeten la autonomía de cada grupo poblacional.

El marco institucional más amplio incluye la presencia de instituciones estatales como el INCODER (ahora ANT) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007), CORPOAMAZONÍA, la Alcaldía Municipal de Milán y entidades departamentales, aunque con presencia histórica limitada y discontinua en el territorio. Esta debilidad institucional, evidenciada en la ausencia de infraestructura básica y servicios públicos esenciales, ha generado desconfianza hacia intervenciones externas, factor que debe considerarse cuidadosamente en diseño de proyectos energéticos. Sin embargo, documentos como el Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR) 2002-2011 y el Plan de Acción Territorial (PAT) 2007-2009 de CORPOAMAZONÍA establecen lineamientos específicos para el apoyo a comunidades indígenas, incluyendo la formulación de planes integrales de vida y proyectos de infraestructura básica.

La implementación de políticas energéticas nacionales en el territorio enfrenta limitaciones derivadas de la fragmentación institucional y la desarticulación entre diferentes niveles de gobierno. La ley 1715 de 2014, que promueve las energías renovables y el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, que prioriza la transición energética, han tenido una implementación limitada en territorios como La Esperanza debido a barreras administrativas, presupuestales y técnicas. Esta desarticulación sugiere la necesidad de modelos de gobernanza energética que combinen autonomía local con articulación institucional, aprovechando las

capacidades organizativas existentes mientras se fortalecen los vínculos con programas estatales de electrificación rural.

### **Implicaciones para la Implementación de Sistema Fotovoltaicos**

La caracterización territorial de la esperanza revela un contexto de alta complejidad que trasciende las consideraciones técnicas convencionales para proyectos energéticos, evidenciando la necesidad de enfoques socio técnicos que integren variables ambientales, sociales, económicas e institucionales en el diseño de soluciones fotovoltaicas. Las condiciones climáticas amazónicas, con alta humedad relativa y variabilidad en la radiación solar, sugieren la necesidad de tecnologías fotovoltaicas específicamente adaptadas, posiblemente incluyendo paneles de película delgada con mejor rendimiento en condiciones de baja y radiación, sistemas híbridos que combinan generación solar con otras fuentes renovables, y configuraciones de almacenamiento extendido que compensen la intermitencia asociada a patrones climáticos locales.

Las características socioeconómicas del territorio, marcadas por altos índices de pobreza multidimensional y limitada capacidad de inversión, demandan modelos financieros innovadores que trasciendan los esquemas convencionales de recuperación de costos. La coexistencia de población indígena y campesina mestiza, cada una con estructuras organizativas diferenciadas pero complementarias, sugiere oportunidades para modelos de gestión comunitaria que aprovechen las fortalezas de ambos sistemas organizativos. Estos modelos podrían incluir esquemas de propiedad colectiva, fondos rotatorios comunitarios y sistemas de subsidios cruzados que consiguen en la diversidad de capacidades económicas dentro de la comunidad.

La diversidad de actividades económicas locales, desde agricultura de subsistencia hasta ganadería extensiva y aprovechamiento de recursos naturales, presenta oportunidades específicas para aplicaciones energéticas productivas que trascienden el simple suministro doméstico. Sistemas fotovoltaicos dimensionados para soportar actividades como el trillado de arroz, la refrigeración de productos lácteos y cárnicos, el procesamiento de yuca para casabe y el funcionamiento de sistemas de bombeo para riego podría generar impactos significativos en la productividad y los ingresos locales de acuerdo con lo observado. Esta orientación hacia usos productivos constituye un factor crítico para la sostenibilidad económica de los sistemas y su apropiación comunitaria.

Las problemáticas ambientales identificadas, particularmente la dependencia de la línea para cocción y las prácticas inadecuadas de quema para cultivos, configuran un escenario donde la implementación de sistemas fotovoltaicos puede generar con juicios ambientales significativos mediante la reducción de presiones sobre recursos forestales. Sin embargo, esta transición energética debe complementarse con protocolos estrictos para el manejo de componentes tecnológicos al final de su vida útil, particularmente baterías que pueden generar contaminación si no se gestionan adecuadamente en contextos con limitada infraestructura de manejo de residuos.

Finalmente, la complejidad institucional del territorio, caracterizada por el pluralismo jurídico y la coexistencia de diferentes formas de autoridad, exige el diseño de gobernanza energética específicos que respeten la autonomía territorial indígena mientras faciliten la participación efectiva de todos los actores locales. Esta gobernanza debe incorporar mecanismos de toma de decisiones consensuadas, distribución equitativa de beneficios y responsabilidades, y articulación con marcos institucionales más amplios que permitan el acceso a recursos técnicos y

financieros. Solo a través de este enfoque integral será posible desarrollar soluciones fotovoltaicas que sean técnicamente robustas, económicamente sostenibles, socialmente apropiadas y ambientalmente responsables en el contexto específico de La Esperanza.

## Justificación

La presente investigación se justifica en la urgencia de abordar la crisis energética que afecta a territorios rurales como la vereda La Esperanza (Milán, Caquetá), donde la convergencia de factores geográficos, socioeconómicos, culturales, geopolíticos y ambientales profundizan las desigualdades estructurales. Aunque los datos específicos de La Esperanza son limitados, el contexto departamental, con un 47,7% de la población rural sin acceso confiable a energía (PNUD, 2019) y un índice de pobreza multidimensional del 33,6% evidencia un escenario donde la falta de energía perpetúa ciclos de pobreza, inseguridad alimentaria y marginación productiva, así como su dependencia a soluciones energéticas provenientes del Huila (PNUD, 2019). Adicional, en zonas de alta dispersión y difícil acceso, como esta vereda, la imposibilidad de extender la red eléctrica convencional obliga a las comunidades a depender de soluciones alternativas, con consecuencias devastadoras, desde el 29% de hogares rurales expuestos a contaminación intradomiciliaria (UPME, 2019) hasta la pérdida acelerada de cobertura forestal (791 kha entre 2001-2023, Global Forest Watch).

La energía fotovoltaica emerge como una alternativa técnicamente viable, apoyada en un potencial de radiación solar de 4.0-4.5 kW/m<sup>2</sup> (UPME, 2005) pero su implementación requiere superar barreras únicas en territorios amazónicos: fragilidad ecosistémica, economías campesinas con limitada capacidad de inversión y desconfianza histórica hacia proyectos estatales. Esta investigación busca, entonces, llenar un vacío crítico, proponer un modelo sociotécnico que integre las condiciones reales del Caquetá (geografía, cultura, economía) y que tome en cuenta factores transversales como el conflicto armado interno, con soluciones energéticas sostenibles, evitando generalizaciones que ignoran las particularidades de comunidades como La Esperanza.

Su relevancia trasciende lo académico. Al vincular el análisis técnico con dimensiones sociales y ambientales como los riesgos sanitarios por baterías de plomo ácido o la deforestación asociada a combustibles leñosos, el estudio aporta insumos para políticas públicas que prioricen la justicia energética en Zonas No Interconectadas (ZNI). Además, sienta un precedente metodológico para investigar realidades locales con datos limitados, usando el contexto macro como marco de referencia sin perder el foco en las necesidades hiperfocales. Los resultados no solo beneficiarán a La Esperanza, sino que servirán como modelo replicable para otras ZNI en la Amazonia, donde la energía sostenible es un catalizador para romper con el abandono histórico y alinear el desarrollo humano con la preservación ambiental, al tiempo que con los objetivos trazado sobre la materia en el PDN 2022-2026 y los ODS.

La caracterización territorial desarrollada en esta investigación por su parte valida empíricamente la urgencia y especificidad de esta problemática, evidenciando que La Esperanza constituye un laboratorio natural para evaluar soluciones energéticas en contextos más complejos. La coexistencia documentada de 55 habitantes indígenas Coreguaje organizados en estructuras de Cabildo y aproximadamente 80 a 100 habitantes campesinos mestizos articulados en Junta de acción comunal, junto con un sistema económico diversificado que combina agricultura de rotación (maíz, yuca, plátano, arroz, chontaduro), ganadería extensiva y aprovechamiento sostenible de recursos naturales, configura un escenario donde las soluciones energéticas deben responder simultáneamente a múltiples racionalidades culturales, patrones de consumo diferenciados y demandas productivas específicas (MAVDT, 2007, citado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). Las condiciones biofísicas específicas del territorio, alta humedad relativa superior al 80%, precipitaciones variables entre 42.5 y 1.088 mm anuales, y radiación solar de 4.0-4.5 kW/m<sup>2</sup>, confirman la viabilidad técnica del

sistema fotovoltaicos, sino que establecen parámetros de diseño únicos que trascienden a especificidades estándar para contextos tropicales (CORPOAMAZONÍA, 2007 citado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007; UPME, 2005). Esta especificidad territorial, complementada por problemáticas ambientales documentadas como la ausencia de sistema de agua potable, manejo inadecuado de residuos sólidos y dependencia técnica de quema para cultivos, fundamenta la necesidad de desarrollar modelos socio técnicos que integren la transición energética con estrategias territoriales más amplias de sostenibilidad ambiental y fortalecimiento de capacidades organizativas locales, posicionando esta investigación como un aporte metodológico crucial para la comprensión de las transiciones energéticas justas en territorios amazónicos caracterizados por la diversidad cultural, la estabilidad eco sistémica de la marginalidad histórica.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar la viabilidad de implementar un sistema de energía solar fotovoltaica en la vereda La Esperanza, municipio de Milán Caquetá, considerando las dimensiones técnica, económica, social y ambiental, con el fin de garantizar un servicio energético confiable y sostenible.

### **Objetivos Específicos**

Explorar las prácticas, necesidades y percepciones de la comunidad de La Esperanza en torno al acceso y uso de energía.

Identificar los desafíos y oportunidades técnicas asociadas a la implementación de sistemas fotovoltaicos en el contexto local.

Analizar las barreras y alternativas económicas para la adopción y sostenibilidad de los sistemas fotovoltaicos en la comunidad.

Evaluar las percepciones socioambientales y culturales relacionadas con la implementación de sistemas fotovoltaicos en el territorio.

## Marco Referencial

La energización rural sostenible representa uno de los desafíos más complejos en la agenda global de desarrollo, particularmente en regiones con geografía diversa y población dispersas como la Amazonía colombiana. El presente marco conceptual establece las coordenadas teóricas y epistemológicas para analizar la viabilidad de sistemas fotovoltaicos en la vereda La Esperanza (Milán, Caquetá), desde una perspectiva multidimensional que trasciende el reduccionismo tecnológico. La construcción conceptual aquí propuesta se fundamenta en la intersección de diversas corrientes teóricas, entre las que se encuentran: las transiciones socio técnicas, la justicia energética, la resiliencia comunitaria, y los sistemas técnicos sociales integrados, articulando un andamiaje analítico robusto y coherente que permite comprender la energización rural como un fenómeno complejo donde convergen factores técnicos, económicos, socioculturales y ambientales. Este posicionamiento epistemológico reconoce, siguiendo a García y Graizbord (2016), que la pobreza energética no es solamente un problema de infraestructura, sino una manifestación multidimensional de desigualdades que requiere abordajes sistémicos. Es así como los autores (García y Graizbord, 2016, p. 5) refieren que, la “pobreza energética” multidimensional “en el hogar implica la carencia de al menos uno de los servicios o bienes económicos que se consideran básicos para satisfacer necesidades humanas fundamentales: los cuales son: i) Iluminación, ii) Entretenimiento, iii) Calentamiento de agua, iv) Cocción de alimentos, v) Refrigeración de alimentos, y vi) Confort térmico en la vivienda”. Sobre el particular refieren:

Con base en los planteamientos de Sen (1981) y Max-Neef et al. (1991) respecto a las necesidades humanas, García (2014: 17) propone la siguiente definición de pobreza energética: “Un hogar se encuentra en pobreza energética cuando las personas que lo habitan no satisfacen

las necesidades de energía absolutas, las cuales están relacionadas con una serie de satisfactores y bienes económicos que son considerados esenciales, en un lugar y tiempo determinados, de acuerdo a las convenciones sociales y culturales”. (García y Graizbord, 2016, p. 7)

En tal línea, el marco propuesto dialoga críticamente con la literatura especializada y propone categorías analíticas fundamentada para comprender las dinámicas particulares de adopción tecnológica en contextos amazónicos, donde las cosmovisiones locales, las estructuras económicas y las condiciones ecológicas configuran escenarios particularmente desafiantes para la transición energética. Los autores advierten que:

Si las prácticas de consumo de energía varían en función del contexto social y cultural, así como del nivel de vida o estatus de las personas y familias, se infiere entonces la posibilidad de un amplio espectro de opiniones y percepciones acerca del significado de privación o carencia. Esta situación plantea una serie de desafíos conceptuales y metodológicos para determinar los bienes económicos o servicios energéticos cuya privación implique pobreza energética. (García Ochoa y Graizbord, 2016, p. 11)

Por lo que, por un lado, consideran que la implementación en investigaciones sobre la materia, de algún método cualitativo (como grupos focales y demás) resulta particularmente relevante, dada su capacidad para precisar factores considerados necesarios como los bienes sociales y culturales. Por otro lado, García y Graizbord, (2016, p. 24) destacan lo referido por Patz, et al., 2005; McMichael et al., 2006; Costello et al., 2009; IPCC, 2012; WHO-WMO, 2012, en materia de bienes económicos, dado sus efectos en factores como la salud y el bienestar, para quienes el:

“Confort térmico”, “Refrigerador Eficiente”, “Estufa de gas o eléctrica” y, en menor medida “Calentamiento de agua”, se asocia con problemas de salud que afectan a

millones de personas en el mundo debido al incremento de la temperatura global por el cambio climático. El aumento en la morbilidad y mortalidad de golpes de calor, contaminación del aire interior en las viviendas y enfermedades diarreicas son los ejemplos más claros y visibles de estos impactos que perjudican principalmente a los grupos de población más vulnerables, que son los niños menores de cinco años y adultos mayores de 65 años. (Patz, et al., 2005; McMichael et al., 2006; Costello et al., 2009; IPCC, 2012; WHO-WMO, 2012)

En este escenario, siguiendo a McMichael, et al. (2003), “destacan que además de las condiciones económicas, grupo de edad y actitudes o conductas de la población, las condiciones de la vivienda, así como el uso de aire acondicionado y ventiladores, son los factores más importantes que afectan la vulnerabilidad de la población ante eventos de calor extremos” (García y Graizbord, 2016. p.25). Por lo que contar con energía mínimamente adecuada al interior de una vivienda es indispensable en pro de la atención a necesidades de la población en el ámbito urbano y rural.

### **Transiciones Sociotécnicas en Contextos Rurales**

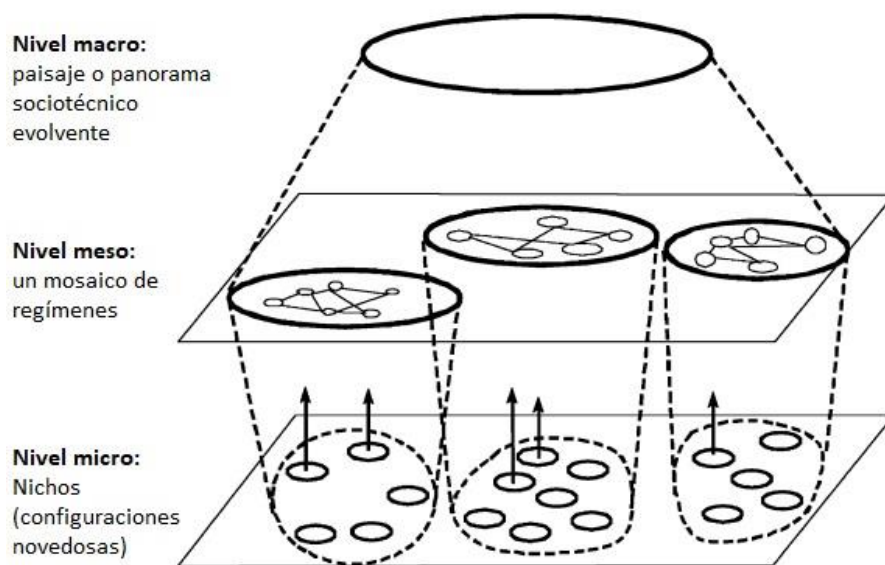
En el marco de lo descrito, emergen las transiciones energéticas no como procesos lineales de sustitución tecnológica, sino transformaciones complejas que reconfiguran simultáneamente artefactos materiales, prácticas sociales y marcos institucionales. La teoría de las transiciones socio técnicas (Geels citado por Villalobos et al., 2023) proporciona un marco analítico fundamental para comprender estos procesos (ver figura 5), particularmente a través del modelo multinivel que distingue entre nichos (espacios protegidos donde emergen innovaciones), regímenes (estructuras y prácticas dominantes) y paisajes (contextos macroeconómicos y

culturales más amplios). Al respecto, de acuerdo con Villalobos et al. (2023) para Schot y Geels, 2008 y Geels, 2011.

(...) la perspectiva multinivel conceptualiza los patrones dinámicos generales en procesos de transición de sistemas sociotécnicos. Este marco articula microsupuestos teóricos de la economía evolutiva, los estudios de la ciencia y la tecnología, la teoría de estructuración y el neoinstitucionalismo en tres niveles (ver figura 5): el nicho, entendido como el lugar en el que se gestan alternativas tecnológicas e innovaciones radicales; el régimen, como el espacio donde las prácticas establecidas y las reglas asociadas estabilizan los sistemas imperantes; y el paisaje, que representa un contexto más amplio, o tendencias, que influyen las dinámicas del régimen y el nicho.

### Figura 5

*El Modelo de los Tres Niveles en la Teoría de las Transiciones Sociotécnicas de Geels*



*Nota.* La figura muestra los tres niveles de las transiciones sociotécnicas. Fuente. Niveles múltiples como jerarquía anidada. Villalobos et al. (2023).

<https://www.redalyc.org/journal/5343/534376198002/html/>

En el caso específico de comunidades rurales no interconectadas como La esperanza, los sistemas fotovoltaicos constituyen potenciales innovaciones de nicho que deben interactuar con regímenes energéticos preexistentes caracterizados por la precariedad y la improvisación. Como señala Köhler et al. (2019), estas transiciones no ocurren espontáneamente, sino que requieren reconfiguraciones deliberadas de actores, recursos y significados, en otras palabras, requiere hablar de transiciones, entendidas como procesos de cambio entre un estado de las cosas y otro. En tal sentido, las comunidades amazónicas no son receptoras pasivas de tecnologías externas, sino agentes activos que reinterpretan y transforman estas innovaciones según sus necesidades específicas y marcos culturales. Lo indicado, atendiendo al hecho de que estas transiciones (Yanguas et al., 2021) deben acercar a las comunidades a unos “fundamentos para la vida digna y respetar los límites planetarios que impone la naturaleza” (Yanguas et al., 2021).

El tal contexto, siguiendo los planteamientos de (Markard et al, 2012 & Smith et al, 2010 citados por Markard, J., 2018) las reconfiguraciones socio técnicas, orientadas hacia la sostenibilidad los autores son particularmente pertinentes para analizar cómo la introducción de sistemas fotovoltaicos en La Esperanza no solo alteraría las fuentes de energía, sino que potencialmente transformaría prácticas productivas, relaciones sociales y estructuras de gobernanza energética local. Lo indicado dado que, los sistemas socio técnicos incluyen redes de actores: individuos, organizaciones, asociaciones, ONG, autoridades, responsables políticos; instituciones como las normas sociales y técnicas, regulaciones, estándares, políticas, y tecnologías integradas por artefactos materiales e infraestructura (Geels, 2004; Markard, 2011, citados por Markard, 2018).

En tal sentido, este enfoque permite trascender visiones deterministas que asumen una relación unidireccional entre tecnología y sociedad, reconociendo en cambio procesos complejos

de co-construcción donde los sistemas técnicos son simultáneamente configurados por y configuradores de dinámicas sociales (Bijker & Law, citados en *The Social Construction of Technological Systems*, 1989).

### **Justicia Energética y Derechos Fundamentales**

El paradigma de la justicia energética constituye un Pilar fundamental para esta investigación, al proporcionar un marco normativo que evalúa no solo la disponibilidad física de electricidad, sino las complejas implicaciones distributivas, procedimentales y de reconocimiento asociadas a los sistemas energéticos (Jenkis et al., 2016 citados por Arboleda & Gómez, 2022). Esta perspectiva reconceptualiza el acceso a una energía como un derecho fundamental intrínsecamente vinculado a la dignidad humana y el desarrollo sostenible, trascendiendo visiones mercantilistas que reducen la energía a una simple mercancía.

Siguiendo a McCauley et al. (2018), la justicia energética se articula en 3 dimensiones complementarias: distribucional (equidad en el reparto de beneficios y cargas), procedimental (participación efectiva en la toma de decisiones) y de reconocimiento (respeto a diversas identidades y necesidades). En el contexto específico de comunidades amazónicas como La Esperanza, este marco permite analizar no solo quien tiene acceso a la energía, sino cómo se determinan las prioridades energéticas, qué voces son incluidas en estos procesos y cómo se respetan las particularidades culturales locales.

En esta línea, la noción de vulnerabilidad energética se fundamenta en los planteamientos de Balbina y Marcó, (2019), quienes complementan el enfoque de Bouzarovski y Petrova (2015) al visibilizar las condiciones estructurales que limitan la capacidad de determinados grupos para acceder, costear y beneficiarse de servicios energéticos adecuados. En La Esperanza, esta

vulnerabilidad se manifiesta en la triple carga que soportan los habitantes: exclusión de la red nacional, dependencia de combustibles costosos e ineficientes, y exposición a impactos ambientales negativos derivados de prácticas energéticas insostenibles.

La justicia energética proporciona, además, un marco analítico para evaluar la sostenibilidad a largo plazo de intervenciones tecnológicas como los sistemas fotovoltaicos. Como argumentan Sovacool y Dworkin (2015), las soluciones energéticas verdaderamente justas deben considerar no solo criterios técnicos o económicos inmediatos, sino también su impacto intergeneracional y ecosistémico, particularmente relevante en un contexto de alta biodiversidad y fragilidad ecológica como la Amazonía colombiana.

### **Pobreza Energética Multidimensional, Red Conceptualizando Carencias y Capacidades**

La pobreza energética constituye un fenómeno multidimensional que trasciende la mera carencia de electricidad, manifestándose en limitaciones persistentes para satisfacer necesidades energéticas básicas que permitan una vida digna. Siguiendo a González (2015), este concepto permite analizar las privaciones energéticas de La Esperanza no como simples definiciones técnicas, sino como manifestaciones de desigualdades estructurales más profundas que limitan el desarrollo humano integral.

El marco analítico resulta particularmente útil para poder alizar este concepto, distinguiendo 3 dimensiones fundamentales: disponibilidad física (acceso a fuentes energéticas), asequibilidad económica (capacidad para costear servicios) y adecuación (calidad y fiabilidad respecto a necesidades específicas). Esta conceptualización multidimensional permite comprender por qué soluciones técnicamente viables pueden fracasar cuando no consideran restricciones económicas o preferencias culturales de las comunidades destinatarias.

Particularmente innovador es el enfoque de “capacidades energéticas” propuesto por Middlemiss et al. (2019), que reconceptualiza la pobreza energética desde una perspectiva seniana, enfocándose no en carencias sino en capacidades que permiten a los individuos y comunidades ejercer agencia efectiva sobre sus sistemas energéticos. Este enfoque resulta especialmente pertinente para el contexto amazónico, donde las comunidades campesinas han desarrollado históricamente estrategias adaptativas frente a la precariedad energética que constituyen importantes activos para cualquier intervención tecnológica.

La interrelación entre pobreza energética y otras dimensiones del bienestar ha sido ampliamente documentada por autores como Pelz et al. (2018), quienes demuestran cómo el acceso a la electricidad impacta significativamente indicadores de salud, educación y productividad económica. En La esperanza, esta interrelación se manifiesta en fenómenos como la alta incidencia de enfermedades respiratorias vinculadas al uso de combustibles contaminantes y las limitadas oportunidades educativas derivadas de la imposibilidad de estudiar después del anochecer, evidenciando que la pobreza energética actúa como multiplicador de otras formas de vulnerabilidad social.

### **Resiliencia Socioecológica en Contextos de Transición Energética**

La resiliencia socio ecológica emerge como un concepto vertebrador para analizar la capacidad adaptativa de comunidades rurales frente a transformaciones tecnológicas como la implementación de sistemas fotovoltaicos. Siguiendo a Folke (2016), esta perspectiva conceptualiza los sistemas sociales y ecológicos como entidades interdependientes cuya resiliencia depende tanto de factores biofísicos como de construcciones sociales, institucionales y culturales.

Particularmente relevante para el contexto amazónico es el concepto de “resiliencia transformativa” propuesto por Pelling (2011), que distingue entre adaptaciones incrementales y transformaciones profundas en la relación entre sociedades y sus entornos. La transición hacia sistemas fotovoltaicos en La Esperanza no representa meramente una adaptación técnica, sino potencialmente una transformación en las relaciones socio ecológicas que podría incrementar la resiliencia comunitaria frente a vulnerabilidades energéticas estructurales.

Wilson (2012) (citado por Ruiz, 2015) identifica 3 componentes fundamentales de la resiliencia comunitaria: capital económico (recursos materiales y financieros), capital social (redes y confianza interpersonal) y capital ambiental (recursos naturales y conocimientos ecológicos). La interacción dinámica entre estos componentes determina la capacidad de una comunidad para apropiarse efectivamente innovaciones tecnológicas como los sistemas fotovoltaicos, adaptándolos a sus condiciones específicas y derivando beneficios sostenidos en el tiempo.

El enfoque de tecnologías resilientes desarrollado por Smith y Stirling (2010) (citados por Perez, 2022) complementa esta perspectiva, enfatizando que la resiliencia tecnológica en contextos vulnerables depende fundamentalmente de factores como la modularidad (capacidad para funcionar a diferentes escalas), la redundancia (múltiples formas de resolver problemas) y la adaptabilidad (flexibilidad para responder a condiciones cambiantes). Estas características resultan particularmente importantes en contextos amazónicos, donde condiciones ambientales adversas y restricciones logísticas imponen desafíos significativos para cualquier sistema tecnológico.

## **Sistemas Fotovoltaicos como Construcciones Socio Técnicas**

Los sistemas fotovoltaicos no constituyen meros artefactos técnicos sino ensamblajes complejos donde convergen elementos materiales, conocimientos especializados, arreglos institucionales y significados culturales. Siguiendo la teoría del actor-red (Latour, 2005), estos sistemas pueden conceptualizarse como redes heterogéneas que articulan actores humanos y no humanos en configuraciones específicas que determinan sus posibilidades de funcionamiento y apropiación.

El paradigma de tecnología apropiada, desarrollado inicialmente por Schumacher (1973) proporciona un marco evaluativo para analizar la adecuación de los sistemas fotovoltaicos al contexto específico de La Esperanza. Este enfoque enfatiza que la viabilidad tecnológica no depende exclusivamente de criterios técnicos universales, sino de la compatibilidad con condiciones locales específicas: capacidades técnicas disponibles, recursos económicos, estructuras organizativas y valores culturales predominantes.

Particularmente relevante para contextos rurales es el concepto de “materialización tecnológica”, el cual, siguiendo los planteamientos de Orlikowski (2000), analiza cómo los usuarios reinterpretan y reconfiguran las tecnologías a través de sus prácticas cotidianas, muchas veces de formas no anticipadas por los diseñadores originales. Estas comunidades amazónicas, esta capacidad de apropiación creativa constituye un factor crítico para la sostenibilidad de cualquier intervención tecnológica, permitiendo adaptaciones específicas a condiciones ambientales, económicas y culturales particulares.

La teoría de la difusión de innovaciones (Rogers, 1963) citado por Rubén Urbizagástegui-Alvarado (2019) complementa este enfoque al identificar factores que influyen en la adopción tecnológica: ventaja relativa percibida, compatibilidad con valores existentes,

complejidad de uso, posibilidad de experimentación limitada y observabilidad de resultados. En el contexto específico de La Esperanza, estos factores interactúan con dinámicas sociales locales como el liderazgo comunitario, las redes de confianza interpersonal y las experiencias previas con intervenciones externas, configurando escenarios particulares de aceptación o resistencia tecnológica.

### **Desarrollo Sostenible**

El desarrollo sostenible constituye un paradigma vertebrador para analizar intervenciones energéticas en territorios vulnerables como La Esperanza, proporcionando un marco normativo que equilibra consideraciones económicas, sociales y ambientales. Siguiendo la definición canónica de la comisión Brundtland (WCED), (1987) (citado por Domínguez, 2019), el desarrollo sostenible satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer las suyas, principio particularmente relevante en contextos de alta biodiversidad como la Amazonía colombiana.

La evolución conceptual de desarrollo sostenible ha transitado desde aproximaciones generalistas hacia marcos operativos específicos, destacando la propuesta de Sachs (2015) sobre “sostenibilidad”, establece límites planetarios externos y fundamentos sociales internos como parámetros para evaluar la sostenibilidad de intervenciones tecnológicas. Esta perspectiva resulta invaluable para analizar sistemas fotovoltaicos en La Esperanza, permitiendo valorar simultáneamente su contribución a necesidades humanas básicas y su impacto sobre ecosistemas frágiles.

Particularmente relevante para contextos rurales es el concepto de “medios de vida sostenibles” desarrollado por Scoones (2015), que analiza cómo diferentes capitales (natural,

físico, financiero, humano y social) interactúan para determinar la sostenibilidad de la estrategia de subsistencia. La energización mediante sistemas fotovoltaicos puede conceptualizarse como una inversión simultánea en capital físico (infraestructura energética) y natural (reducción de impactos ambientales negativos), con potencial para catalizar mejoras en otros capitales cuando se implementan adecuadamente.

El ODS7 (energía sostenible y no contaminante) articula explícitamente la conexión entre energización sostenible y desarrollo, estableciendo metas específicas para acceso universal, energías renovables y eficiencia energética (Nerini et al. 2017). Este objetivo no opera aisladamente sino en conexión sistémica con otros ODS, como evidencia McCollum et al. (2018) al demostrar cómo el acceso energético sostenible contribuye simultáneamente a reducción de pobreza (ODS 1), salud (ODS 3), educación (ODS 4) y acción climática (ODS 13), configurando lo que estos autores denominan “nexo energía-desarrollo”.

### **Energía Fotovoltaica**

Los sistemas fotovoltaicos constituyen una tecnología de conversión energética que transforma directamente la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico, presentando características distintivas que determinan su idoneidad para contextos rurales aislados. Siguiendo a Snidvongs (2020), estos sistemas se caracterizan por su modularidad (adaptabilidad a diferentes escalas), autonomía operativa (capacidad para funcionar independientemente de infraestructuras centralizadas) y mínimos requerimientos de mantenimiento, atributos particularmente valiosos en zonas de difícil acceso como La Esperanza.

La arquitectura de los sistemas fotovoltaicos individuales (SFV) para aplicaciones rurales ha experimentado una notable evolución, pasando de configuraciones básicas a soluciones

integradas. De acuerdo con lo referido por Arévalo (2023) propuesta de implementación de Soluciones Individuales Solares Fotovoltaicas para ZNI de Colombia y como interpretación derivada de su análisis, estos sistemas pueden categorizarse según su complejidad funcional en tres generaciones: la primera, destinada a la iluminación básica; la segunda, que incorpora dispositivos de menor consumo energético y la tercera, capaz de alimentar electrodomésticos y equipos productivos. Esta clasificación resulta operativamente útil para evaluar la adecuación tecnológica a las necesidades específicas de comunidades amazónicas, donde los perfiles de demanda presentan particularidades distintivas.

El paradigma de “energía fotovoltaica descentralizada” propuesto por Alstone et al., (2015), re conceptualizar estos sistemas no como alternativas temporales sino como soluciones definitivas para energización rural, especialmente en contexto donde la extensión de redes convencionales resulta técnica o económicamente inviable. Este enfoque enfatiza las ventajas comparativas de la generación distributiva en términos de resiliencia, adaptabilidad y control local, características particularmente relevantes en regiones con vulnerabilidad climática como la Amazonía colombiana.

La viabilidad técnica de sistemas fotovoltaicos en contextos tropicales presenta consideraciones específicas meticulosamente analizadas por Lopez, (2023). En el estudio de viabilidad técnico-económica de generación de energía eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica en la isla de San Andrés. “Mediante el uso de herramientas computacionales como Neplan, Homer Pro y MATLAB, se desarrolla un modelo de optimización para el planteamiento de la diversificación de la matriz energética de la isla de San Andrés, mediante la implementación de sistemas fotovoltaicos individuales (SFV) considerando las restricciones técnicas de la red eléctrica actual”. Este análisis identifica factores críticos como la intensidad y

la variabilidad de la radiación solar, el impacto de la humedad elevada sobre los componentes electrónicos y los efectos de la temperatura en la eficiencia de conversión. En La Esperanza, con radiación promedio de 4.5 a 4.0 kW/m<sup>2</sup> (UPME, 2005), estas consideraciones adquieren particular relevancia para el dimensionamiento adecuado de sistemas que garanticen suministro estable bajo condiciones amazónicas fluctuantes.

### **Zonas No Interconectadas**

Las zonas no interconectadas (ZNI) constituyen un constructo teórico político específico del contexto colombiano que trasciende la mera caracterización geográfica para evidenciar condiciones estructurales de exclusión energética y territorial. Como define normativamente la ley 1715 de 2014, las ZNI comprenden territorios no conectados al sistema interconectado nacional, caracterizados por abastecimiento energético precario, generalmente mediante pequeños generadores diésel con operación limitada y elevados costos (MinMinas, 2018).

La conceptualización de ZNI ha transitado desde aproximaciones iniciales, centradas en desafíos técnicos y de acceso energético, hacia una comprensión holística que reconoce su entramado de vulnerabilidades socioeconómicas. Autores como Flórez (2009) y el IPSE (s.f.), aportan claves para este giro; sus análisis, aunque no abordan de forma directa la evolución conceptual, permiten inferir que las Zonas no Interconectadas no son meros espacios de exclusión energética, sino territorios donde convergen pobreza multidimensional, factores culturales, precariedad institucional, economías de subsistencia, riqueza natural y limitaciones estructurales en infraestructura. Esta interdependencia de factores exige, por tanto, políticas que trasciendan lo técnico y aborden las raíces socioeconómicas de la marginalidad en estas zonas. En otras palabras, se puede afirmar que estas zonas presentan no solo desafíos energéticos sino también vulnerabilidades socioeconómicas interrelacionadas. Esta caracterización

multidimensional resulta fundamental para comprender la complejidad de intervenciones energéticas en La Esperanza, donde la electrificación se constituye como un componente necesidades territoriales más amplias.

Por su parte Castán et al. (2018) proporciona un marco analítico que trasciende la dicotomía simplista “conectado/no conectado” para identificar gradientes y manifestaciones específicas de exclusión energética. En La Esperanza, este aislamiento se manifiesta no solo en ausencia de conexión física sino en barreras económicas, técnicas y cognitivas que limitan el aprovechamiento efectivo de alternativas energéticas, incluso cuando están teóricamente disponibles.

Las experiencias internacionales de electrificación en zonas aisladas han evolucionado y de modelos centralizados hacia enfoques que se denomina sistemas energéticos distribuidos, caracterizados por generación próxima a punto de consumo, flexibilidad tecnológica y participación comunitaria en gestión. Esta evolución paradigmática resulta particularmente relevante para ZNI amazónicas como La Esperanza, donde condiciones geográficas y demográficas imponen restricciones severas a modelos convencionales de electrificación.

En el marco de lo referido, desde perspectivas de economía política, y siguiendo los planteamientos de autores como Acosta (2013) se puede afirmar que las ZNI colombianas representan manifestaciones territoriales de desigualdades históricas en la distribución de bienes públicos, perpetuadas por Marcos regulatorios inadecuados y modelos de intervención que priorizan cobertura nominal sobre sostenibilidad y apropiación efectiva. En La Esperanza, esta perspectiva permite comprender cómo políticas energéticas fragmentadas han contribuido a

perpetuar condiciones de exclusión, a pesar de iniciativas como el FAZNI<sup>5</sup>(fondo de apoyo financiero para la energización de zonas no interconectadas).

### ***Interfaz Sociedad, Tecnología, Naturaleza en Contextos Amazónicos***

La implementación del sistema fotovoltaico en La Esperanza se inserta en un contexto socio ecológico particular donde confluyen lógicas campesinas, biodiversidad excepcional y transformaciones territoriales aceleradas, configurando lo que Gudynas (2015) denomina interfaz sociedad-tecnología-naturaleza. Esta perspectiva permite analizar cómo tecnologías energéticas pueden simultáneamente interactuar con sistemas productivos tradicionales, dinámicas culturales particulares y procesos ecológicos sensibles característicos de la Amazonía colombiana.

El paradigma del “buen vivir” o “sumak kawsay”, desarrollado desde una óptica epistemológica suramericana, por autores como Delgado (2014), proporciona un marco evolutivo alternativo para tecnologías energéticas, priorizando criterios como armonía socio ecológica, reciprocidad comunitaria y suficiencia por sobre eficiencia o maximización económica convencional. En La Esperanza, esta perspectiva permite evaluar sistemas fotovoltaicos no solo por parámetros técnicos cuantitativos sino por su contribución cualitativa a forma de vida sostenibles y culturalmente significativas.

### ***Viabilidad Integral***

La evaluación de la viabilidad de sistemas fotovoltaicos en contextos rurales amazónicos requiere un marco analítico que trascienda aproximaciones unidimensionales, reconociendo la naturaleza interdependiente de factores técnicos, económicos, sociales y ambientales. Siguiendo

---

<sup>5</sup> NOTA: El FAZNI se creó mediante la Ley 633 de 2000 (artículos 81-83) y fue reglamentado por el Decreto 2884 de 2001 (Jorge Hernán Flórez Acosta, David Tobón Orozco & Gustavo Adolfo Castillo Quintero. 2009).

a Terrapon-Pfaff. (2014), esta evaluación debe considerar tanto indicadores cuantitativos convencionales (capacidad instalada, costos operativos, retornos financieros) como dimensiones cualitativas frecuentemente subestimadas (aceptación cultural, apropiación comunitaria, impactos ambientales).

La viabilidad técnica, tradicionalmente enfocada en aspectos ingenieriles como dimensionamiento, eficacia y confiabilidad, debe reconceptualizarse desde lo que Ulsrud et al. (2015) denominan robustez socio técnica: la capacidad de un sistema para funcionar efectivamente no solo bajo condiciones ideales de laboratorio, sino en contextos reales caracterizados por restricciones logísticas, capacidades técnicas limitadas y prácticas culturales específicas. En La Esperanza, esta robustez implica considerar no solo la radiación solar disponible, sino también factores como la disponibilidad de repuestos, la capacidad local para mantenimiento y las potenciales interacciones con prácticas energéticas preexistentes.

La viabilidad económica trasciende análisis costo beneficio convencionales para incorporar lo que desde la visión de Palit y Chaurey (2013) puede entenderse como valor social de la energía, lo cual corresponde a beneficios indirectos y externalidades positivas generadas por el acceso energético, como mejoras en la salud, educación y productividad. Esta perspectiva ampliada resulta particularmente relevante en comunidades de subsistencia como La Esperanza, donde las métricas financieras convencionales pueden subestimar significativamente los beneficios reales derivados de la electrificación.

La viabilidad social, frecuentemente reducida a nociones simplistas de “participación comunitaria”, debe responsabilizarse desde el marco de “aceptación social” propuesto por Wüstenhagen et al. (2007), que distingue dimensiones complementarias: aceptación sociopolítica (legitimidad de políticas y tecnologías), aceptación comunitaria (aprobación local de proyectos

específicos) y aceptación de mercado (adopción de consumidores e inversionistas). Está multidimensionalidad permite comprender por qué proyectos técnicamente sólidos pueden enfrentar resistencias cuando no consideran adecuadamente aspectos como la distribución equitativa de beneficios o el respeto a procesos decisionales locales.

Finalmente, la viabilidad ambiental debe trascender evaluaciones simplistas de “huella de carbono” para adoptar perspectivas de ciclo de vida que consideren impactos ambientales a lo largo de toda la cadena productiva, particularmente relevantes en ecosistemas sensibles como la Amazonía. El marco de “servicios ecosistémicos” desarrollado por Daily et al. (1997) permite analizar cómo proyectos de energía limpia en la Amazonia no solo reducen emisiones, sino que también presenta funciones críticas como la captura de carbono por la selva, la regulación hídrica y la biodiversidad, mitigando así presiones extractivas (tala, minería, etc) que degradan estos servicios. En tal sentido, el acceso a energía limpia puede contribuir positivamente a la conservación ambiental al reducir presiones extractivas sobre recursos naturales locales.

### ***Reflexiones Epistemológicas***

El marco conceptual propuesto reconoce la necesidad de un pluralismo epistemológico y metodológico para abordar fenómenos multidimensionales como la energización rural sostenible siguiendo a Sovacool. (2018), las investigaciones sobre transiciones energéticas deben trascender divisiones disciplinarias artificiales, integrando métodos cuantitativos que permitan dimensionar magnitudes y tendencias con aproximaciones cualitativas que capturen significados, percepciones y relaciones de poder subyacentes.

Particularmente relevante para contextos amazónicos es el concepto de “ecología de saberes” propuesta por Santos (2007), que reconoce la coexistencia de diversos sistemas de

conocimiento, incluyendo epistemologías indígenas y campesinas tradicionalmente marginalizadas en discursos técnicos convencionales. Esta perspectiva epistémica resulta fundamental para comprender cómo los habitantes de La Esperanza conceptualizan sus necesidades energéticas y como estas conceptualizaciones pueden diferir significativamente de presupuestos técnicos estandarizados.

La “investigación acción participativa (IAP)” desarrollada por Borda et al. (1985) en su trabajo “Conocimiento y poder popular” y en su artículo “The Application of Participatory Action-Research in Latin America” (1987), ofrece un marco metodológico transformador que alinea procesos colaborativos con la emancipación comunitaria. En este enfoque, las comunidades no solo actúan como informantes, sino como coinvestigadores capaces de definir preguntas críticas, analizar resultados y liderar la implementación de soluciones (Borda, 1987). Esta perspectiva es especialmente relevante para evaluar tecnologías colectivas y diálogo horizontal entre actores. Como señala Borda, la IAP busca descolonizar el conocimiento y fortalecer la agenda local, lo que garantiza que los beneficios técnicos se traduzcan en impactos duraderos y autogestionados. En otras palabras, este enfoque resulta particularmente pertinente para evaluar tecnologías como sistemas fotovoltaicos, que requieren un proceso sostenido de apropiación comunitaria para generar beneficios duraderos.

## **Marco Teórico**

Este capítulo presenta los fundamentos conceptuales que sustentan la investigación, integrando enfoques sobre justicia energética, sostenibilidad sociotécnica y territorialización de la tecnología. Estas perspectivas permiten comprender la energía no solo como un recurso técnico, sino como un derecho y un factor de inclusión. El marco teórico orienta tanto el diseño metodológico como la interpretación de los hallazgos. Así, se establecen las bases para evaluar la viabilidad de soluciones fotovoltaicas en contextos rurales excluidos.

### **Fundamentos Teóricos de la Transición Energética**

La presente investigación se fundamenta en la teoría de las transiciones socio técnicas desarrollada por Geels, particularmente en su artículo seminal “Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study” (2002) y en su trabajo posterior “The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms”(2011), Este marco analítico permite comprender cómo se producen cambios estructurales en sistemas energéticos, destacando que las transiciones no son meramente técnicas, sino procesos complejos que involucran reconfiguraciones en tecnologías, mercados, prácticas de usuarios, políticas y significados culturales (Geels, 2002). Geels (2011) estructura su enfoque en tres niveles dinámicos: nichos (espacios experimentales donde emergen innovaciones radicales), regímenes sociotécnicos (redes de actores, normas e infraestructuras que estabilizan un sistema) y paisajes sociotécnicos (factores macro como tendencias globales o crisis climáticas que presionan a los regímenes). Esta perspectiva es clave para analizar, por ejemplo, la adopción de energías renovables, donde la interacción entre nichos tecnológicos (eje: sistemas fotovoltaicos), regímenes fósiles dominantes y presiones del paisaje (ej: políticas de descarbonización) explica la velocidad y dirección de la transición.

En el contexto de la vereda La Esperanza, este marco permite analizar la implementación de sistemas fotovoltaicos no como una simple sustitución tecnológica, sino como una transformación que debe considerar las estructuras sociales, económicas y culturales existentes. La transición hacia energías renovables en zonas rurales aisladas representa un nicho de innovación socio técnica que puede desarrollarse inicialmente en contextos específicos antes de influir en configuraciones de energéticas más amplias.

### **Teoría de la Justicia Energética**

Complementando el enfoque de las transiciones socio técnicas, la teoría de la justicia energética propuesta por Sovacool et al. (2015), ofrece una perspectiva normativa fundamental para este estudio. Esta teoría articula principios para evaluar cómo los beneficios y carga de los sistemas energéticos son distribuidos en la sociedad, enfocándose en 3 dimensiones principales: justicia distributiva (equidad en la distribución de beneficios y cargas), justicia procedimental (inclusión y participación en la toma de decisiones) y justicia de reconocimiento (respeto a diversas identidades y necesidades).

La aplicación de este marco en La Esperanza permite evaluar si la implementación de sistemas fotovoltaicos contribuye a reducir las desigualdades energéticas existentes, garantizando que las comunidades históricamente marginadas reciban beneficios tangibles y participen activamente en las decisiones que afectan su acceso energético. Como señalan Sovacool et al. (2017), “el acceso a servicios energéticos moderno no solo representa una necesidad práctica, sino un derecho fundamental vinculado a la dignidad humana y al desarrollo sostenible”. Esta perspectiva establece un puente conceptual entre los aspectos técnicos de los sistemas fotovoltaicos y sus implicaciones sociales más profundas, articulándose naturalmente con los análisis sobre pobreza energética que se presentan a continuación.

## **Pobreza Energética y Desarrollo Rural Sostenible**

### ***Conceptualización de la Pobreza Energética***

La pobreza energética, definida por González (2015) como la incapacidad de acceder a servicios energéticos adecuados, accesibles y fiables, constituye una problemática multidimensional que trasciende la mera ausencia de infraestructura eléctrica. En contextos rurales como La Esperanza, este fenómeno está intrínsecamente vinculado con otros aspectos del desarrollo como lo señala Boardman (2010): “La pobreza energética representa simultáneamente una causa y una consecuencia del subdesarrollo, configurando un vínculo vicioso que afecta a las oportunidades educativas, económicas y sanitarias de las comunidades”.

El marco analítico de Gordon Walker, (2016) permite comprender la pobreza energética desde 3 dimensiones complementarias: la disponibilidad física de fuentes energéticas, la Chiqui unidad económica de los servicios, y la adecuación de estos servicios para satisfacer las necesidades básicas y productiva de la población. Esta misión multidimensional resulta particularmente relevante para el caso de La Esperanza, donde no solo importa promover acceso físico a la electricidad, sino garantizar que este acceso sea económicamente viable y culturalmente apropiado para las condiciones específicas de la comunidad.

### ***Resiliencia Comunitaria en Contexto de Transición Energética***

El concepto de resiliencia comunitaria, desarrollado por Berkes y Ross (2013), complementa el análisis de la pobreza energética al examinar cómo las comunidades rurales pueden adaptarse positivamente a cambios tecnológicos y ambientales. Este enfoque reconoce la capacidad de las comunidades para movilizar recursos internos y externos, desarrollar soluciones adaptativas y transformarse ante circunstancias cambiantes.

En el contexto de transiciones energéticas, la resiliencia comunitaria se manifiesta en la habilidad de una comunidad para apropiar, mantener y adaptar nuevas tecnologías como los sistemas fotovoltaicos. En tal sentido, de lo planteado por Smith and Stirling (2018), se puede inferir que la comunidad resiliente no solo adopta pasivamente nuevas tecnologías, sino que las adaptan creativamente a sus contextos específicos, reinterpretándola según sus necesidades y capacidades. Este marco conceptual permite analizar cómo los habitantes de La Esperanza podrían desarrollar capacidades adaptativas para gestionar sistemas fotovoltaicos, convirtiendo la transición energética una oportunidad empoderamiento colectivo.

La conexión entre resiliencia comunitaria y reducción de la pobreza energética se materializa en lo que Castan (2017). denomina “soberanía energética comunitaria”, un estado en el que las comunidades adquieren control efectivo sobre sus recursos energéticos. Esta perspectiva establece un vínculo natural con la siguiente sección, donde se analizan los aspectos técnicos y sociales de los sistemas fotovoltaicos como herramienta para materializar esta transición hacia la sostenibilidad energética.

### ***Sistema Fotovoltaico***

**Teoría de los Sistemas Técnicos y Sociales Integrados.** La concepción de los sistemas fotovoltaicos como construcciones socio técnicas se fundamenta en la teoría de sistemas técnicos propuesta por Hughes (1983) y reseñada por Mejía (2022), quien argumenta que las tecnologías energéticas no son artefactos aislados, sino componentes de sistemas complejos que incluyen elementos físicos, organizacionales, institucionales y culturales. Desde esta perspectiva, los sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales deben analizarse como redes heterogéneas que integran paneles solares, baterías y reguladores, pero también prácticas sociales, conocimientos locales y arreglos institucionales.

Como señala Winner (1986) los artefactos técnicos tienen cualidades políticas en cuanto configuran relaciones de poder y posibilidades de acción para los individuos. Esta reflexión resulta crucial para el caso de La Esperanza, donde la implementación de sistema fotovoltaico no solo introduciría cambios técnicos, sino que potencialmente reconfigurará las prácticas cotidianas, las relaciones sociales y las oportunidades económicas de la comunidad.

**Teoría de la Difusión de Innovaciones.** La teoría de la difusión de innovaciones desarrollada por Rogers (1962), proporciona un marco complementario para comprender cómo las tecnologías fotovoltaicas son adaptadas en comunidades rurales. Rogers identifica 5 características fundamentales que influyen en la adopción de innovaciones: ventaja relativa, compatibilidad, complejidad, observabilidad y experimentabilidad. Este marco permite analizar no solo las barreras técnicas para la implementación de sistemas fotovoltaicos en La Esperanza, sino también los factores sociales y culturales que pueden facilitar u obstaculizar su adopción efectiva.

Particularmente relevante para contextos rurales como La Esperanza es la influencia de las redes sociales y los líderes de opinión en los procesos de difusión tecnológica. Como demuestran estudios recientes (Wolsink, 2018), las decisiones sobre adopción tecnológica en comunidades rurales no se toman individualmente, sino a través de procesos colectivos donde la confianza interpersonal y las experiencias compartidas juegan un papel fundamental. Este enfoque se vincula naturalmente con los aspectos de viabilidad social que se exploran posteriormente.

La intersección entre los Marcos de sistema sociotécnico y difusión de innovaciones permite comprender los sistemas fotovoltaicos no solo como soluciones técnicas a problemas

energéticos, sino como innovaciones que deben ser social y culturalmente apropiadas para garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

### ***Experiencias Prácticas y Lecciones Aprendidas***

**Programa de Electrificación Rural Fotovoltaica en América Latina.** Las experiencias de electrificación rural mediante sistemas fotovoltaicos en América latina proporcionan lecciones valiosas para el caso de La Esperanza. El programa “luz para todos” implementado en Brasil desde 2003 representa un referente fundamental, al haber conectado a más de 16.000.000 de personas (Rodrigues, 2019) en zonas rurales mediante diversas tecnologías, incluyendo sistemas fotovoltaicos en áreas remotas. Este programa demostró que el éxito de iniciativas de electrificación rural depende tanto en la adecuación técnica como en la creación de mecanismos financieros innovadores y modelos de gestión participativos.

De particular relevancia son las experiencias en zonas amazónicas de Perú, dónde programas como “luz para el desarrollo” han implementado sistemas fotovoltaicos en comunidades con características geográficas y socioculturales similares a La Esperanza. Un estudio de Cabral et al. (2016) sobre este tipo de proyectos revelan que los desafíos más significativos no fueron técnicos sino organizacionales, la sostenibilidad a largo plazo dependió fundamentalmente en la creación de modelos de gestión comunitaria adaptados a las estructuras sociales existentes y el desarrollo de capacidades locales para mantener los sistemas.

**Experiencias Colombianas de Energización Rural Fotovoltaica.** En el contexto colombiano, iniciativas como el programa de energización rural sostenible (PERS) han generado aprendizaje significativo sobre la implementación de sistemas fotovoltaicos en comunidades aisladas. En los estudios realizados por la Mesa DER Colombia (2023) y por Garzón (2023), se

identificaron factores críticos de éxito, incluyendo la participación comunitaria en sus diversas etapas, y la creación de mecanismos de financiamiento y/o inversión (mixtos) adaptados a las condiciones económicas de las familias rurales.

Sobre el particular y en materia de casos de éxito, el sitio web Ambiente Soluciones-SOCIEDADES BIC (2025) afirmó que “Colombia enfrenta un panorama actual en materia de energías limpias: aunque históricamente ha dependido de las hidroeléctricas (70% de su matriz eléctrica según la UPME, 2023)”, su transición hacia fuentes no convencionales avanza con ejemplos prometedores, aunque aún insuficientes. Si bien proyectos como las grandes represas se consideraron inicialmente limpios, estudios del IDEAM (2021) advierten su impacto en biodiversidad y seguridad alimentaria, agravado por su vulnerabilidad climática, como evidenció la crisis de 2016 durante el fenómeno de El niño (Ministerio de Minas y Energía, 2017). Plan Nacional de desarrollo 2022-2026 (DNP, 2022), que prioriza la sostenibilidad energética. Un caso emblemático es la micro central hidroeléctrica de palmori (Magdalena), según Rúa et al. (2020), este proyecto, repotenciado en 2016 con tecnología moderna, abastece a 500 familias y ha reducido en un 40% de la migración juvenil al integrarse con cultivo de café especial. En Supía (Caldas), la sustitución de carbón por cascarilla de café en ladrilleras, respaldada por el Ministerio de Ambiente (2021) ha disminuido emisiones de CO<sub>2</sub> en un 35%, demostrando el potencial de la economía circular. Paralelamente, en la Guajira, sistemas solares y bici bombas instaladas por USAID (2023) garantizan acceso a agua a comunidades wayúu, combinando tecnología ancestral y renovable.

Por su parte en el sector industrial, destilería de Medellín han adoptado sistemas de eficiencia energética en calderas, cumpliendo estándares internacionales como las ISO 50001, lo que incrementó sus exportaciones en un 20% (ANDI, 2022). Estos avances, sin embargo,

contrastan con desafíos persistentes, según la asociación colombiana energías renovables (SER Colombia, 2023), solo el 2% de la capacidad instalada corresponde a solares y eólicas, rezago atribuido a barreras regulatorias y financieras. Como señala Pablo López de USAID según Ambiente Soluciones-SOCIEDADES BIC (2025) “la transición requiere no solo tecnología, sino modelos inclusivos que prioricen a comunidades y pymes”. Así mientras casos como Palmar o Supía ilustran el camino, Colombia debe escalar políticas públicas que integren participación comunitaria, incentivos fiscales y acceso a créditos verdes, tal como lo plantea la misión de transformación energética (2022).

Estas experiencias prácticas establecen un puente entre los Marcos teóricos previamente discutidos y la realidad concreta de implementación, conduciendo naturalmente hacia el análisis de viabilidad en sus múltiples dimensiones que constituirá el núcleo metodológico la presente investigación.

### ***Marco de Análisis para la Viabilidad Integral***

**Viabilidad Técnica.** El análisis de viabilidad técnica para sistemas fotovoltaicos en la vereda La Esperanza requiere un enfoque multidimensional que trascienda los meros cálculos de capacidad instalada. Siguiendo a Sahrma y Chandel (2013), este análisis debe considerar factores como la radiación solar disponible, las características geográficas del sitio (e.g., inclinación óptima de paneles), las condiciones meteorológicas locales (e.g., pérdidas por temperatura ambiental), y la disponibilidad de componentes técnicos en la región (e.g., calidad de módulos, eficiencia de inversores y pérdida por cableado).

Particularmente relevante es el concepto de “adecuación tecnológica” propuesto por Schumacher (2015) que enfatiza que la viabilidad técnica no se refiere únicamente a la

factibilidad física de instalación, sino a la adecuación de la tecnología al contexto socioeconómico y cultural específico. Como argumentan estos autores, “la tecnología más avanzada no es necesariamente la más apropiada; la viabilidad teórica debe evaluarse en función de la capacidad local para operar, mantener y apropiarse efectivamente la tecnología”.

**Viabilidad Económica y Financiera.** La evaluación de viabilidad económica de sistemas fotovoltaicos en contextos rurales debe trascender los análisis financieros convencionales para incorporar lo que Palit y Chaurey (2017) en otros términos denominan valor social de la energía. Este enfoque reconoce que los beneficios económicos de la electrificación rural incluyen tanto retornos monetarios directos como externalidades positivas en términos de productividad, salud, educación y bienestar comunitario.

Los modelos de financiamiento representan un aspecto crítico para la viabilidad económica en contextos de pobreza. Investigaciones de Holt. (2015), sobre modelos como pago por servicio; microcrédito energético y “Subsidio parcial con aporte comunitario” demuestran que la sostenibilidad financiera depende de diseñar esquemas adaptados a las capacidades económicas locales y vinculados a su productivo de la energía. Para el caso de La Esperanza, será fundamental analizar estos modelos considerando el marco de políticas públicas colombianas que incluyen instrumentos como el FAZNI (fondo de apoyo financiero para la energización de zonas no interconectadas) y las recientes disposiciones sobre energías renovables establecidas en la ley 1715 de 2014.

**Viabilidad Social.** Constituye quizás la dimensión más compleja y determinante para el éxito de sistemas fotovoltaicos, en el marco conceptual propuesto por Wüstenhagen et al. (2007) distingue 3 dimensiones de aceptación social: sociopolítica (relacionada con políticas públicas y

Marcos regulatorios), comunitaria (aceptación local de proyectos específicos) y de mercado (adopción por consumidores e inversionistas).

Particularmente relevante para La Esperanza es el enfoque evolutivo de Kleine y Unwin (2009), sobre la integración de tecnologías en contextos de desarrollo. Estos autores destacan que, aunque las TIC ofrecen potencial para abordar desafíos clásicos del desarrollo, su sostenibilidad depende de procesos de aprendizaje comunitario que eviten dependencias externas. Como argumentan: “la implementación de tecnologías debe basarse en lecciones de éxito y fracasos previos, reconociendo que su impacto no es revolucionario, sino resultado de adaptaciones graduales a contextos específicos”. En esta línea, las comunidades rurales no son meras receptoras pasivas, sino agentes que reinterpretan críticamente las innovaciones, alineándolas con sus prácticas y necesidades locales.

**Viabilidad Ambiental:** la evaluación de la viabilidad ambiental de sistemas fotovoltaicos se sustenta en su capacidad para reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con estudios armonizados que reportan huellas de carbono tan bajas como 14-27 g CO<sub>2</sub>-eq/kWh en tecnologías de capa delgada Kim et al. (2012). No obstante, la gestión de residuos tóxicos o la integración paisajística en ecosistemas sensibles como el Amazonas requieren análisis complementarios que consideren particularidades locales. El tal sentido, el marco desarrollado por los autores, proporciona herramientas analíticas para evaluar estos impactos considerando las particularidades de ecosistemas sensibles como los presentes en la región amazónica del Caquetá.

En contextos rurales biodiversos como La Esperanza, la dimensión ambiental adquiere especial relevancia para la estrecha relación entre comunidades locales y ecosistemas. Desde el enfoque de los servicios ecosistémicos, autores como Daily y Matson. (2017) destacan la

importancia de reconocer los ecosistemas como activos de capital natural que proveen servicios vitales, y de establecer incentivos e instituciones que guíen inversiones sostenibles en dichos sistemas. Este marco permite comprender como la articulación entre bienestar humano y conservación puede generar nuevas oportunidades productivas en territorios transformados por la actividad humana, integrando objetivos ambientales y económicos en la toma de decisiones.

Esta perspectiva multidimensional de viabilidad constituye el marco analítico central que guiará la metodología de investigación para el caso específico de la Esperanza, integrando coherentemente los fundamentos teóricos presentados en las secciones anteriores.

### **Consideraciones Finales**

El marco teórico presentado proporciona una base conceptual robusta para evaluar la viabilidad de sistemas fotovoltaicos en La Esperanza desde una perspectiva verdaderamente integral. La interrelación entre las teorías de transiciones socio técnicas, justicia energética, resiliencia comunitaria y difusión de innovaciones permite comprender que la viabilidad no es un concepto binario sino multidimensional, donde factores técnicos, económicos, sociales y ambientales se entrelazan de manera compleja.

Como señala acertadamente Sovacool (2016), el desafío de la negociación rural sostenible no radica principalmente en superar barreras técnicas o económicas, sino en diseñar sistemas que respondan efectivamente a las necesidades socioculturales específicas y se integren armoniosamente en los contextos locales. Este enfoque socio técnico integrado constituye el Pilar conceptual que fundamentará tanto la metodología como el análisis de resultados de la presente investigación.

La implementación exitosa de sistemas fotovoltaicos en la vereda La Esperanza requerirá, por tanto, trascender enfoques puramente tecnológicos para adoptar lo que Hirmer y Cruickshank (2014) denominan como diseño centrado en la comunidad, donde las soluciones energéticas se desarrollan colaborativamente con los usuarios finales, incorporando su conocimiento, valores y aspiraciones. Solo mediante esta integración efectiva de perspectivas técnicas y sociales será posible contribuir significativamente la reducción de la pobreza energética y el desarrollo sostenible de la comunidad.

### **Marco Legal**

Con el fin de establecer las disposiciones legales que rigen en Colombia sobre la energía, se ha elaborado la tabla 1 en la cual se presentan las normativas que se derivan de la constitución, las leyes y los decretos. Es importante señalar que además de estas existen resoluciones, circulares y numerosas herramientas normativas que detallan los lineamientos en las categorías de energías renovables, electrificación rural, política pública, medio ambiente, gestión de residuos, participación comunitaria, sostenibilidad energética, financiamiento, normativa técnica y derechos étnicos como se describen a continuación:

**Tabla 1***Normatividad Aplicable*

Categoría Legal	Normativa / Instrumento Legal	Aplicación al Proyecto	Relevancia para el Estudio
Energías Renovables	Ley 1715 de 2014	Promueve el uso de fuentes no convencionales de energía (Fncer), incluyendo incentivos fiscales y técnicos.	Base para la viabilidad económica (descuentos tributarios, depreciación acelerada).
Energías Renovables	Decreto 570 de 2018 – Reglamentación Ley 1715	Sirve como guía para evaluación técnica y financiera del sistema. Establece criterios para la viabilidad de proyectos fotovoltaicos individuales.	Define condiciones técnicas, económicas y ambientales para proyectos con FNCE en ZNI.
Electrificación Rural	Ley 142 de 1994	Obliga a garantizar la calidad, cobertura y continuidad del servicio, incluso en zonas rurales dispersas. Aplica para diseño de modelos sostenibles de operación en energización rural.	Define los principios y reglas para la prestación de servicios públicos, incluida la energía eléctrica.
Electrificación Rural	Ley 143 de 1994 (Art. 76)	Establece la obligación del Estado de garantizar electrificación en zonas aisladas.	Sustento jurídico para priorizar la vereda como Zona No Interconectada (ZNI).
Política Pública	CONPES 3915 de 2018	"Estrategia para la implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos en ZNI".	Define criterios técnicos y financieros para proyectos en Caquetá.
Política Pública	CONPES 3983 de 2020 – Política de Transición Energética	Refuerza el enfoque de sostenibilidad y equidad. Justifica el componente sociotécnico y la participación comunitaria.	Impulsa la diversificación energética, con énfasis en energías limpias y acceso equitativo.

Categoría Legal	Normativa / Instrumento Legal	Aplicación al Proyecto	Relevancia para el Estudio
Medio Ambiente	Ley 99 de 1993 (Art. 5)	Exige licencia ambiental para proyectos que alteren ecosistemas.	El sistema fotovoltaico individual no requiere licencia (por baja escala), pero sí manejo de baterías.
Gestión de Residuos	Resolución 1297 de 2010 (MinAmbiente)	Regula disposición de residuos peligrosos (baterías de plomo-ácido).	Obliga a plan de posconsumo de baterías.
Participación Comunitaria	Ley 152 de 1994 (Ley Orgánica de Planeación)	Exige consulta a comunidades en proyectos de desarrollo.	Requiere talleres participativos y consentimiento de la comunidad (Cap. 6 del estudio).
Sostenibilidad Energética	Plan Energético Nacional 2020-2050 (UPME)	Meta: 30% de energías renovables en zonas rurales para 2030.	Alinea el proyecto con políticas nacionales.
Sostenibilidad Energética	Resolución 097 de 2021 – UPME	Documento técnico clave para dimensionar el sistema, estimar demanda y definir modelo económico-social.	Guía metodológica para formulación de proyectos de energización rural con energías renovables.
Sostenibilidad Energética	Resolución 030 de 2018 – IPSE	Herramienta para estructurar el estudio de viabilidad. Requiere análisis de demanda, aceptación social y sostenibilidad.	Criterios para formulación, estructuración y evaluación de proyectos de energización en ZNI.
Financiamiento	Ley 2099 de 2021 (Presupuesto para Transición Energética)	Asigna recursos para electrificación rural sostenible.	Fuente de cofinanciación (subsidios estatales).
Normativa Técnica	Resolución 030 de 2018 (MinMinas)	Regulación de estándares de calidad para sistemas fotovoltaicos autónomos.	Garantiza seguridad y eficiencia de los diseños propuestos.
Normativa Técnica	Resolución CREG 211 de 2020	Legaliza la prestación del servicio por medios fotovoltaicos individuales.	Regula la prestación del servicio de energía en Zonas No Interconectadas mediante

Categoría Legal	Normativa / Instrumento Legal	Aplicación al Proyecto	Relevancia para el Estudio
		Establece tarifas y condiciones para esquemas prepagos o comunitarios.	soluciones individuales solares.
Derechos Étnicos	Decreto 2613 de 2013	Protección a comunidades rurales en proyectos energéticos.	Si la vereda tiene población indígena/campesina, exige consulta previa.

*Nota.* La tabla aborda la normatividad aplicable para la investigación.

Teniendo en cuenta lo anterior, la implementación de sistemas fotovoltaicos individuales en zonas rurales no interconectadas (ZNI) de Colombia, como la vereda La Esperanza en Caquetá, está sujeta a un entramado normativo que articula políticas energéticas, ambientales y sociales. Aquí se analiza el marco legal vigente que sustenta la viabilidad del proyecto desde un enfoque sociotécnico, reconociendo que la sostenibilidad de la solución no depende únicamente de factores técnico-económicos. La viabilidad regulatoria del proyecto exige una gestión rigurosa de cuatro dimensiones críticas:

Primero, en **licencias y permisos**, los sistemas fotovoltaicos individuales (<100 kW) están exentos de licencia ambiental según el Artículo 2 de la Resolución 0629 de 2017 del Ministerio de Ambiente, no obstante, deben cumplir integralmente con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Adicionalmente, se requiere verificar la ubicación de la vereda La Esperanza en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) o su posible solapamiento con resguardos indígenas, escenarios que activarían procesos de permisos especiales ante autoridades ambientales y étnicas.

Segundo, los incentivos económicos de la Ley 1715 de 2014 ofrecen mecanismos como la deducción del 50% del valor de la inversión del impuesto sobre la renta, distribuida en un quinquenio, y la exclusión del IVA para equipos importados (paneles, inversores, controladores), reduciendo el CAPEX en ~25%.

Tercero, la convergencia con políticas locales demanda articular el diseño técnico con el Plan de Desarrollo Departamental de Caquetá y el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) municipal, asegurando coherencia con metas de sostenibilidad energética territorial.

Cuarto, ante el riesgo normativo dinámico, se implementará un sistema de vigilancia de actualizaciones regulatorias, prioritariamente del CONPES 4017 de 2023, que redefine estrategias de transición energética rural y podría modificar incentivos o estándares técnicos durante la ejecución.

Este análisis jurídico no solo valida la factibilidad regulatoria, sino que identifica riesgos legales críticos para la gerencia del proyecto, desde la obtención de subsidios hasta el cumplimiento de estándares técnicos (RETIE).

## Marco Metodológico

### Naturaleza de la Investigación

La presente investigación se enmarca en el paradigma interpretativo constructivista (Denzin & Lincoln, 2018) reseñado por López y Barbara (2007), adoptando un enfoque cualitativo que permite comprender en profundidad las dimensiones sociales, culturales, económicas y ambientales que condicionan la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos en la vereda La Esperanza. Esta aproximación resulta particularmente apropiada cuando, como señala Sampieri (2018), se busca explorar fenómenos complejos en sus contextos naturales, donde las interacciones entre tecnología y sociedad generan realidades multidimensionales que no pueden reducirse a variables cuantitativas.

El carácter cualitativo de esta investigación responde directamente a la naturaleza sociotécnica del objeto de estudio, que como argumentan Creswell & Poth (2013), este enfoque permite “construir una imagen holística y compleja, analizar discursos, presentar perspectivas detalladas de los informantes y conducir el estudio en un entorno natural”. En el contexto específico de La Esperanza, esta metodología facilita la comprensión de cómo los sistemas energéticos se entrelazan con estructuras sociales, prácticas culturales y dinámicas comunitarias preexistentes.

El diseño metodológico se fundamenta en la tradición de la sociología de la tecnología Bijker et al. (1984), que concibe los sistemas técnicos como construcciones sociales cuya viabilidad depende tanto de parámetros ingenieriles como de procesos de apropiación cultural. Esta perspectiva resulta coherente con el marco técnico adoptado, particularmente con la teoría de las transiciones sociotécnicas de Geels (2011) y el concepto de justicia energética de

Benjamin K. Sovacool, Michael H. Dworkin, (2015), que enfatizan la necesidad de analizar los sistemas energéticos como fenómenos intrínsecamente sociotécnicos.

## **Diseño Metodológico**

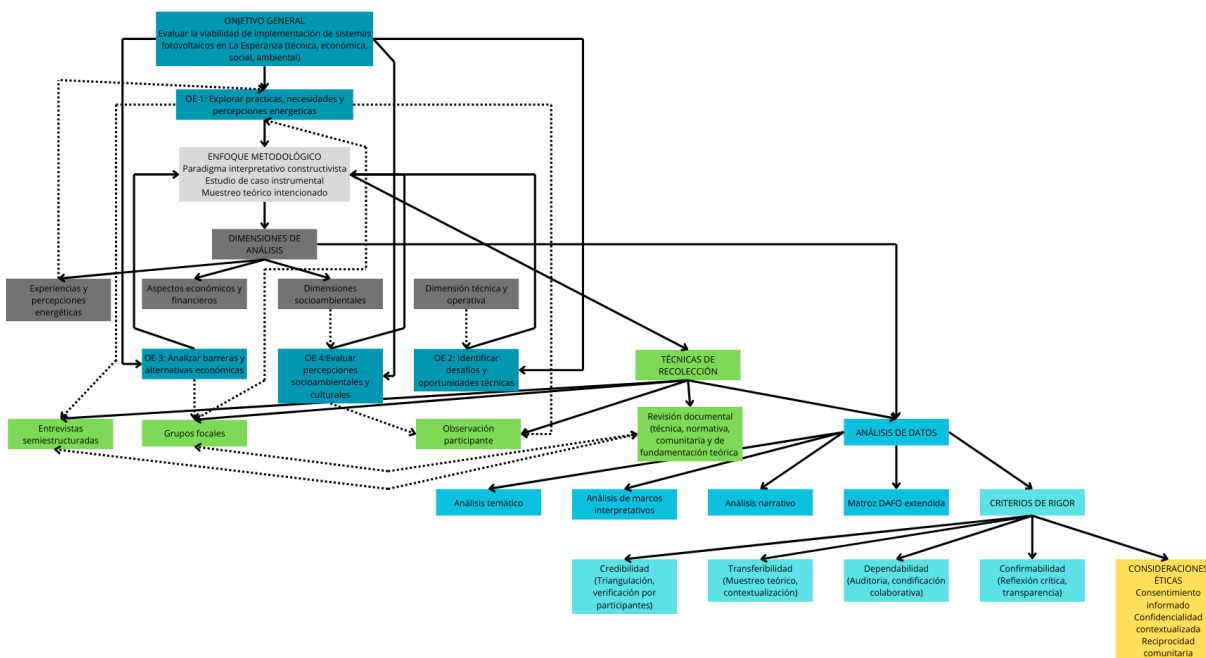
### ***Estudio de Caso Instrumental***

La investigación se estructura como un estudio de caso único instrumental (R., E., Stake. (1998)), donde la vereda La Esperanza constituye la unidad de análisis principal. Como señala Yin (2018), el estudio de caso resulta particularmente valioso cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no son claramente evidentes, característica definitoria de la relación entre sistemas fotovoltaicos y comunidades rurales. La selección de este diseño permite examinar en profundidad las particularidades del contexto local mientras se generan insights potencialmente transferibles a situaciones similares en otras comunidades rurales del territorio colombiano.

El caso de La Esperanza se aborda desde una perspectiva instrumental (R., E., Stake.1998), utilizándolo como ventana para comprender el fenómeno más amplio de la electrificación rural mediante energías renovables. Esta aproximación posibilita lo que Yin (1989, 1998) según Gómez, M., F., (2015) denomina “generalización analítica”, donde las conclusiones derivan su validez no de la representatividad estadística sino de la profundidad interpretativa y la robustez conceptual del análisis, como se muestra en la figura 6 (para una mejor visualización ver Apéndice B).

Figura 6

## Diagrama de Coherencia Metodológica



*Nota.* La figura muestra el diagrama esquemático como se aborda la investigación desde el enfoque cualitativo.

### Muestreo Teórico Intencionado

El proceso de selección de participantes se fundamenta en un muestreo no probabilístico por conveniencia, complementado con estrategias de muestreo teórico (Glaser & Strauss, 1967; actualizado por Charmaz de acuerdo con Palacios (2021). Este enfoque, lejos de constituir una limitación metodológica, representa una fortaleza analítica al priorizar casos ricos en información (Patton, 2015, citado por Castro (2010), capaces de iluminar las dimensiones críticas del fenómeno estudiado.

La muestra incluye tres categorías principales de información:

1. Representantes comunitarios: líderes formales e informales, miembros de juntas de acción comunal y otros actores con capacidad de influencia en las decisiones colectivas (8-10 participantes).

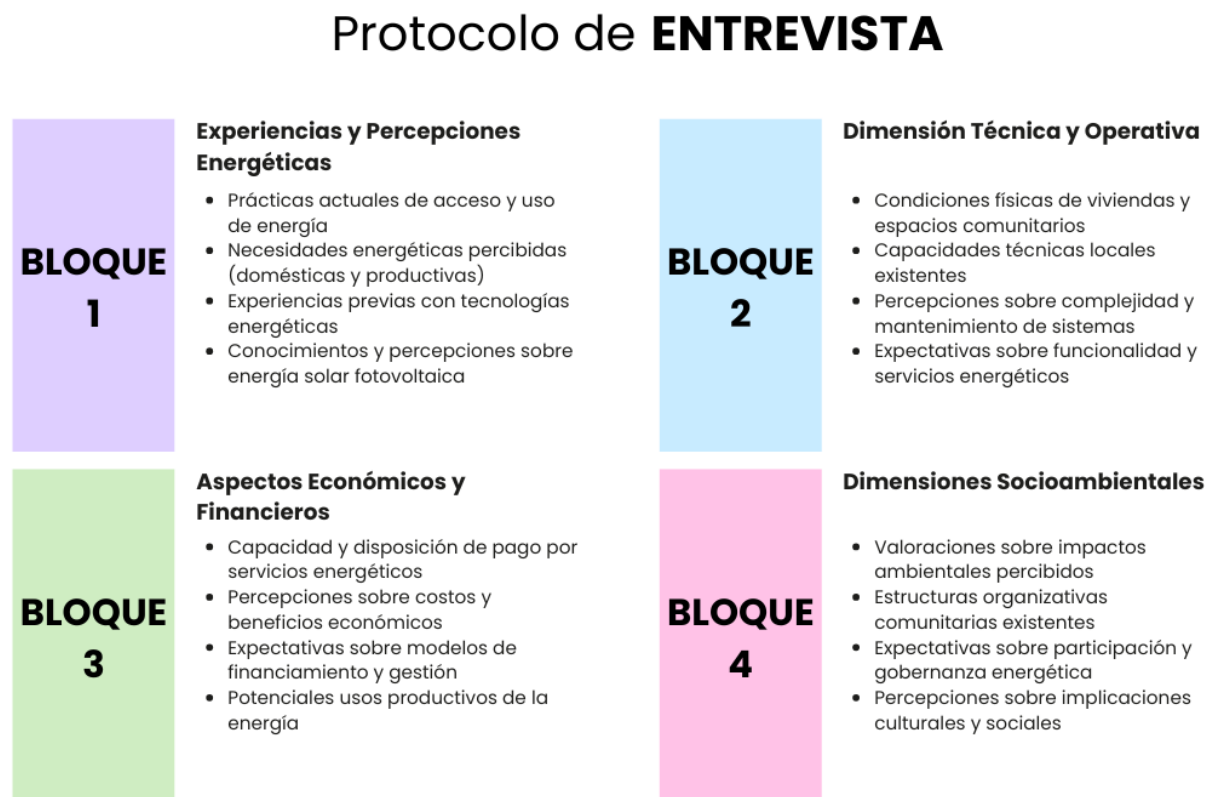
2. Familias diversificadas: unidades familiares que representen diferentes configuraciones sociodemográficas, incluyendo variación en composición familiar, actividades económicas y ubicación geográfica dentro de la vereda (12-15 participantes).

3. Expertos técnicos: profesionales con experiencia en implementación de sistemas fotovoltaicos en contextos rurales similares, incluyendo ingenieros y técnicos (3-5 participantes).

El tamaño muestral se determina siguiendo los planteamientos de saturación teórica de Ortega-Bastidas (2020), la cual se alcanza cuando nuevas observaciones no aportan información sustancialmente novedosa para las categorías analíticas desarrolladas.

### ***Entrevistas Semiestructuradas en Profundidad***

Se realizarán aproximadamente 25-30 entrevistas semiestructuradas con actores clave, siguiendo la propuesta metodológica de Holstein & Cubrium (2020) que concibe las entrevistas como conservaciones con propósito. El protocolo de entrevistas se estructura en cuatro bloques temáticos alineados con las dimensiones de viabilidad estudiadas como se puede observar en la figura 7:

**Figura 7***Bloques Temáticos: del Protocolo de Entrevista*

*Nota.* En esta figura se plantea el protocolo de entrevistas en cuatro bloques temáticos alineados con las dimensiones de viabilidad estudiadas.

Las entrevistas se registrarán mediante grabaciones de audio (previo consentimiento informado) y se transcribirán textualmente para su análisis posterior. Como sugiere Kvale (2008), este método permite captar no solo el contenido explícito sino también elementos paralingüísticos relevantes para la interpretación contextualizada de los discursos.

### ***Grupos Focales***

Se organizarán 4 sesiones de grupos focales con 6-8 participantes cada una, segmentadas según criterios relevantes para captar la diversidad de perspectivas dentro de la comunidad:

- **Grupo 1:** Jóvenes (18-28 años)
- **Grupo 2:** Mujeres adultas (diferentes rangos etarios)
- **Grupo 3:** Hombres adultos (diferentes rangos etarios)
- **Grupo 4:** Grupo mixto con representantes de diferentes sectores productivos

Siguiendo la metodología propuesta por Prieto y March (2002), las sesiones se estructurarán mediante:

- **Discusión inicial:** exploración de percepciones generales sobre necesidades energéticas y conocimientos previos sobre energía solar.
- **Ejercicios proyectivos:** utilizando técnicas visuales (fotografías, diagramas) para facilitar la expresión de expectativas y preocupaciones respecto a sistemas fotovoltaicos.
- **Mapeo participativo:** identificación colectiva de espacios potenciales para instalaciones, áreas prioritarias para electrificación y recursos comunitarios relevantes.
- **Discusión sobre escenarios:** debate estructurado sobre diferentes modelos de implementación y gestión de sistemas fotovoltaicos.

Estas sesiones se documentarán mediante fotografías y notas de campo detalladas, presentando especial atención a dinámicas grupales, consensos emergentes y puntos de controversia. Como señala Morgan (1997) de acuerdo con Rodas y Pacheco (2020), los grupos

focales resultan particularmente valiosos para captar normas sociales compartidas y procesos de construcción colectiva de significados.

### ***Observación Participante***

El investigador realizará observaciones participantes durante 2 períodos intercalados que sumarán aproximadamente 2 semanas, documentando mediante notas de campo densas las prácticas energéticas cotidianas, interacciones sociales relevantes y condiciones contextuales significativas. Siguiendo el enfoque de etnografía sensorial propuesto por Pink (2021), esta observación se centrará en:

- Prácticas corporales y espaciales relacionadas con el uso de la energía.
- Disposición y uso de artefactos energéticos existentes.
- Rutinas diarias condicionadas por disponibilidad energética.
- Interacciones sociales en torno a recursos energéticos.
- Condiciones ambientales relevantes para sistemas fotovoltaicos.

La observación se guiará por una matriz observacional semiestructurada que incluye categorías predefinidas basadas en el marco teórico, pero manteniendo apertura para registrar fenómenos emergentes no anticipados. Esta aproximación, como señalan Dewalt & DeWalt (1998; 2002) según Barbara (2005), permite contextualizar los discursos verbalizados en entrevistas y grupos focales, contrastándolos con prácticas efectivas observadas en situaciones cotidianas.

### ***Revisión Documental***

Se analizarán sistemáticamente fuentes documentales relevantes para comprender el contexto socioeconómico, las políticas energéticas aplicables y las condiciones técnicas específicas de la zona de estudio. Esta revisión incluirá:

- Documentos técnicos: informes de radiación solar del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), estudios de potencial energético de la UPME, datos geográficos y climatológicos relevantes.
- Documentos normativos: legislación energética (Ley 1715 de 2014), planes de desarrollo local, políticas de electrificación rural.
- Documentos comunitarios: actas de reuniones, mapas comunitarios, registros históricos locales.
- Literatura académica: estudios previos sobre energización rural en contextos similares.

Siguiendo los criterios de la teoría fundamentada, estos documentos se analizarán no solo como fuentes de información factual sino como artefactos sociales que revelan concepciones, prioridades y relaciones de poder. Para sistematizar esta información, se desarrollará una matriz documental que clasifique los contenidos según su relevancia para cada dimensión de viabilidad estudiada.

### **Instrumentos de Investigación**

Para responder a los objetivos específicos de esta investigación, se diseñaron y aplicaron cuatro instrumentos cualitativos, cada uno alineado con las dimensiones técnicas, sociales,

económicas y ambientales del estudio. En la Tabla 2 se describe la guía de entrevistas semiestructuradas aplicadas a actores clave.

**Tabla 2**

*Protocolo de Entrevistas Semiestructurada*

Dimensión	Pregunta Guía	Aspectos para Profundizar
Experiencias y percepciones energéticas	Como satisface actualmente sus necesidades de energía eléctrica y otras formas de energía.	Gastos actuales en energía Estrategias de adaptación Experiencias previas con tecnología Conocimientos y concepciones sobre energía solar
	Que actividades cotidianas se ven limitadas por la falta de acceso a electricidad.	
	Que ha escuchado sobre la energía solar fotovoltaica	
Dimensión técnica y operativa	¿Qué condiciones particulares de su vivienda o terreno podrían favorecer o limitar la instalación de paneles solares?	Disposición espacial de viviendas. Capacidades técnicas locales Jerarquización de necesidades energéticas. Percepciones sobre complejidad tecnológica.
	¿Qué experiencia tiene con el mantenimiento de equipos tecnológicos?	
	¿Qué aparatos o servicios energéticos serían prioritarios para usted?	
Aspectos económicos y financieros	¿Cuánto gasta actualmente en energía (electricidad, pilas, velas, combustibles)?	Capacidad y disposición de pago Preferencias sobre modelos de financiamiento. Potencial para usos productivos. Costos de oportunidad percibidos.
	¿Cómo cree que podría pagar por un sistema fotovoltaico?	
	¿Qué actividades productivas podría desarrollar o mejorar con acceso a electricidad?	
Dimensiones socioambientales	¿Cómo cree que la energía solar afectaría al medio ambiente local?	Valoraciones ambientales. Estructuras organizativas existentes. Expectativas de transformación social. Preocupaciones sobre equidad y participación.
	¿Qué formas de organización comunitaria existen actualmente que podría apoyar un proyecto energético?	
	¿Cómo cree que cambiaría la vida comunitaria con acceso a electricidad?	

*Nota.* Esta tabla representa el protocolo de entrevistas semiestructurada planteada para la investigación.

En la Tabla 3, se detalla la matriz de observación participante:

**Tabla 3**

*Guía de Observación Participante*

Categoría	Elementos para Observar	Indicadores
Prácticas energéticas cotidianas	Iluminación Cocción Comunicación Refrigeración Entretenimiento	Tecnologías utilizadas Tiempos de uso Adaptaciones o improvisaciones Distribución de responsabilidades por género y edad
Disposición espacial y material	Distribución de viviendas Ubicación y orientación de techos Espacios comunitarios Infraestructura existente	Condiciones de soleamiento Obstáculos naturales Calidad de estructuras Distribución territorial
Dinámicas sociales relevantes	Toma de decisiones comunitarias Redes de apoyo y colaboración Conflictos y tensiones Liderazgos emergentes	Mecanismos de participación Relaciones de poder Cohesión social Capacidad organizativa
Condiciones ambientales	Características climáticas Variaciones estacionales Riesgos naturales Recursos naturales locales	Patrones de lluvia y nubosidad Vulnerabilidad ante eventos extremos Biodiversidad relevante Fuentes de agua

*Nota.* Esta tabla representa la guía de observación participante planteada para la investigación.

En la Tabla 4, se sintetiza el análisis documental con fuentes técnicas e institucionales:

**Tabla 4**

*Revisión Documental*

Tipo de documento	Aspectos para analizar	Relevancia para dimensiones de viabilidad
Documentos técnicos	Datos de radiación solar Características geográficas Información climatológica Estudios previos	Viabilidad técnica (potencial energético) Condicionantes ambientales Factibilidad de implementación
Documentos normativos	Marco legal aplicable Programas de electrificación rural Subsidios y financiamiento Requisitos técnicos normativos	Viabilidad económica (incentivos) Restricciones reglamentarias Oportunidades programáticas
Documentos comunitarios	Historia local Acuerdos comunitarios iniciativas previas Estructuras organizativas	Viabilidad social (Gobernanza) Capacidades organizativas Precedentes relevantes
Literatura académica/fundamentación teórica	Experiencias comparables Modelos teóricos aplicables Factores críticos de éxito Limitaciones identificadas	Transferibilidad de experiencias Marcos analíticos aplicables Relaciones entre dimensiones

*Nota.* Esta tabla representa la revisión documental planteada para la investigación.

Finalmente, la Tabla 5 presenta la estructura de los grupos focales, diferenciados por perfil sociocultural:

**Tabla 5**

*Diseño de Grupos Focales*

Actividad	Descripción	Objetivos
Introducción y exploración inicial (20 minutos)	Discusión abierta sobre experiencias energéticas y conocimientos previos sobre energía solar	Establecer rapport Identificar percepciones espontáneas Nivelar conocimientos básicos
Ejercicio proyectivo: fotointerpretación (30 minutos)	Presentación de imágenes de sistemas fotovoltaicos en contextos similares para felicitar reacciones y percepciones	Explorara reacciones emocionales Identificar preocupaciones latentes Facilitar expresión de expectativas
Mapeo participativo (40 minutos)	Construcción colectiva de un mapa de la vereda identificando condiciones relevantes para sistemas fotovoltaicos	Visualizar espacialmente oportunidades Identificar prioridades comunitarias Reconocer conocimientos locales
Discusión sobre escenarios (30 minutos)	Presentación y debate sobre distintos modelos de implementación y gestión (individual, comunitario, público-privado)	Explorar preferencias colectivas Identificar valores subyacentes Evaluar aceptación de alternativas
Cierre y síntesis (20 minutos)	Recopilación de aspectos clave y validación de interpretaciones preliminares	Verificar interpretaciones Priorizar hallazgos Establecer expectativas

*Nota.* Esta tabla representa el diseño de grupos focales planteada para la investigación.

Estos instrumentos permitieron recoger información profunda, contrastable y contextualizada, adecuada al enfoque territorial y participativo del estudio.

### ***Procedimiento de Análisis de Datos***

El análisis de los datos cualitativos se realizará siguiendo un proceso sistemático de codificación y categorización, aplicando el enfoque de análisis temático propuesto por Ashleigh (2022) y Nowell et al. (2017), Este procedimiento se desarrollará en seis fases secuenciales:

#### ***Familiarización con los Datos***

Esta fase inicial implica la inmersión profunda en el corpus de datos mediante:

- Transcripción textual de entrevistas y grupos focales
- Lectura reiterada de transcripciones y notas de campo
- Elaboración de memorandos analíticos preliminares
- Identificación de patrones emergentes

Como señalan Saldaña (2016) (citado por Ashleigh (2022) y Nowell et al. (2017)), esta inmersión resulta fundamental para desarrollar una comprensión holística del fenómeno antes de fragmentar los datos en unidades analíticas.

#### ***Generación de Códigos Iniciales***

Se procederá a la codificación manual sistemática del material textual mediante:

- Codificación abierta para identificar conceptos emergentes
- Codificación axial para establecer relaciones entre conceptos
- Codificación in vivo para preservar el lenguaje y categorías nativas
- Elaboración de un libro de códigos evolutivo

Seguendo a Charmaz (2014) (citado por Virginia, 2015), los códigos se concebirán como herramientas heurísticas que permiten separar, clasificar y sintetizar los datos, manteniendo siempre una perspectiva crítica sobre el proceso de codificación mismo.

### ***Búsqueda de Temas Potenciales***

A partir de los códigos generados, se identificarán patrones recurrentes que conformarán temas analíticos mediante:

- Agrupación de códigos relacionados conceptualmente
- Identificación de narrativas emergentes
- Elaboración de mapas conceptuales preliminares
- Contraste con categorías derivadas del marco teórico

Esta fase implica un movimiento analítico desde los datos fragmentados hacia construcciones teóricas más integradoras que capturen aspectos significativos del fenómeno estudiado.

### ***Revisión de Temas***

Los temas identificados se someterán a un proceso riguroso de revisión mediante:

- Verificación de coherencia interna dentro de cada tema
- Evaluación de distinción clara entre temas
- Triangulación entre fuentes de datos

Esta fase, resulta crucial para asegurar que los temas identificados reflejan patrones genuinos en los datos y no imposiciones analíticas del investigador.

### ***Definición y Denominación de Temas***

Los temas valiosos se definirán conceptualmente con precisión mediante:

- Elaboración de definiciones operativas para cada tema
- Identificación de relaciones jerárquicas entre temas
- Desarrollo de tipologías y categorías analíticas
- Vinculación con constructos teóricos relevantes

Siguiendo a Nowell et al. (2017), esta fase busca identificar la esencia de cada tema y determinar qué aspecto de los datos captura cada tema, generando un marco analítico coherente y fundamentado.

### ***Producción del Informe***

La fase final integrara los resultados del análisis en una narrativa coherente que:

- Articule los temas identificados con los objetivos de investigación
- Ilustre los hallazgos con extractos representativos de los datos
- Establezca conexiones con la literatura previa
- Desarrolle argumentos teóricos fundamentados empíricamente

Para profundizar el análisis, se aplicarán estrategias analíticas complementarias

### ***Análisis de Marcos Interpretativos***

Siguiendo la propuesta de Cuvardic (2002), se analizarán los marcos cognitivos que estructuran cómo los participantes interpretan la energía fotovoltaica, identificando:

- Marcos de diagnóstico (definición de problemas energéticos)
- Marcos pronóstico (soluciones percibidas)

- Marcos motivacionales (razones para actuar)
- Procesos de alineamiento de marcos entre actores

### *Análisis Narrativo*

Aplicando el enfoque de Riessman (2005), se examinarán las estructuras narrativas mediante las cuales los participantes construyen significados sobre sus experiencias energéticas, considerando:

- Secuencias temporales y causalidades percibidas
- Posicionamientos identitarios dentro de las narrativas
- Elementos simbólicos y metafóricos
- Narrativas hegemónicas y contranarrativas

### *Matriz DAFO Extendida*

Como herramienta analítica integradora, se desarrollará una matriz DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades) extendida para cada dimensión de viabilidad, siguiendo la propuesta metodológica de Helms & Nixon (2010) (citado por Pinzón 2022) pero adaptándola al análisis cualitativo mediante:

- Categorización de factores según su origen (interno/externo) y valencia (positivo/negativo)
- Inclusión de perspectivas diversas (múltiples actores)
- Análisis de interrelaciones entre factores
- Evaluación de la persistencia temporal de factores identificados

## **Validez y Confiabilidad**

Para garantizar el rigor metodológico de la investigación, se implementará estrategias específicas alineadas con los criterios de calidad para investigación cualitativa propuestos por Tracy (2010) y Lincoln & Guba (1985) citado por (Koch, 1994, citado por Nowell et al., 2017).

### ***Credibilidad***

Triangulación múltiple: se triangularán fuentes de datos (diferentes actores), métodos (entrevistas, grupos focales, observación) y perspectivas teóricas para contrastar interpretaciones y minimizar sesgos (Denzin, 2012).

Verificación por participantes (member checking): los hallazgos preliminares se presentarán a los participantes mediante grupo focal, permitiéndoles validar o cuestionar las interpretaciones propuestas.

Descripción densa: se desarrollarán descripciones contextualizadas y detalladas que permitan a los lectores evaluar la aplicabilidad de los hallazgos a otros contextos (Geertz, s.f.).

Compromiso prolongado: el trabajo de campo se extenderá lo suficiente para desarrollar una comprensión profunda del contexto y establecer relaciones de confianza con los participantes.

### ***Transferibilidad***

Muestreo teórico: la selección de participantes se orientará a maximizar la diversidad de perspectivas y experiencias relevantes para el fenómeno estudiado (Patton, 2015, citado por Castro, 2010).

Contextualización rigurosa: se proporcionará información detallada sobre el contexto histórico, geográfico, socioeconómico y cultural de La Esperanza (Varela y Vives Varela, (2016)).

Conexión con teoría existente: los hallazgos se vincularán explícitamente con marcos teóricos relevantes, facilitando la generalización analítica (Yin, 1989-1998 citado por Gómez, 2015).

### ***Dependabilidad***

Auditoria de investigación, se mantendrá un registro detallado del proceso investigativo, incluyendo decisiones metodológicas, cambios en el diseño y reflexiones continuas (Koch, 1994, citado por Nowell et al. 2017).

Codificación colaborativa, para una muestra de datos, se realizará codificación paralela con un investigador externo para verificar consistencia interpretativa (Campbell, 2001, citado por Sánchez et al. 2002).

Documentación sistemática, se garantizarán meticulosamente todas las fases del proceso investigativo, desde la recolección hasta el análisis de datos (Nowell et al. 2017).

### ***Confirmabilidad***

Reflexión crítica, se mantendrá un diario reflexivo documentando el posicionamiento del investigador, sus preocupaciones y cómo éstas pueden influir en la interpretación (Finlay, 2017).

Transparencia analítica, se explicitará detalladamente el proceso de análisis, incluyendo ejemplos de codificación y desarrollo de categorías (Nowell, 2017).

## **Consideraciones Éticas**

El desarrollo de esta investigación se guiará por principios éticos rigurosos, adaptados específicamente al contexto rural y a la vulnerabilidad potencial de las comunidades participantes:

Siguiendo la propuesta de Cañete & Brito (2012), el consentimiento informado se conceptualizará como un proceso continuo y no como un evento único, incluyendo:

Información comprensiva: comunicación clara sobre objetivos, metodología, riesgos potenciales y beneficios esperados del estudio.

Adaptación cultural: presentación de información en formatos culturalmente apropiados, utilizando lenguaje accesible y ejemplos relevantes al contexto local.

Renegociación continua: posibilidad permanente de redefinir términos de participación o retirarse del estudio sin consecuencias negativas.

Documentación apropiada: registro del consentimiento mediante formatos escritos o audiovisuales según preferencias y capacidades de los participantes.

## ***Confidencialidad Contextualizada***

Reconociendo las particularidades de comunidades rurales pequeños, la confidencialidad se abordará de manera situada (Ramírez, 2009):

Protección de identidades: uso de seudónimos y modificación de datos identificatorios en publicaciones y presentaciones.

Amonificación selectiva: consideración de casos donde participantes prefieren ser reconocidos nominalmente, particularmente en roles de liderazgo comunitario.

Gestión de datos sensibles: almacenamiento seguro de información personal y tratamiento cuidadoso de temas potencialmente comprometedores.

Confidencialidad comunitaria: atención a cómo la identificación de la comunidad puede afectar su reputación o relaciones institucionales.

### ***Reciprocidad de Beneficios Comunitarios***

Siguiendo los principios filosóficos expuestos en Ciencia, compromiso y cambio social y ética decolonial (Tuhiwai Smith, s.f.; Fals Borda, citado por Herrera y López (2014).), se implementará estrategias de reciprocidad:

Devolución sistemática: presentación de resultados en formatos accesibles y útiles para la comunidad.

Desarrollo de capacidades: implementación de talleres de alfabetización energética co-diseñados con la comunidad.

Apoyo a iniciativas locales: vinculación de resultados con proceso comunitarios existentes relacionados con energía o desarrollo.

Promoción de autonomía: generación de conocimientos que fortalezcan la capacidad comunitaria para tomar decisiones informadas sobre sus opciones energéticas.

### ***Consideraciones Específicas para Comunidades Rurales***

Respeto por tiempos y espacios comunitarios: adaptación de acciones investigativas a ritmos locales y actividades productivas.

Atención a dinámicas de poder: reconocimiento u mitigación de asimetrías entre investigadores y participantes, particularmente en contextos de vulnerabilidad.

Sensibilidad a traumas históricos: consideración de experiencias previas negativas con investigadores a proyectos externos.

Protección ambiental: minimización de impactos ecológicos derivados de actividades investigativas.

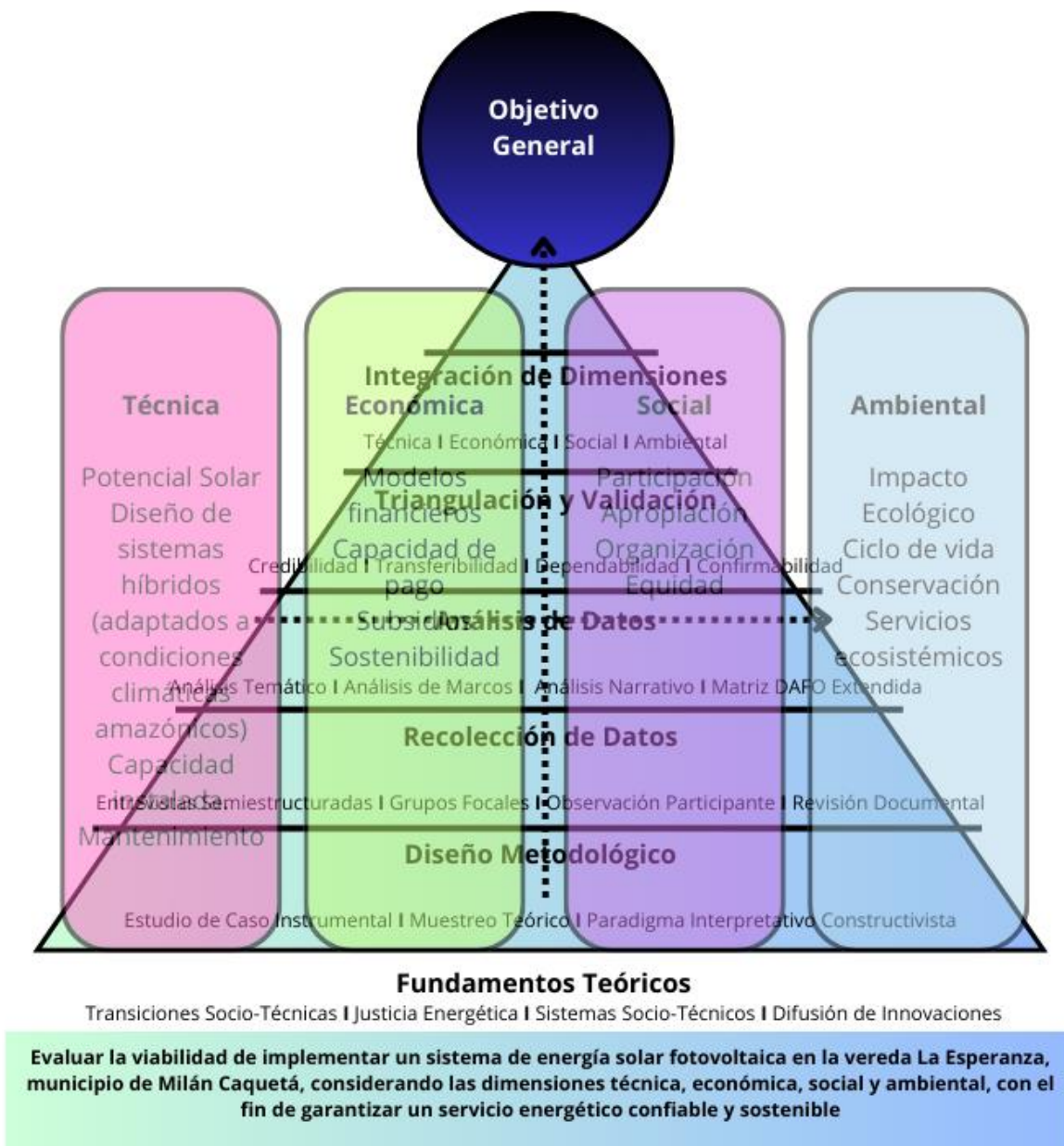
Estos principios éticos se alinean con directrices internacionales para investigación social (Aguilera et al. (2008)), y han sido adaptados específicamente al contexto de comunidades rurales colombianas.

### **Modelo de Integración Socio Técnica para la Evaluación de Viabilidad de Sistemas Fotovoltaicos en Zonas No Interconectadas**

Antes de profundizar en el desarrollo de la investigación y con objeto de abrir paso al análisis multidimensional, se muestra en la figura 8 que sintetiza el flujo metodológico desde los fundamentos (base) hasta el objetivo general (vértice), integrando cuatro dimensiones de viabilidad. Este modelo refleja como el análisis cualitativo articula escalonadamente las voces locales con los marcos sociotécnicos, para mejor información ver el apéndice C.

Figura 8

*Pirámide de Evaluación Integral de SFV*



*Nota.* La figura sintetiza el análisis multidimensional del flujo metodológico desde los fundamentos hasta el objetivo general.

## Desarrollo de la Investigación

### Análisis Multidimensional para la Viabilidad de Sistemas Fotovoltaicos en la Vereda La Esperanza, Milán, Caquetá

En un primer momento, el presente análisis examina las percepciones y experiencias relacionadas con el acceso energético en la vereda La Esperanza, como parte fundamental de la evaluación de viabilidad para implementar sistemas de energía solar fotovoltaica (SFV) en esta comunidad rural. Las entrevistas semiestructuradas (ver tabla 6) revelan factores críticos que influirán directamente en las dimensiones técnicas, económica, social y ambiental. Sobre el particular, cabe dirigir la atención a las percepciones de algunos miembros de la comunidad, los cuales se seleccionaron a conveniencia.

#### *Entrevistas Semiestructuradas en Profundidad*

**Tabla 6**

#### *Ficha de Categorización de Entrevistas Semiestructuradas*

Categoría (Código: abierta/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
Acceso a la energía AE1	Usos cotidianos de la energía UCE	Prácticas adaptativas por falta de energía eléctrica	Yo vivo en la vereda desde que tengo memoria y como le dije la energía no llega, o por lo menos a mí no me llega, entonces la mayoría de las veces empleamos las velas que son económicas o el gas. Para cocinar, la leña es lo que más usamos, porque la electricidad no está garantizada. Aunque la empresa de energía, si ha implementado eso que usted menciona, los paneles, eso, eso lo ha realizado en otras veredas, aquí todavía eso no llega. A Milán no le invierten, mucho menos a nosotros. Aparte la pregunta que yo tengo de todo lo	Respuesta de entrevistado 6, Pregunta 1, Vereda la Esperanza - Código Origen: RE6-P1-VLE-AE1-UCE

Categoría (Código: abierto/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
Percepción de la calidad de vida. PCV2	Impacto de la energía en la vida diaria IEVD	Limitaciones en actividades cotidianas por falta de energía	que nos ha dicho ¿Aguantara con tanto aguacero? Como el que cae por temporadas.	
			Los deberes se deben hacer en el día, porque de noche, la iluminación no es tanta, en su mayoría, empleamos velas o lámparas de querosén o aceite, que son artesanales, por ser de bajo costo. La vista se va deteriorando con el tiempo, los niños se ven perjudicados en sus estudios. Pero bueno, es lo que nos tocó. Vivimos del día a día.	Respuesta de entrevistado 11, pregunta 2, Vereda la Esperanza: RE11- P2-VLE- PCV2- IEVD
Inseguridad energética IE3	Desconfianza en las promesas institucionales DPI	Escepticismo hacia soluciones institucionales	La gente aquí ya no cree que algún día va a llegar la energía como en la ciudad. Puras promesas incumplidas es lo que llega. Los que tienen generadores se salvan, pero igual no es lo mismo, no cubre las necesidades de todos	Respuesta de Entrevistado 11, pregunta 4, Vereda la Esperanza: RE11- P4-VLE- IE3- DPI
			...hemos tenido que organizarnos pa ayudarnos, como compartir los que tienen un generador con unos pocos, pero no es suficiente, estos aparatos no tienen tanta fuerza para tanto, por ahí, se emplea esto, cuando es algo urgente o para lo indispensable, como para el trillado del arroz que algunos cultivan, o para la neverita. Esa gente de las empresas y del gobierno no miran para estos lados, por ello es que nos toca ponernos, ¿como se dice?, ponernos, ponernos de acuerdo pa, pa ayudarnos entre nosotros.	Respuesta de entrevistado 3, Pregunta 5, Vereda la Esperanza: RE3- P5-VLE- CC4- ACCE
Cambio social y comunitario CC4	Adaptación de la comunidad al contexto energético ACCE	Estrategias colectivas para suplir necesidades energéticas		

*Nota.* La tabla abarca de manera general la Ficha de categorización de entrevistas semiestructuradas de ciertos usuarios.

Los testimonios evidencian un marcado déficit en el acceso a energía confiable, situación que configura un contexto propicio para la implementación de soluciones fotovoltaicas descentralizadas. El testimonio del entrevistado 6 (RE6-P1-VLE): “Yo vivo en la vereda desde que tengo memoria y como le dije la energía no llega, o por lo menos a mí no me llega, entonces la mayoría de las veces empleamos las velas que son económicas o el gas. Para cocinar, la leña es lo que más usamos, porque la electricidad no está garantizada. Aunque la empresa de energía, si ha implementado eso que usted menciona, los paneles, eso, eso lo ha realizado en otras veredas, aquí todavía eso no llega. A Milán no le invierten, mucho menos a nosotros. Aparte la pregunta que yo tengo de todo lo que nos ha dicho ¿Aguantara con tanto aguacero? Como el que cae por temporadas”, confirma la ausencia de infraestructura eléctrica convencional, pero también evidencia el conocimiento previo a la comunidad sobre tecnologías solares implementadas en localidades cercanas.

Esta situación constituye simultáneamente un desafío y una oportunidad para el proyecto de investigación propuesto el desafío reside en superar la desconfianza generada por intervenciones previas que no beneficiaron a La Esperanza.; la oportunidad radica en que existe una necesidad claramente indicada y un conocimiento referencial sobre la tecnología fotovoltaica, elementos que pueden facilitar la adaptación social de la innovación energética.

Al respecto, las limitaciones impuestas por la precariedad energética afectan dimensiones críticas para el desarrollo sostenible de la comunidad. El testimonio el entrevistado 11 RE11-P2-VLE: “Los deberes se deben hacer en el día, porque de noche, la iluminación no es tanta, en su mayoría, empleamos velas o lámparas de querosén o aceite, que son artesanales, por ser de bajo costo. La vista se va deteriorando con el tiempo, los niños se ven perjudicados en sus estudios. Pero bueno, es lo que nos tocó”. Ilustra claramente cómo la falta de iluminación adecuada

compromete el rendimiento educativo y la salud visual, así como el desarrollo de actividades cotidianas.

Este hallazgo es particularmente relevante para la dimensión social de la viabilidad del proyecto de investigación, pues indica que la implementación del sistema no solo atendería una necesidad básica, sino que tendría un impacto directo en el capital humano de la comunidad, especialmente en la población escolar. La mejora en las condiciones de estudio nocturno representa un beneficio tangible que podría incrementar la disposición de la comunidad a participar y contribuir en el mantenimiento del sistema.

Aquí resulta particularmente relevante la confianza institucional. Sobre el particular y como hay algo crítico destaca la profunda desconfianza social hacia las instituciones y sus promesas de mejora en el acceso energético. El entrevistado 11 RE11-P4-VLE, refirió, “La gente aquí ya no cree que algún día va a llegar la energía como en la ciudad. Puras promesas incumplidas es lo que llega. Los que tienen generadores se salvan, pero igual no es lo mismo, no cubre las necesidades de todos”. Esta percepción revela un escepticismo que podría obstaculizar la participación comunitaria en futuros proyectos si éste no se diferencia claramente de experiencias anteriores.

La implementación exitosa del sistema fotovoltaico requeriría estrategias específicas para restaurar la confianza, posiblemente mediante una participación significativa de la comunidad desde las etapas iniciales del diseño, garantías visibles de sostenibilidad a largo plazo, y resultados tangibles a corto plazo que demuestran el compromiso del proyecto con las necesidades locales. La mención a los generadores privados también indica la existencia de inequidades internas en el acceso energético, factor a considerar en el diseño de las modalidades de distribución y acceso al sistema propuesto.

Por otro lado, y en materia de capital social y organización comunitaria el análisis revela un importante activo para la viabilidad del proyecto: la capacidad organizativa y solidaria de la comunidad frente a la escasez energética. El entrevistado RE3-P5-VLE señala: "...hemos tenido que organizarnos pa ayudarnos, como compartir los que tienen un generador con unos pocos, pero no es suficiente, estos aparatos no tienen tanta fuerza para tanto, por ahí, se emplea esto, cuando es algo urgente o para lo indispensable, como para el trillado del arroz que algunos cultivan, o para la neverita. Esa gente de las empresas y del gobierno no miran para estos lados, por ello es que nos toca ponernos, ¿cómo se dice?, ponernos, ponernos de acuerdo pa, pa ayudarnos entre nosotros".

Este capital social existente representa una fortaleza significativa para el modelo de gestión comunitaria que podría adoptar el sistema SFV. La experiencia previa de coordinación para compartir recursos energéticos limitados sugiere que la comunidad ya posee capacidades organizativas que podrían adaptarse a la administración colectiva de un sistema fotovoltaico. Adicionalmente, la priorización que hacen de usos productivos como el trillado de arroz e indispensables como una refrigeración, proporcionan información valiosa sobre las aplicaciones energéticas que debería garantizar el diseño técnico del sistema.

Como se evidencia, los testimonios permiten identificar aplicaciones energéticas prioritarias para la comunidad, elemento crucial para el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaico propuesto. La mención específica al trillado del arroz como usos productivos prioritario, este proporciona una información valiosa sobre los requerimientos de potencia que debería satisfacer el sistema. Este hallazgo sugiere que un proyecto SFV no debería limitarse a cubrir necesidades domésticas básicas como iluminación, activación de electrodomésticos

pequeños, sino contemplar capacidad suficiente para aplicaciones productivas que podrían mejorar significativamente la economía local e impulsar su desarrollo.

La viabilidad técnica de un proyecto para la implementación de SFV debería considerar este doble propósito: satisfacer necesidades domésticas esenciales y brindar usos productivos que potencien el desarrollo económico local. El dimensionamiento adecuado del sistema para cubrir ambos tipos de demanda representaría un factor diferenciador respecto a soluciones energéticas previas y podría incrementar significativamente su impacto transformador en la comunidad.

En tal línea, y sobre sostenibilidad ambiental, los testimonios evidencian el uso generalizado de fuentes energéticas con impactos negativos para la salud y el medio ambiente: velas, lámpara de querosén, leña y generadores a combustible. Esta dependencia de energías contaminantes representa una importante oportunidad para la dimensión ambiental de proyectos futuros, qué podrían promover una transición hacia una matriz energética más limpia y saludable.

La implementación del sistema fotovoltaico contribuiría a reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), disminuir la deforestación asociada al uso de leña, y mejorar la calidad de vida del aire al interior en las viviendas, con beneficios directos para la salud respiratoria de la población. Estos como beneficios ambientales y sanitarios deberían cuantificarse como parte de la evaluación integral de viabilidad en proyectos futuros, pues constituyen externalidades positivas significativas que favorecen la justificación del proyecto.

En tal contexto, los testimonios sugieren importantes consideraciones para el modelo económico y financiero. La recurrente mención la importancia del bajo costo, en las soluciones energéticas actuales (velas “económicas”, lámparas “artesanales”) indica la existencia de restricciones presupuestarias significativas. Este factor debe incorporarse en el diseño de los mecanismos de financiamiento y recuperación de costos del sistema fotovoltaico, posiblemente

mediante esquemas de subsidio, pago por servicio escalonado según capacidad económica, o modalidad de propiedad colectiva que distribuyen los costos.

La viabilidad económica del proyecto requerirá un cuidadoso equilibrio entre sostenibilidad financiera y asequibilidad para la población de La esperanza. Los testimonios sobre el abandono institucional (“A Milán no le invierten, mucho menos a nosotros”) sugieren además la necesidad de contemplar alianzas público-privadas o mecanismos de financiamiento mixto que no dependan exclusivamente de recursos gubernamentales cuya llegada a la comunidad ha sido históricamente limitada.

Así las cosas, la evidencia sobre el acceso energético proporciona insumos críticos para evaluar la viabilidad multidimensional de implementar sistemas de energía solar fotovoltaica en la vereda La esperanza. Los testimonios revelan tanto desafíos significativos (desconfianza institucional, restricciones económicas, escepticismo sobre mejoras futuras) como oportunidades promisorias (capital social existente, conocimiento referencial sobre tecnología solar, necesidades claramente identificadas).

La viabilidad técnica del proyecto debería considerar el dimensionamiento adecuado para cubrir tanto necesidades domésticas como aplicaciones productivas prioritarias. La viabilidad económica requerirá modelos de financiamiento que equilibren sostenibilidad y accesibilidad. La viabilidad social dependerá críticamente de estrategias efectivas para restaurar la confianza institucional y aprovechar las capacidades organizativas existentes. Y la viabilidad ambiental se presenta como la dimensión particularmente favorable, dada la oportunidad de transición desde energías contaminantes hacia una alternativa limpia y renovable.

Este análisis constituye un componente esencial del proceso de triangulación que permitirá, al integrarse con evaluaciones técnicas y económicas específicas, determina la

viabilidad integral de un proyecto de energía solar fotovoltaica SFV, para garantizar un servicio energético confiable y sostenible en la vereda La Esperanza

Esta desigualdad no solo limita las oportunidades de desarrollo económico y social, sino que también resalta la necesidad de políticas que aborden estas brechas y promuevan una mayor equidad en el acceso a la energía, así como un aumento de la confianza en las instituciones y en su gestión.

Aunque no se menciona directamente en las entrevistas, se puede inferir que la falta de energía tiene un impacto negativo en el desarrollo económico de la zona. La falta de electricidad constante limita las actividades de producción al enajenarlas a capacidades o a recursos de terceros. Lo indicado sumado a la incapacidad de operar maquinaria eléctrica o realizar actividades nocturnas reduce las oportunidades de crecimiento económico, lo que a su vez limita la capacidad de una comunidad para salir de la pobreza y mejorar su calidad de vida.

En este contexto, las respuestas también reflejan una notable resiliencia y capacidad de adaptación por parte de la comunidad. A pesar de las dificultades, los residentes han logrado organizarse para compartir recursos y encontrar soluciones temporales, como los generadores de uso común. Sin embargo, esta actuación no debe verse como una solución definitiva, sino como un indicio de la necesidad de mejorar la infraestructura energética y garantizar un suministro constante y fiable que permita a la comunidad desarrollarse de manera sostenible.

A lo largo de las entrevistas, se observa una tensión entre la desconfianza en el futuro y una ligera esperanza de que las condiciones pueden mejorar. Esto evidencia la incertidumbre que viven los habitantes de La Esperanza, respecto al acceso a la energía, pero también subraya que, a pesar de los desafíos hay una disposición a adaptarse y mantener la esperanza en el futuro. Esta

perspectiva es relevante, ya que destaca la necesidad de intervenciones que generen un entorno más estable y confiable en términos de acceso energético.

Los testimonios también evidencian la falta de políticas gubernamentales. La falta de infraestructura adecuada, y de acceso a suministro energético por parte de quienes no cuentan con los recursos necesarios para acceder a alternativas. La respuesta de los entrevistados sugiere que es necesario revisar y ajustar las políticas para asegurar un acceso continuo y confiable de todos los miembros de la comunidad a la energía. Lo que podría mejorar significativamente la calidad de vida de los residentes rurales y sus capacidades locales para el desarrollo de economías de escala suficiente y adaptadas a las necesidades locales.

En tal contexto, aunque los residentes de la vereda han mostrado una notable capacidad de adaptación, la viabilidad de una electrificación rural completa sigue siendo un desafío considerable. La falta de confianza en la disposición de recursos que garanticen el suministro energético, combinada con las respuestas adaptativas de la comunidad, sugiere que las intervenciones deben centrarse en mejorar tanto la infraestructura energética como las políticas de acceso a la energía. La solución a largo plazo debe involucrar la mejora de la infraestructura y la implementación de políticas públicas que garanticen un suministro confiable a todos en atención a las demandas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y de las comunidades rurales, favoreciendo así su desarrollo económico y social.

### ***Grupos Focales***

Los grupos focales fueron una herramienta clave para comprender las percepciones colectivas de la comunidad frente al acceso a la energía y la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos. Se realizaron sesiones diferenciadas con actores indígenas y campesinos mestizos,

lo que permitió identificar expectativas, temores, prácticas cotidianas y criterios de aceptación cultural de la tecnología. Esta técnica favoreció la interacción entre participantes, generando datos ricos en matices socioculturales, esenciales para el análisis sociotécnico del proyecto como se puede ver en la siguiente tabla 7:

**Tabla 7**

*Ficha de Categorización de Grupos Focales*

Categoría (Código: abierta/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
Prácticas energéticas PE1	Dependencia de fuentes energéticas no renovables DFER	Uso predominante de leña, generadores obsoletos por falta de energía estable	<p>“Aquí en la vereda, lo que más usamos es la leñita pa cocinar los tres golpes diarios. No hay de otra. La luz, cuando llega, es como ver un milagro, pero no dura na, esa, esa depende de unos generadores viejos, obsoletos, que tienen algunos vecinos. Ellos cuando prenden, nos comparten energía. Pero, no dan para tanto. Con decirle que yo tengo una neverita, que compre ya como dos años tengo de haberla comprado, es de segunda, se la compre a un amigo, pero permanece más apagada que prendida, por, por, pues por lo que le digo, ve, se dispone de electricidad solo cuando los vecinos encienden el generador y esto no es todo el tiempo, es de vez en cuando, cuando ellos nos comparten, porque la gasolina esta cara, entonces no hay como prender la neverita, Yo la compre cuando eso, porque también había escuchado que se estaban implantando proyectos para llevar la electricidad a zonas rurales, pero aquí como ve, todavía no llega, puro abandono, y solo se aparecen en campaña. Y pa, pa, pa cocinar, como le dije, toca usar el fogón de leña que hice en el patio, el cual, en las noches, sirve pa iluminar mientras se cocina, aunque en las noches enciendo la lampara de ACPM, eso no es que de mucha luz, pero es lo que hay. Una vez nos hablaron de unos paneles, de eso que usted nos habla, de que funcionan con el sol o algo así, pero nadie por acá sabe bien como funcionan esas cocas ni si aguantaran</p>	Respuesta participante 1, Grupo focal. P1GF- PE1- DFER

Categoría (Código: abierta/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
Percepciones comunitarias PC2	Barreras técnicas para la adopción tecnológica BTAT	Escepticismo por falta de capacitación y recursos para mantener tecnologías nuevas	<p>con tanto aguacero que cae por temporadas por estos lados”.</p> <p>“La luz por acá, mirando lo que dijo hace un rato el vecino, es como un político en campaña, llega como promesa, y luego pum, nada se cumple. Entonces cuando llega la luz, es por la gestión de nosotros y del apoyo que entre nosotros nos damos, empleando generadores viejos, que se comparten, pero en ocasiones. De no ser muy necesario, aunque tengamos como, no los usamos, porque es más el ruido que hacen. Mis hijos brincan de alegría cuando los usamos, porque la vida es mejor, se hace más llevadera, podemos cargar los celulares, que son viejitos, pero igual sirven para lo que sirve como cualquier otro más moderno, pa llamar, y también podemos prender algunos aparatos, pero por poco tiempo. El progreso se ve cuando hay luz, porque todas las cosas que hacemos mejoran, pero igual seguimos bien atrasaos comparado con el pueblo. He escuchado que esos paneles que usted menciona podrían darnos energía todo el día, pero ¿Quién nos va a enseñar a manejarlos?, si el estado no aparece por acá, y si escasamente conseguimos pa comer, ¿cómo vamos a pagar por eso?, yo por lo menos trabajo la tierra todo el día, ni tiempo tengo ¿y si se dañan?, que tal que uno reúna pa eso y luego se dañen rápido, porque aquí cuando dice hacer sol hace, pero también cuando dice llover, llueve, eso parece como si el cielo se le fue a venir a uno encima y si con la lluvia se dañan. Por acá las cosas se dañan y nadie viene a ayudarnos para arreglarlas, le toca a uno, pero, pero, enton si uno no sabe”</p>	Respuesta participante 2, Grupo focal. P2GF- PC2- BTAT
Impacto social IS3	Desarrollo socioeconómico local CDC4	Limitaciones en educación, negocios por falta de energía	<p>“Vea doctor, nosotros acá en La Esperanza vivimos como a la voluntad del tiempo. Sin luz fija, lo único fijo son las promesas incumplidas de quienes de verdad pueden ayudarnos. Las señoras tienen que madrugar, pa poder adelantar oficios, la luz del día se aprovecha desde que el sol sale, porque en la noche por mucho ACPM que se use para encender</p>	Respuesta participante 3, Grupo focal. P3GF- IS3- CDC4

Categoría (Código: abierta/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
Cambio en la dinámica comunitaria CDC4	Impacto de la cohesión social y seguridad comunitaria ICSSC	Pérdida de interacción social por miedo y falta de energía compartida	<p>lámparas o por mucha leña que se quemé, no es lo mismo, las velas no duran nada, poco se puede hacer. Los muchachos sufren harto pa estudiar, toca antes de que oscurezca o si no, con la lampara de querosén que echa ese humito negro que enferma a los pulmones. Si tuviéramos una energía que no se acabara, como dicen que es esa solar, imagínese lo que podríamos hacer. Los negocios podrían abrir más tiempo, los niños estudiarían mejor, hasta podríamos tener un centro de internet comunitario. Pero eso sí, tendría que ser algo que uno pueda pagar, porque aquí la economía está bien apretada y la mayoría vive del jornaleo o de lo poquito que da la tierra y que uno puede vender. Nos organizamos pa ayudarnos, porque no hay de otra”.</p> <p>“Anteriormente, cuando la violencia no azotaba por estas zonas, la gente era más unida, ¿sabe? Nos juntábamos en la casa de don Jaime o de don Pedro que tenían su plantica eléctrica a base de combustible, y ahí veíamos las noticias todos juntos o escuchábamos por la radio algunos programas, de esos que los jóvenes de hoy ya no tendrán la posibilidad de escuchar. Ahora, cada uno se encierra en su rancho. Ya no nos visitamos como anteriormente, aunque no dejamos de ayudarnos, pero no es lo mismo. Aunque desde que se firmó la paz, las cosas han mejorado, pero existe todavía el temor, eso no se puede negar, entonces todo afecta. Si hubiera eso de energía solar, quizás podríamos volver a esos tiempos, a esas reuniones comunitarias, aprovechando que ya no se ve tanta violencia, hasta la escuela podría abrir de noche pa adultos que queremos terminar el bachillerato. El problema es que lo que se ha escuchado, es que esos paneles son caros, aparte de que ocupan bastante espacio. Tocaría entrar a mirar donde se pueden poner, para que todos nos veamos beneficiados y que los delincuentes que aún quedan, no nos los</p>	Respuesta participante 4, Grupo focal. P4GF- CDC4- ICSSC

Categoría (Código: abierta/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
Autogestión energética AE5	Modelos potenciales de gestión colectiva energética MPGCE	Estrategias informales de compartir energía (ej: baterías de carros)	<p>dañen, porque ellos lo que no se roban lo dañan”.</p> <p>“Por acá nos a tocado rebuscarnos pa poder tener, aunque sea un poquito de energía. Unos cuantos tenemos plantas pequeñas que compramos nuevas o de segunda, pero solo alcanza para una o dos bombillas y pa cargar el celular. Otros tienen plantas más grandes, que son quienes pueden compartir con los vecinos pa ayudarlos, pero eso es un gastadero de plata que no aguanta el bolsillo. Con mi compadre Hernando nos inventamos un sistema pa compartir su planta: un día él la prende y los vecinos llevamos unas baterías de carros que tenemos pa cargarlas y así nos turnamos. Esas solares que usted dice podrían ser buenas, pero tendríamos que organizarnos todos pa que funcione. Grupos de familias que compartas costos. A lo mejor podríamos hacer grupos de familias que compartan un sistema más grande, porque individualmente costaría mucho. Y también tendríamos que pensar en qué pasa con el medio ambiente, porque acá cuidamos mucho nuestra selva y no queremos que ningún proyecto la afecte”.</p>	Respuesta participante 5, Grupo focal. P5GF- AE5- MPGCE
Viabilidad técnica VT6	Viabilidad técnica según condiciones climáticas locales VTCCCL	Preocupación por adaptación de energías solares al clima lluvioso	<p>“yo si estaría dispuesto a probar con esa energía del sol, siempre y cuando nos enseñen bien cómo funciona. Mi cuñado en Florencia tiene un panelcito pequeño y dice que es una bendición porque ya no gasta en velas ni en recargar baterías. Pero la verdad, lo que más me preocupa es si eso aguanta con el clima de acá. Usted sabe que en Caquetá llueve como sí el cielo se fuera a caer, y ha habido temporadas hasta de quince días sin ver el sol. ¿Qué pasaría entonces? ¿Nos quedaríamos sin energía igual? Y otra cosa es si el gobierno o alguna entidad nos ayudaría con eso, porque comprar esos aparatos no debe ser barato, y acá la mayoría vivimos del día a día”.</p>	Respuesta participante 6, Grupo focal. P6GF- VT6- VTCCCL

Categoría (Código: abierta/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
Impacto ambiental IA7	Impacto ambiental comparativo de alternativas energéticas IACAE	Daño ecológico por leña, generadores vs, potencial sostenible de paneles	“A mí lo que más me aflige es que pa conseguir leña toca tumbar árboles, y uno sabe que eso no está bien. Yo antes tenía mi montecito atrás de la casa, pero ya casi no queda nada porque todos los días toca sacar pa cocinar. Y esas plantas eléctricas con gasolina echan un humo negro que contamina todo. Si esos paneles solares no dañan la naturaleza, sería una bendición pa nosotros. Pero ¿Y las baterías contaminantes?, be doctor, entonces sale lo roto por lo descocado. Pero habría que ver si todos aquí en la vereda estaríamos dispuestos a cambiar nuestras costumbres, porque muchos son tercos y prefieren seguir como están antes que arriesgarse con algo nuevo, aunque sea mejor”.	Respuesta participante 7, Grupo focal. P7GF- IA7- IACAE

*Nota.* En la tabla se desarrolla la ficha de categorización de grupos focales.

En el análisis de los resultados obtenidos de los grupos focales, se destacan varios aspectos que permiten comprender mejor la realidad energética de la vereda La Esperanza, fundamentales para evaluar la viabilidad de implementar sistemas de energía solar fotovoltaica. En primer lugar, se identifican prácticas energéticas que reflejan la adaptación de la comunidad a su contexto, a la irregularidad en el suministro de energía, el cual se obtiene a base del empleo de generadores a gasolina de uso comunitario. La opinión de uno de los participantes revela que el uso de la leña para cocinar sigue siendo la práctica predominante en el hogar, debido a la escasa disponibilidad de energía: “Aquí en la vereda, lo que más usamos es la leñita pa cocinar los tres golpes diarios. No hay de otra. La luz, cuando llega, es como ver un milagro, pero no dura na, esa, esa depende de unos generadores viejos, obsoletos, que tienen algunos vecinos. Ellos cuando prenden, nos comparten energía. Pero, no dan para tanto. Con decirle que yo tengo una neverita,

que compre ya como dos años tengo de haberla comprado, es de segunda, se la compre a un amigo, pero permanece más apagada que prendida, por, por, pues por lo que le digo, ve, se dispone de electricidad solo cuando los vecinos encienden el generador y esto no es todo el tiempo, es de vez en cuando, cuando ellos nos comparten, porque la gasolina esta cara, entonces no hay como prender la neverita, Yo la compre cuando eso, porque también había escuchado que se estaban implantando proyectos para llevar la electricidad a zonas rurales, pero aquí como ve, todavía no llega, puro abandono, y solo se aparecen en campaña. Y pa, pa, pa cocinar, como le dije, toca usar el fogón de leña que hice en el patio, el cual, en las noches, sirve pa iluminar mientras se cocina, aunque en las noches enciendo la lampara de ACPM, eso no es que, de mucha luz, pero es lo que hay. Una vez nos hablaron de unos paneles, de eso que usted nos habla, de que funcionan con el sol o algo así, pero nadie por acá sabe bien como funcionan esas cosas ni si aguantaran con tanto aguacero que cae por temporadas por estos lados”.

De la opinión sobre el acceso a la energía del participante 1 derivó la subcategoría “dependencia de fuentes energéticas no renovables”, que reflejan como la comunidad recurre principalmente a combustibles tradicionales como la leña, el querosen y la gasolina ante la falta de alternativas eléctricas confiables. Esta situación evidencia la necesidad de alternativas energéticas limpias y constantes, como los sistemas fotovoltaicos propuestos en los objetivos de la investigación, aunque también señala el desconocimiento técnico como una posible barrera para su implementación.

Por otro lado, el análisis de las percepciones comunitarias revela una visión clara del acceso a la energía caracterizado por la incertidumbre y la intermitencia. Según otro participante:

“La luz por aca, mirando lo que dijo hace un rato el vecino, es como un político en campaña, llega como promesa, y luego pum, nada se cumple. Entonces cuando llega la luz, es

por la gestión de nosotros y del apoyo que entre nosotros nos damos, empleando generadores viejos, que se comparten, pero en ocasiones. De no ser muy necesario, aunque tengamos como, no los usamos, porque es más el ruido que hacen. Mis hijos brincan de alegría cuando los usamos, porque la vida es mejor, se hace más llevadera, podemos cargar los celulares, que son viejitos, pero igual sirven para lo que sirve como cualquier otro más moderno, pa llamar, y también podemos prender algunos aparatos, pero por poco tiempo. El progreso se ve cuando hay luz, porque todas las cosas que hacemos mejoran, pero igual seguimos bien atrasaos comparado con el pueblo. He escuchado que esos paneles que usted menciona podrían darnos energía todo el día, pero ¿Quién nos va a enseñar a manejarlos?, si el estado no aparece por acá, y si escasamente conseguimos pa comer, ¿cómo vamos a pagar por eso?, yo por lo menos trabajo la tierra todo el día, ni tiempo tengo ¿y si se dañan?, que tal que uno reúna pa eso y luego se dañen rápido, porque aquí cuando dice hacer sol hace, pero también cuando dice llover, llueve, eso parece como si el cielo se le fue a venir a uno encima y si con la lluvia se dañan. Por acá las cosas se dañan y nadie viene a ayudarnos para arreglarlas, le toca a uno, pero, pero, enton si uno no sabe”.

A partir de este testimonio del participante 2, se identificó la subcategoría “Barreras técnicas para la adopción tecnológica”, que refleja no solo la precariedad del servicio actual sino también preocupación legítima sobre capacitación técnica y mantenimiento de nuevos sistemas energéticos. Esta percepción es crucial para el tercer objetivo específico de la investigación, ya que identifica obstáculos potenciales para la adopción de sistemas fotovoltaicos relacionados con la capacitación, el servicio técnico y la sostenibilidad de la tecnología en el tiempo.

El impacto social de la falta de acceso a la energía se hace evidente en las respuestas de los participantes, especialmente en lo que respecta a las actividades cotidianas:

“Vea doctor, nosotros acá en La Esperanza vivimos como a la voluntad del tiempo. Sin luz fija, lo único fijo son las promesas incumplidas de quienes de verdad pueden ayudarnos. Las señoras tienen que madrugar, pa poder adelantar oficios, la luz del día se aprovecha desde que el sol sale, porque en la noche por mucho ACPM que se use para encender lámparas o por mucha leña que se queme, no es lo mismo, las velas no duran nada, poco se puede hacer. Los muchachos sufren harto pa estudiar, toca antes de que oscurezca o si no, con la lampara de querosén que echa ese humito negro que enferma a los pulmones. Si tuviéramos una energía que no se acabara, como dicen que es esa solar, imagínese lo que podríamos hacer. Los negocios podrían abrir más tiempo, los niños estudiarían mejor, hasta podríamos tener un centro de internet comunitario. Pero eso sí, tendría que ser algo que uno pueda pagar, porque aquí la economía esta bien apretada y la mayoría vive del jornaleo o de lo poquito que da la tierra y que uno puede vender”. Nos organizamos pa ayudarnos, porque no hay de otra”.

De lo referido por el participante 3, derivó la subcategoría “Desarrollo socioeconómico local”, demostrando cómo la ausencia de energía estable es tanto causa como efecto, en tanto que, afecta las tareas del hogar, e incide en la educación, la salud y el potencial económico de la comunidad. Adicionalmente, revela expectativas positivas hacia la energía solar, pero con preocupaciones financieras, lo que se alinea con el tercer objetivo específico sobre barreras y alternativas económicas para la adopción de sistemas fotovoltaicos.

El cambio en la dinámica comunitaria también es un aspecto relevante identificado en los grupos focales.

“Anteriormente, cuando la violencia no azotaba por estas zonas, la gente era mas unida, ¿sabe? Nos juntábamos en la casa de don Jaime o de don Pedro que tenían su plantica eléctrica a base de combustible, y ahí veíamos las noticias todos juntos o escuchábamos por la radio algunos

programas, de esos que los jóvenes de hoy ya no tendrán la posibilidad de escuchar. Ahora, cada uno se encierra en su rancho. Ya no nos visitamos como anteriormente, aunque no dejamos de ayudarnos, pero no es lo mismo. Aunque desde que se firmó la paz, las cosas han mejorado, pero existe todavía el temor, eso no se puede negar, entonces todo afecta. Si hubiera eso de energía solar, quizás podríamos volver a esos tiempos, a esas reuniones comunitarias, aprovechando que ya no se ve tanta violencia, hasta la escuela podría abrir de noche para adultos que queremos terminar el bachillerato. El problema es que lo que se ha escuchado, es que esos paneles son caros, aparte de que ocupan bastante espacio. Tocaría entrar a mirar donde se pueden poner, para que todos nos veamos beneficiados y que los delincuentes que aún quedan, no nos los dañen, porque ellos lo que no se roban lo dañan”.

De este comentario del participante 4 surgió la subcategoría “impacto de la cohesión social y seguridad comunitaria”, que refleja como las condiciones energéticas han modificado las dinámicas sociales y plantea interrogantes sobre aspectos de seguridad y espacio físico necesario para implementar sistemas fotovoltaicos. Este testimonio es relevante para el cuarto objetivo específico sobre percepciones socioambientales, ya que evidencia cómo la comunidad visualiza los impactos sociales de una posible implementación fotovoltaica.

Por su parte, la falta de acceso a la energía también incide en las prácticas de autogestión comunitaria, como se evidencia en el siguiente testimonio:

“Por acá nos a tocado rebuscarnos pa poder tener aunque sea un poquito de energía. Unos cuantos tenemos plantas pequeñas que compramos nuevas o de segunda, pero solo alcanza para una o dos bombillas y pa cargar el celular. Otros tienen plantas mas grandes, que son quienes pueden compartir con los vecinos pa ayudarlos, pero eso es un gastadero de plata que no aguanta el bolsillo. Con mi compadre Hernando nos inventamos un sistema pa compartir su planta: un día

él la prende y los vecinos llevamos unas baterías de carros que tenemos pa cargarlas y así nos turnamos. Esas solares que usted dice podrían ser buenas, pero tendríamos que organizarnos todos pa que funcione. Grupos de familias que compartas costos. A lo mejor podríamos hacer grupos de familias que compartan un sistema más grande, porque individualmente costaría mucho. Y también tendríamos que pensar en qué pasa con el medio ambiente, porque acá cuidamos mucho nuestra selva y no queremos que ningún proyecto la afecte”.

De este relato del participante 5 derivó la subcategoría “modelos potenciales de gestión colectiva energética”, que enfatiza la experiencia comunitaria con soluciones compartidas y sugiere alternativas de implementación basadas en grupos de familias o vecinos. Este testimonio es particularmente valioso para el tercer objetivo específico sobre alternativas económicas, ya que propone un modelo cooperativo que podría reducir los costos individuales y mejorar la sostenibilidad económica de los sistemas fotovoltaicos.

Otro aspecto significativo surgió cuando se indagó específicamente sobre la disposición a adoptar sistemas fotovoltaicos. A lo cual un participante afirmó: “yo si estaría dispuesto a probar con esa energía del sol, siempre y cuando nos enseñen bien cómo funciona. Mi cuñado en Florencia tiene un panelcito pequeño y dice que es una bendición porque ya no gasta en velas ni en recargar baterías. Pero la verdad, lo que más me preocupa es si eso aguanta con el clima de acá. Usted sabe que en Caquetá llueve como sí el cielo se fuera a caer, y ha habido temporadas hasta de quince días sin ver el sol. ¿Qué pasaría entonces? ¿Nos quedaríamos sin energía igual? Y otra cosa es si el gobierno o alguna entidad nos ayudaría con eso, porque comprar esos aparatos no debe ser barato, y acá la mayoría vivimos del día a día”.

Este comentario del participante 6 permitió identificar la subcategoría “viabilidad técnica según condiciones climáticas locales”, fundamental para el segundo objetivo específico, ya que

plantea interrogantes sobre el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos en un entorno con alta pluviosidad y periodos prolongados sin radiación solar directa. Este aspecto técnico es crucial para evaluar si la tecnología propuesta es adecuada para las condiciones geográficas específicas de la vereda La Esperanza.

Una perspectiva adicional sobre el impacto ambiental de las practicas energéticas actuales fue aportada por otro participante.

“A mi lo que más me aflige es que pa conseguir leña toca tumbar árboles, y uno sabe que eso no esta bien. Yo antes tenía mi montecito atrás de la casa, pero ya casi no queda nada porque todos los días toca sacar pa cocinar. Y esas plantas eléctricas con gasolina echan un humo negro que contamina todo. Si esos paneles solares no dañan la naturaleza, sería una bendición pa nosotros. Pero ¿Y las baterías contaminantes?, be doctor, entonces sale lo roto por lo descocado. Pero habría que ver si todos aquí en la vereda estaríamos dispuestos a cambiar nuestras costumbres, porque muchos son tercicos y prefieren seguir como están antes que arriesgarse con algo nuevo, aunque sea mejor”.

De esta respuesta del participante 7 se derivó la subcategoría “impacto ambiental comparativo de alternativas energéticas”, que revela una evaluación positiva de los sistemas fotovoltaicos desde la perspectiva ambiental, alineándose directamente con el cuarto objetivo específico. Este testimonio también evidencia la preocupación por la deforestación y contaminación asociadas a las practicas energéticas actuales, lo que refuerza el potencial beneficio ambiental de implementar sistemas fotovoltaicos en la región.

Una de las cuestiones más relevantes que surgen de los grupos focales es la percepción de que el progreso depende en gran medida de la mejora en el acceso a la energía. La idea de la energía como un lujo refuerza la noción de que es vista como un indicador de desarrollo. Esta

percepción es crucial para entender cómo los sistemas fotovoltaicos podrían ser recibidos no solo como una solución técnica, sino como un símbolo de avance comunitaria y mejora en la calidad de vida.

En cuanto a la relación entre la energía y las condiciones de vida, las respuestas de los participantes dejan en claro que la falta de energía afecta profundamente la salud pública en la comunidad. El uso de fuentes alternativas como la leña y el querosén genera riesgos adicionales para la salud, debido a la contaminación del aire interior y las emisiones de estos combustibles. Esta situación refuerza la pertinencia de la implementación de sistemas fotovoltaicos como una alternativa más limpia y saludable, contribuyendo así al primer objetivo específico sobre necesidades energéticas de la comunidad.

El impacto de la falta de energía en la educación de los niños, recurrente en los grupos focales, evidencia cómo la implementación de sistemas fotovoltaicos podría tener efectos positivos que van más allá del simple acceso a la electricidad, mejorando las oportunidades educativas y, por ende, el desarrollo a largo plazo de la comunidad.

Los resultados de los grupos focales también revelan que la comunidad ya ha experimentado con algunas soluciones energéticas alternativas, como pequeños paneles solares y sistemas de compartición de generadores. Esta experiencia previa puede ser una base importante para la implementación más amplia de sistemas fotovoltaicos, ya que indica una capacidad de adaptación y organización colectiva frente a los desafíos energéticos.

En tal sentido, aunque los participantes reconocen los beneficios potenciales de los sistemas fotovoltaicos, también expresan preocupaciones legítimas sobre su costo, mantenimiento adaptabilidad al clima local y la necesidad de capacitación técnica. Estas preocupaciones deber ser abortadas en cualquier plan de implementación para garantizar la

sostenibilidad a largo plazo del proyecto, lo que se alinea con el objetivo general de evaluar la viabilidad desde múltiples dimensiones técnica, económica, social y ambiental.

### *Observación Participante*

La observación participante permitió registrar de manera directa las dinámicas cotidianas, usos energéticos informales y condiciones del entorno físico y social de la vereda La Esperanza. Esta técnica complementó los otros instrumentos, al facilitar una comprensión contextualizada de las prácticas, necesidades y barreras que enfrenta la comunidad. La inmersión en el territorio aportó información valiosa sobre comportamientos no verbalizados, esenciales para evaluar la viabilidad real de una solución fotovoltaica sostenible como se puede ver en la tabla 8:

**Tabla 8**

#### *Ficha de Categorización Observación Participante*

Categoría (Código: abierta/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
Acceso a fuentes de energía AFE1	Infraestructura energética en la comunidad IEC	Ausencia de red eléctrica formal; dependencia de generadores y fuentes de alternativas	Mientras camine por la vereda, evidencie que no existen líneas eléctricas establecidas. Algunos emplean generadores eléctricos poco confiables, con un desgaste por uso evidente. En nivel de contaminación sonora es alto, así como el humo que de esta deriva. La gente está acostumbrada a vivir de forma limitada. Desarrollan sus actividades durante el día, para aprovechar la luz natural. Emplean fuentes alternas, querosén, pilas para linternas, leña.	Observación 1, Vereda La Esperanza: O1- VLE- AFE1- IEC

Categoría (Código: abierta/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
Percepción de la calidad de vida PCV2	Condiciones de vida sin electricidad CVE	Limitación de actividades nocturnas y uso de iluminación precaria	Durante mi estancia en la vereda evidencio que el desarrollo de sus actividades cotidianas se da en función de la luz natural. Durante la noche, vi a varias personas utilizando lámparas de querosén, linternas y otros sistemas de iluminación caseros, como velas y leña. Cuando llega la noche, la comunidad parece detenerse, dada la falta de luz. Así mismo vi, que quienes disponen de generadores, tratan de compartir la energía con los vecinos, encienden bombillos en la, a fin de aliviar la sensación de penumbra y de desolación.	Observación 2, Vereda La Esperanza: O2- VLE- PCV2- CVE
Inseguridad energética IE3	Falta de confianza en la provisión energética FCPE	Descreimiento en soluciones institucionales por promesas incumplidas	Al conversar de manera informal con algunos habitantes sobre el futuro de la electricidad, estos mencionaron que no creen que alguna vez haya solución. Algunos mencionaron que ya les han hecho promesas, pero nada se ha concretado hasta el momento, no creen en las instituciones, en la gestión de la administración pública.	Observación 3, Vereda La Esperanza: O3- VLE- IE3- FCPE
Cambio social y comunitario CSC4	Adaptación y organización de la comunidad ante la falta de energía AOCAFE		Mientras observaba, note que las reuniones comunitarias ahora son más frecuentes durante el día. Los vecinos se organizan en torno a los pocos recursos energéticos, para implementar soluciones, que, aunque temporales, ayudan al progreso de la comunidad. Evidencio como por turnos cargan celulares, el suministro de energía a electrodomésticos, lo dispone en estos hogares con generadores de acuerdo con su utilidad (bombillos, neveras, cargue de baterías, en ocasiones la radio, aunque para estas, en su mayoría emplean pilas).	Observación 4, Vereda La Esperanza: O4- VLE- CSC4- AOCAFE

*Nota.* En la tabla se evidencia la ficha de categorización observación participante.

A través de la observación participante realizada en la vereda La Esperanza durante una semana, se puede identificar aspectos cruciales sobre la infraestructura energética y su impacto

en las condiciones de vida de la comunidad. En relación con el acceso a la energía, se observó que la vereda no cuenta con líneas eléctricas establecidas. Esta falta de infraestructura se ve suplida en muchos hogares mediante el uso de generadores eléctricos a base de gasolina, mientras que en otras se recurre a fuentes energéticas como lámpara de querosén, leña o en algunos casos linternas.

Este patrón sugiere una dependencia de fuentes energéticas no convencionales adaptadas a las casas o no la provisión de electricidad regular. La comunidad de la vereda La Esperanza parece haber normalizado la vida sin electricidad, lo que refleja una falta de acceso constante a servicios básicos.

En cuanto a la percepción de la calidad de vida, la observación directa muestra cómo las actividades cotidianas de la comunidad están marcadas por la falta de energía eléctrica. Durante el día, la gente aprovecha la luz solar para realizar sus tareas, pero al caer la noche, las actividades disminuyen notablemente. La ausencia de electricidad parece generar un estancamiento en la vida social y económica de la comunidad, los negocios cierran temprano. Además, se percibe un uso generalizado de lámparas de queroseno y otros sistemas caseros de iluminación, lo cual no solo limitan las actividades, sino que también puede poner en riesgo la salud de los habitantes debido a los contaminantes generados por estos combustibles.

Una de las observaciones más relevantes es la inseguridad energética de la comunidad, ya que los habitantes muestran una falta de confianza en la provisión energética. Al conversar con algunos sobre el futuro de la electricidad, éstos expresaron escepticismo respecto a la posibilidad de una solución seria y permanente. Muchos mencionaron haber escuchado promesas de soluciones al suministro eléctrico de la administración, pero, según indican, esas promesas nunca se han cumplido. Está desconfianza en las autoridades y en el sistema energético refuerzan la

sensación de inseguridad y vulnerabilidad de la comunidad ante la falta de acceso fiable a energía.

Por otro lado, el cambio social y comunitario ha sido notable en respuesta a las limitaciones energéticas. La observación revela que, debido a la falta de electricidad, las reuniones comunitarias ahora se realizan con mayor frecuencia durante el día, aprovechando las horas de luz natural. Además, los vecinos se apoyan mutuamente organizando turnos para el uso de los pocos recursos energéticos disponible, como generadores, para cargar celulares o encender luces en puntos comunes. Esta adaptación refleja una estrategia colectiva de sobrevivencia, donde la comunidad se organiza y colabora para mitigar los efectos de la falta de energía.

Las interacciones sociales en el día a día también se han visto modificadas, con un claro énfasis en las soluciones locales. Este cambio en la dinámica social no solo responde a una falta de energía, sino también a la necesidad de unirse para resolver problemas comunes. El uso de generadores compartidos es un ejemplo de cómo la comunidad ha logrado encontrar formas de lidiar con los desafíos energéticos, aunque la solución sigue siendo temporal y limitada. La solidaridad comunitaria, aunque efectiva en el corto plazo no resuelve el problema subyacente de la inseguridad energética de manera definitiva.

Una de las implicaciones más importantes de esta observación es que, a pesar de las estrategias de adaptación implementadas por la comunidad, la falta de una infraestructura energética adecuada y confiable sigue siendo un obstáculo para el desarrollo y el bienestar de los habitantes de La Esperanza. Las respuestas observadas no solo reflejan una adaptación a las condiciones precarias, sino también una resignación ante la falta de expectativas de mejora en el corto y mediano plazo.

La organización social en torno a los recursos energéticos también muestra que la comunidad ha aprendido a vivir dentro de sus limitaciones, pero el impacto de esta organización es un reflejo de la precariedad del acceso a la energía. La dependencia de recursos como los generadores a gasolina y las lámparas a base de querosén no solo resalta la falta de infraestructura adecuada, sino que también pone de manifiesto el esfuerzo constante por sobrevivir en condiciones adversas, así como una evidente resiliencia comunitaria.

Asimismo, la percepción de la calidad de vida se ve afectada no solo por la falta de electricidad, sino también por los costos adicionales que implican los sistemas energéticos improvisados, como el mantenimiento de los generadores o la compra constante de querosén y gasolina. Este gasto adicional, sumado a la incertidumbre sobre la duración del servicio eléctrico, contribuye a la sensación de vulnerabilidad de la comunidad.

En tal sentido, la observación reveló que la situación energética tiene un impacto directo en el tejido social y comunitario. Las reuniones y la cooperación entre los vecinos para gestionar los recursos energéticos disponibles son señales de resiliencia, pero también subrayan la necesidad urgente de una solución estructural que no dependa exclusivamente de los esfuerzos individuales y colectivos. La comunidad necesita una infraestructura energética estable, confiable y sostenible para mejorar la calidad de vida, aumentar la seguridad energética, mejorar el bienestar general y por ende el desarrollo económico y social local.

### ***Revisión Documental (Fuentes Directas)***

El acceso limitado a energía confiable en zonas rurales no interconectadas como la vereda La Esperanza, Caquetá, representa un desafío multidimensional que combina barreras técnicas, económicas, sociales y ambientales. Esta revisión documental examina críticamente las fuentes

primarias y Marcos teóricos relevantes para comprender la viabilidad de implementar sistemas fotovoltaicos en este contexto particular. Partiendo de datos empíricos sobre radiación solar y condiciones climáticas locales, hasta análisis conceptuales sobre justicia energética y residencia comunitaria, el estudio busca integrar estas perspectivas diversas en un marco analítico coherente. La Amazonía colombiana, con su compleja geografía y vulnerabilidad socioeconómica, requiere soluciones energéticas que trasciendan el simple enfoque tecnológico para incorporar dimensiones culturales, organizativas y ambientales. Este análisis documental sistemático proporciona los fundamentos para evaluar cómo los sistemas fotovoltaicos podrían responder a estos desafíos interconectados, ofreciendo una base sólida para el diseño de intervenciones energéticas sostenibles y culturalmente apropiadas en territorios marginados. Lo anterior lo podemos ver en la tabla 9, que se muestra a continuación:

**Tabla 9**

*Ficha Categorización de Revisión Documental (Fuentes Directas)*

Categoría (Código: abierta/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
Factores tecnológicos FT1	Potencial de radiación solar PRS1	Radiación solar disponible en la zona (4.0-4.5 KW/m <sup>2</sup> )	"El potencial de radiación solar en la zona varia de 4.5 a 4.0 KW/m <sup>2</sup> (UPME, 2005)	FT1-PRS1-DP
	Eficiencia en alta humedad y nubosidad EAHN2	Limitaciones de paneles convencionales en clima amazónico	La humedad y alta nubosidad de la Amazonia reducen la eficiencia de paneles convencionales (Moreno Lopez, W. 2023).	FT1-EAHN2-MT
Dinámicas económicas DE2	Modelos financieros innovadores MFI1	Falta de créditos adaptados a economías campesinas	La falta de modelos financieros adaptados a economías campesinas limita la adopción	DE2-MFI1-DP

Categoría (Código: abierto/axial)	Subcategoría (Subcódigo: in vivo o axial)	Descripción del Concepto	Fragmento de Dato (Literal)	Origen (Referencia)
	Costos de oportunidad CO1	Valor social de la energía en salud/educación	El valor social de la energía incluye beneficios indirectos en salud y educación (Palit & Chaurey, 2017)	DE2-CO1-MC
Prácticas colectivas PC3	Estrategias comunitarias de adaptación ECA1	Uso de generadores diésel y combustibles sólidos	La comunidad recurre a generadores diésel y combustibles sólidos como sustituto (DANE, 2018)	PC3-ECA1-DP
	Capital social y organización CSO2	Resiliencia basada en redes de confianza	La resiliencia comunitaria depende de redes de confianza y recurso compartidos (Berkes & Ross, 2013)	PC3-CSO2-MT
Impactos ambientales IA4-	Riesgos con baterías de plomo-acido RBPA1	Contaminación hídrica por plomo ácido	La disposición inadecuada de baterías podría contaminar fuentes hídricas como el río Caquetá	IA4-RBPA1-DP
	Reducción de deforestación RD2	Leña como causante de deforestación (45,89%)	El uso de leña constituye el 45,89% de alertas de deforestación en Caquetá (Global Forest Watch, 2023)	IA4-RD2-MC
Saberes locales SL5	Cosmovisiones indígenas CI1	Armonía socioecológica vs eficiencia técnica	El buen vivir prioriza armonio socio ecológica sobre eficiencia técnica (Acosta, 2013)	SL5-CI1-MT
Políticas públicas PP6	Fragmentación regulatoria FR1	Implementación inconsistente de la ley 1715 de 2014	La implementación de la Ley 1715 de 2014 en Caquetá ha sido fragmentada	PP6-FR1-DP

*Nota.* La tabla aborda la ficha de categorización de revisión documental en base a las fuentes bibliográficas.

Al respecto el análisis identifica cuatro dimensiones críticas: factores tecnológicos, condicionados por el clima amazónico; dinámicas económicas, marcadas por la asequibilidad y

modelos financieros; prácticas sociales, donde el capital colectivo emerge como un activo; e impactos ambientales, que exigen equilibrar beneficios climáticos con riesgos ecosistémicos. La triangulación de estas fuentes revela tensiones entre innovación y contexto local, ofreciendo insumos para diseñar soluciones energéticas sostenibles, culturalmente apropiadas y técnicamente robustas en territorios no interconectados.

En tal sentido la evaluación de la viabilidad de sistemas fotovoltaicos individuales en contextos rurales como la vereda La esperanza, en el municipio de Milán, Caquetá, requiere una aproximación que articule dimensiones tecnológicas, sociales y ambientales. En primer lugar, el potencial técnico de implementación resulta prometedor si se considera la disponibilidad de radiación solar en la región, que oscila entre 4.5 y 4.0 kW/m<sup>2</sup> (UPME, 2005). Esta disponibilidad energética sugiere una oportunidad para el aprovechamiento solar, aunque se ve mediada por condiciones climáticas adversas como la elevada humedad y nubosidad característica de la Amazonía. Velásquez et al. (2018) advierten que tales condiciones reducen la eficiencia de paneles fotovoltaicos convencionales, lo cual demanda soluciones tecnológicas adaptadas que incluyan al respecto, tecnologías híbridas o materiales optimizados para condiciones de baja irradiación.

Desde una perspectiva económica, la implementación de sistemas fotovoltaicos enfrenta barreras estructurales asociadas a la limitada capacidad de pago en las familias rurales. En ausencia de modelos financieros adecuados al contexto campesino, la adopción de estas tecnologías permanece restringida. La falta de acceso a crédito y la escasa penetración de mecanismos financieros inclusivos subraya una desconexión entre las soluciones tecnológicas propuestas y las realidades socioeconómicas locales. Palit & Chaurey (2017) argumentan que una valoración integral del valor social de la energía que incorpore beneficios indirectos en

salud, educación y productividad podría fundamentar intervenciones más equitativas y sostenibles. La pobreza monetaria del 35.1% que afecta el departamento de Caquetá confirma la urgencia de innovaciones financieras que, más allá del simple retorno económico, consideren la ampliación de capacidades y bienestar comunitario.

En el plano social, las estrategias de adaptación desarrolladas por la comunidad ante la precariedad energética actual revelan importantes reservas de capital social y resiliencia. La utilización de generadores diésel y combustible sólidos, como reporta el DANE (2018), ilustra tanto la persistencia de un problema estructural como la capacidad organizativa de las familias para encontrar soluciones inmediatas. Esta dinámica puede ser reinterpretada positivamente en términos de gobernanza energética. Según Berkes & Ross (2013), el capital social entendido como red de confianza, reciprocidad y recursos compartidos constituye un fundamento clave para la implementación exitosa de tecnologías sostenibles. La existencia de esquemas cooperativos informales en la vereda sugiere que propuestas energéticas de gestión comunitaria podrían obtener mayor legitimidad y efectividad que los enfoques puramente individualistas.

La dimensión ambiental se articula directamente con los riesgos y beneficios asociados a la transición energética. La disposición inadecuada de baterías de plomo ácido, en un contexto carente de infraestructura para el manejo de residuos peligrosos, representa una amenaza latente para los ecosistemas locales, hoy particularmente para cuerpos de agua como el río Caquetá. Este riesgo pone en cuestión la sostenibilidad ambiental de las soluciones propuestas si no se consideran medidas complementarias de gestión de residuos. Simultáneamente, el reemplazo del uso de leña como fuente de energía doméstica contribuirá significativamente a la reducción de la deforestación, fenómeno que, de acuerdo con Global Forest Watch (2023), se encuentra altamente correlacionado con el uso extensivo de biomasa en la región. Esta transición no solo

tiene implicaciones ecológicas, sino también sanitarias al reducir la exposición y contaminantes que agravan enfermedades respiratorias en poblaciones vulnerables.

A todo lo anterior, se sumen dimensiones culturales y normativas que deben ser integradas para garantizar un enfoque realmente sostenible. Las cosmovisiones indígenas, presentes en la región, ofrecen un marco alternativo al paradigma técnico instrumental dominante. La noción de buen vivir enunciada por Acosta (2013) propone una ética de convivencia armoniosa con la naturaleza en la que la eficiencia no se mide exclusivamente por el rendimiento energético, sino por su compatibilidad con los valores socio ecológicos y locales. Esta visión aporta elementos clave para diseñar sistemas energéticos que no solo sean técnicamente viables, sino también culturalmente pertinentes. Por último, la fragmentación en aplicación de políticas públicas, cómo la ley 1715 en Caquetá, limita la coherencia institucional necesaria para una implementación eficaz. La falta de articulación entre niveles de gobierno y entre actores institucionales impone desafíos adicionales que deben ser abordados desde una gobernanza multinivel y participativa.

En tal sentido, la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos en la vereda La Esperanza no puede ser evaluada únicamente de parámetros técnicos convencionales, requiere una lectura compleja, situada que reconozca las condiciones biofísicas, las estructuras socioeconómicas, los saberes locales y las dinámicas institucionales que configuran el territorio. Solo a través de una articulación intersectorial y transdisciplinario será posible avanzar hacia modelos energéticos que sean técnica y financieramente viables, socialmente aceptables, ambientalmente sostenibles y culturalmente significativos.

## Análisis Integral de Viabilidad Mediante Triangulación: Dimensiones Técnicas, Económicas, Sociales y Ambientales para Sistemas Fotovoltaicos en Contextos Rurales

Este apartado presenta un análisis integral de viabilidad basado en la triangulación de resultados provenientes de múltiples fuentes y técnicas, organizados en cuatro dimensiones clave: técnica, económica, social y ambiental. La triangulación permite contrastar percepciones comunitarias, datos técnicos y referentes institucionales, ofreciendo una visión sistémica y contextualizada de la factibilidad del sistema fotovoltaico en La Esperanza (ver tabla 10). Esta estrategia metodológica garantiza una evaluación coherente con las realidades del territorio y los principios de sostenibilidad rural.

**Tabla 10**

### *Matriz de Triangulación*

Dimensión	Entrevistas	Grupos focales	Observación	Documentos	Categorías emergentes	Definición
Técnica	Preocupación por mantenimiento y clima lluvioso (RE6-P1-VLE)	Escepticismo sobre durabilidad en lluvias (P6GF-VT6)	Uso de generadores obsoletos (O1-VLE)	Radiación 4.0-4.5 kW/m <sup>2</sup> pero eficiencia reducida por humedad (UPME, 2005)	Tecnologías socio apropiadas	Sistemas adaptados al contexto local (clima, saberes técnicos comunitarios)
Económica	Limitaciones financieras (RE11-P4)	Propuesta modelos cooperativos (P5GF-AE5)	Organización para compartir recursos (O4-VLE)	Falta de créditos adaptados	Economías energéticas solidarias	Modelos colaborativos que integran recursos comunitarios y apoyo externo
Social	Desconfianza institucional (RE11-P4)	Capital social existente (P3GF-IS3)	Prácticas de solidaridad (O4-VLE)	Capital social como base (Berkes & Ross)	Gobernanza comunitaria	Mecanismos de decisión colectiva basados en confianza y reciprocidad

Dimensión	Entrevistas	Grupos focales	Observación	Documentos	Categorías emergentes	Definición
Ambiental	Preocupación por deforestación (RE6-P1)	Beneficios ambientales potenciales (P7GF-IA7)	Uso extensivo de leña (O1-VLE)	Leña = 45,89% deforestación (GFW)	Transición energética justa	Soluciones que minimicen nuevos riesgos y reparen daños históricos

*Nota.* En la tabla se describe la Matriz de triangulación en la que se basa la investigación.

La triangulación aplicada al estudio de viabilidad de los sistemas fotovoltaicos individuales (SFV) en la vereda La Esperanza revela patrones significativos que trascienden las aproximaciones unidimensionales tradicionales. Los datos recopilados a través de entrevistas, grupos focales, observación participante y análisis documental convergen en una comprensión multidimensional donde las consideraciones técnicas, económicos, sociales y ambientales se entrelazan de manera compleja. Esta interdependencia sugiere que cualquier intervención energética en territorios rurales amazónicos requiere un abordaje integrado que reconozca las particularidades contextuales de comunidades históricamente marginadas del desarrollo infraestructural nacional.

En la dimensión técnica, los hallazgos evidencian una tensión fundamental entre el potencial solar documentado para la región (4.0-4.5 kW/m<sup>2</sup>, según UPME, 2005) y las preocupaciones expresadas por los habitantes respecto a la adaptabilidad de los sistemas en condiciones del ecosistema amazónico. Las narrativas recopiladas en entrevistas como “¿Quién nos enseñara a manejarlos?” (P2GF-PC2) y “¿Aguantarán con tanto aguacero?” (RE6-P1) revelan que la viabilidad técnica no puede reducirse a cálculos de radiación solar, sino que debe incorporar variables como transferencia de conocimiento, mantenimiento comunitario y resistencia a condiciones climáticas adversas. La observación participante confirmó esta brecha

al documentar el uso de generadores diésel obsoletos como solución energética temporal, evidenciando la necesidad de tecnologías sociotécnicas. Apropriadadas que integren materiales resistentes a la humedad (Moreno, 2023). diseños modulares que faciliten la apropiación comunitaria y potencialmente sistemas híbridos que mitiguen la intermitencia durante periodos de baja radiación.

La exploración de la dimensión económica a través de los diversos instrumentos metodológicos revela un panorama donde las limitaciones financieras coexisten paradójicamente con prácticas solidarias emergentes. Los testimonios como “Vivimos del día a día” (RE11-P4) contrastan con propuestas colectivas surgidas en grupos focales: “Grupos de familias que comparten costos” (P5GF-AE5). Esta dualidad se confirma mediante observaciones que registraron sistemas informales de uso compartido de generadores entre familias (O4-VLE), sugiriendo que las comunidades ya han desarrollado mecanismos de economía solidaria que podrían adaptarse a la gestión de sistemas fotovoltaicos. La revisión documental (DANE, 2018; Palit & Chaurey, 2017) corrobora la ausencia de instrumentos financieros adaptados a las realidades económicas campesinas, exacerbando barreras de entrada para tecnologías que requieren inversión inicial significativa. Este escenario demanda la conceptualización de modelos económicos alternativos que trasciendan la lógica mercantil convencional, incorporando microfinanciamiento colectivo, subsidios cruzados entre usuarios con diferentes capacidades adquisitivas y la valoración sistemática de externalidades positivas derivadas del acceso energético, como el aumento de horas productivas o la reducción de costos asociados a combustibles fósiles.

El análisis de la dimensión social mediante triangulación expone una paradoja fundamental: mientras persiste una profunda desconfianza hacia intervenciones institucionales

externas (“promesas incumplidas”, RE11-P4), simultáneamente se detecta un robusto capital social interno que sustenta prácticas cooperativas. Los datos obtenidos en grupos focales (“Nos organizamos pa ayudarnos”, P3GF-IS3) y corroborados mediante observación participante (turnos organizados para uso de recursos energéticos, O4-VLE) demuestran capacidades latentes de autoorganización que podrían constituir la base para estructuras de gobernanza comunitaria en torno a los sistemas energéticos. Este hallazgo encuentra respaldo teórico en los trabajos de Berkes & Ross (2013) sobre resiliencia comunitaria y capital social como factores determinantes en la sostenibilidad de intervenciones tecnológicas. La triangulación sugiere que cualquier implementación viable debería articularse a través de comités energéticos locales que respeten las estructuras de autoridad existentes, protocolos de toma de decisiones fundamentados en prácticas asamblearias ya validadas por la comunidad., y mecanismos de control comunitario sobre aspectos críticos como mantenimiento técnico y determinación de aportes económicos.

La dimensión ambiental, analizada a través de múltiples fuentes, presenta complejidades significativas que trascienden la narrativa simplista de “energías limpias”. Si bien los datos documentales confirman el impacto de prácticas energéticas actuales en procesos de deforestación (45,89% en Caquetá según Global Forest Watch, 2023) y la observación participante registró contaminación atmosférica por generadores diésel (O1-VLE), los grupos focales manifestaron preocupaciones legítimas sobre nuevos riesgos asociados a tecnologías fotovoltaicas: “¿Y las baterías contaminantes?” (P7GF-IA7). Esta tensión evidencia la necesidad de conceptualizar la viabilidad ambiental desde un enfoque de transición justa socioecológica que contemple la selección de componentes de bajo impacto ambiental (como baterías de litio con programas estructurados de recolección post-uso), estrategias de compensación ecológica vinculados directamente a los proyectos energéticos, y procesos de educación ambiental que

capaciten a la comunidad para el manejo adecuado de residuos potencialmente peligrosos. La triangulación advierte contra soluciones que, aunque reduzcan emisiones de carbono, podrían generar nuevas vulnerabilidades ambiental en territorios históricamente afectados por dinámicas extractivas.

Un análisis integrado de las cuatro dimensiones revela interdependencias cruciales que deben considerarse en cualquier modelo de intervención energética en La Esperanza. La viabilidad técnica está condicionada por factores sociales como la aprobación de conocimientos y prácticas de mantenimiento; simultáneamente, la sostenibilidad económica depende de estructuras de gobernanza comunitaria que legitimen y operacionalicen modelos solidarios de gestión financiera. Esta interrelación se extiende al ámbito ambiental, donde la aceptación de tecnologías fotovoltaicas está mediada por percepciones de justicia socioecológica y distribución equitativa de beneficios y responsabilidades. La triangulación ha permitido identificar que estas dimensiones no operan como compartimientos estancos, sino como un sistema integrado donde intervenciones unidimensionales resultarían insuficientes o incluso contraproducentes.

La triangulación aplicada en el caso de La Esperanza permite identificar un patrón recurrente en los cuatro ámbitos analizados: la tensión entre conocimiento técnico-científicos formalizados y saberes locales experienciales. En el ámbito técnico, esta tensión se manifiesta entre parámetros estandarizados de diseño fotovoltaico y adaptaciones necesarias para contextos de alta humedad y variabilidad climática; en lo económico, entre modelos financieros convencionales y prácticas solidarias emergentes, en lo social, entre estructuras verticales de gestión tecnológica y gobernanzas horizontales comunitarias; y en lo ambiental, entre métricas globales de impacto climático y percepciones localizadas de riesgo ecológico. Esta recurrencia sugiere la necesidad de marcos analíticos y operativos que faciliten diálogos de saberes, donde la

experiencia técnica formal se enriquezca con conocimientos territorializados sobre gestión de recursos, adaptación climática y organización comunitaria.

Así mismo, la triangulación de los datos evidencia que las necesidades energéticas de la comunidad (Objetivo 1) se articula en torno a la dependencia de combustibles no renovables y la demanda de soluciones accesibles, mientras que los desafíos técnicos identificados (Objetivo 2), como la humedad y nubosidad, coinciden con las dudas expresadas por los participantes sobre la durabilidad de los sistemas fotovoltaicos (SFV). A su vez, las barreras económicas (Objetivo 3) emergen no solo en los testimonios sobre costos, sino en las estrategias informales de autogestión observadas, revelando la urgencia de modelos financieros adaptados. Finalmente, las percepciones socioeconómicas (Objetivo 4) reflejan tanto el potencial de los SFV para reducir la deforestación como los riesgos asociados al uso de leña, los generadores que emiten humo y gases contaminantes y las baterías, cerrando así un círculo de una viabilidad que, aunque compleja, se sustenta en oportunidades claras desde cada dimensión analizada.

### **Análisis DAFO Ampliado: Factores Críticos para la Implementación de Sistemas Fotovoltaicos en la vereda La Esperanza**

La triangulación aplicada revela un ecosistema socio técnico caracterizado por interdependencias sistémicas que la matriz DAFO consolida en una estructura analítica operacionalizable. En tal sentido y en línea con lo evidenciado, el análisis DAFO consolidado para la implementación de sistemas fotovoltaicos individuales (SFV) en la vereda La esperanza revela un complejo entramado multidimensional donde factores técnicos, económicos, sociales y ambientales se entrelazan en una dinámica de interdependencias sistémicas, como se muestra en la tabla 11.

**Tabla 11***Matriz DAFO Ampliada para la Implementación de SFV en La Esperanza*

Debilidades (Factores Internos Positivos)				
Factor	Dimensión	Persistencia	Vinculación con Objetivos	Evidencia
Humedad/nubosidad reducen eficiencia de paneles.	Técnica.	Media	Obj. 2: Requiere tecnologías adaptadas.	Moreno Lopez, W. (2023), entrevistas.
Limitada capacidad de pago (35.1% pobreza)	Económica.	Alta	Obj. 3: Barrera para financiamiento.	DANE, testimonios
Desconfianza histórica en instituciones	Social.	Alta	Obj. 1: Obstaculiza participación en proyectos.	Entrevista, Marco de justicia energética
Riesgo de contaminación por baterías de plomo	Ambiental.	Media	Obj. 4: Conflictos con conservación ecosistémica.	Grupos focales.

*Nota.* En la tabla se aborda las debilidades (Factores Internos Positivos).

Amenazas (Factores Externos Negativos)				
Factor	Dimensión	Persistencia	Vinculación con Objetivos	Evidencia
Falta de técnicos locales para mantenimiento	Técnica	Alta	Obj. 2: Aumenta vulnerabilidad del sistema	Grupos focales
Dependencia de combustibles fósiles (costos altos)	Ecológica	Alta	Obj. 3: Compite con sostenibilidad financiera	Entrevistas
Conflicto armado afecta infraestructura	Social	Media	Obj. 1 y 4: Riesgos para proyectos futuros	PNUD, informe Caquetá

Amenazas (Factores Externos Negativos)				
Factor	Dimensión	Persistencia	Vinculación con Objetivos	Evidencia
Eventos climáticos externos (lluvias, humedad, nubosidad)	Ambiental	Alta	Obj 4: Impacta eficiencia y durabilidad.	IDEAM, testimonios

*Nota.* En la tabla se aborda las Amenazas (Factores Externos Negativos).

Fortalezas (Factores Internos Positivos)				
Factor	Dimensión	Persistencia	Vinculación con Objetivos	Evidencia
Alto potencial solar (4.0-4.5 KW/m <sup>2</sup> )	Técnica	Alta	Obj. 2: Confirma viabilidad técnica.	UPME (2005), Mapas de radiación.
Organización comunitaria para compartir costos	Económica	Alta	Obj. 3: Estrategias colectivas reducen barreras económicas	Observación participante, Berkes & Ross (2013)
Capital social (redes de apoyo)	Social	Alta	Obj. 1: Facilita adopción tecnológica.	Entrevistas
Reducción de deforestación por menor uso de leña	Ambiental	Alta	Obj. 4: Contribuye a sostenibilidad ambiental.	Testimonios, Global Forest Watch (GFW)

*Nota.* En la tabla se aborda las Fortalezas (Factores Internos Positivos).

Oportunidades (Factores Externos Positivos)				
Factor	Dimensión	Persistencia	Vinculación con Objetivos	Evidencia
Tecnologías híbridas (solar-diésel)	Técnica.	Media	Obj. 2: Mitiga debilidades técnicas	Experiencias en Perú (Cabraal et al., 2016)
Subsidios estatales (FANZI)	Económica	Media	Obj. 3: Facilita acceso a financiamiento.	Revisión documental.
Educación energética para apropiación tecnológica	Social	Media	Obj. 34: Reduce resistencia cultural.	Teoría de difusión de innovaciones.
Alineación con ODS 7 (energía limpia)	Ambiental	Alta	Obj. 4: Atrae apoyo internacional.	PNUD' planes nacionales

*Nota.* En la tabla se aborda las Oportunidades (Factores Externos Positivos).

La matriz DAFO evidencia cómo el alto potencial solar (4.0-4.5 kW/m<sup>2</sup>) y las robustas estructuras de organización comunitaria preexistentes constituyen fortalezas fundamentales que contrastan con debilidades estructurales como la alta humedad amazónica que compromete la eficiencia fotovoltaica y la limitada capacidad económica (35,1% de pobreza); simultáneamente, las oportunidades vinculadas a tecnologías híbridas adaptables y programas de financiamiento (FANZI) emergen como contrapeso a amenazas significativas relacionadas con la ausencia de capacidades técnicas locales para mantenimiento y la persistencia de conflictos armados que comprometen la seguridad infraestructural. Esta confirmación multifactorial, respaldada por diversas fuentes trianguladas (entrevistas, grupos focales, observación participante y revisión documental), demuestran que la viabilidad de los SFV en este contexto amazónico no puede reducirse a meras consideraciones tecnológicas o financieras aisladas, sino que requiere un abordaje integral donde la adaptabilidad técnica dialogue con la gobernanza comunitaria, donde

los modelos económicos se ajusten a realidades territoriales específicas, y donde las consideraciones ambientales contemplen tanto beneficios globales (reducción de deforestación) como riesgos localizados (gestión de componentes tóxicos), configurando así un panorama donde la viabilidad debe conceptualizarse como un proceso dinámico de co-construcción sociotécnica adaptada a las particularidades ecológicas, culturales y socio política de este territorio no interconectado.

## Discusión

La presente investigación evaluó la viabilidad técnica, económica, social y ambiental de implementar sistemas fotovoltaicos individuales (SFV) en la vereda La Esperanza; una zona no interconectada (ZNI) con altos índices de pobreza energética. Los resultados demuestran que, si bien el potencial solar ( $4.0-4.5 \text{ kW/m}^2$ ) es adecuado para la generación fotovoltaica, su implementación enfrenta barreras multifactorial que requieren un enfoque sociotécnico integrado, en línea con la teoría de transiciones energéticas de Geels (2011) y los principios de Justicia energética (Sovacool & Dworkin, 2014).

En lo técnico, se confirma que la alta humedad y nubosidad masónica reducen la eficiencia de paneles convencionales (Moreno, 2023), lo que exige tecnologías adaptadas, como sistemas híbridos o paneles de película delgada con mejor rendimiento en condiciones de baja irradiación. Esto valida el primer objetivo específico, al identificar que la viabilidad técnica depende no solo del recurso solar, sino también de la resiliencia tecnológica ante el clima local.

Económicamente, la falta de modelos financieros inclusivos (Palit & Chaurey, 2017) limita la adopción, pese al valor social de la energía en salud y educación. Los testimonios revelan que el 52,5 % de la población no puede asumir costos iniciales, lo que demanda esquema de subsidios cruzados o microcréditos comunitarios, articulados con políticas como FANZI del Ministerio de minas y energía, que responde al tercer objetivo, destacando que la sostenibilidad financiera debe priorizar la capacidad de pago local.

Socialmente, la desconfianza institucional y las prácticas colectivas existentes (ejemplo: compartir generadores) reflejan la necesidad de un modelo de gestión participativa, coherente con el marco de resiliencia comunitaria (Berkes & Ross, 2013). La aceptación de sistemas fotovoltaicos (SFV) dependerá del proceso de capacitación y apropiación tecnológica

Rogers, 2003), vinculando el cuarto objetivo con la teoría de difusión de innovaciones.

Ambientalmente, aunque los sistemas fotovoltaicos (SFV) reducirían la deforestación por leña (45,89% de alertas en Caquetá, Global Forest Watch), el riesgo de contaminación por batería de plomo exige protocolo de manejo post consumo, alineados con el paradigma de “buen vivir” (Acosta, 2013). Esto refuerza la interdependencia entre los ODS 7 (energía limpia) y 15 (vida de ecosistemas terrestres).

En tal sentido, la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos (SFV) en la vereda La Esperanza no es un problema tecnológico aislado, sino un desafío de diseño institucional que debe integrar: 1). Tecnologías adaptadas al clima; 2). Mecanismos financieros inclusivos; 3). Gobernanza energética comunitaria y, 4). Salvaguardas ambientales. Este enfoque multidimensional responde al objetivo general y sienta un precedente para dar réplica habilidad en zonas no interconectadas (ZNI) amazónicas.

La caracterización territorial desarrollada en esta investigación valida y profundiza los hallazgos obtenidos a través de la triangulación, evidenciando que la viabilidad del sistema fotovoltaicos en La Esperanza está condicionada por factores territoriales específicos que trascienden las evaluaciones técnicas convencionales. Las condiciones biofísicas amazónica documentadas, particularmente la alta humedad relativa superior al 80% y los patrones de precipitación que oscilan entre 42.5 y 1.080 mm anuales (CORPOAMAZONÍA, 2007, citado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007), Corroboran las preocupaciones técnicas expresadas por los participantes sobre la durabilidad de los sistemas fotovoltaicos (“¿aguantará con tanto aguacero?”), validando la necesidad de tecnologías adaptadas identificadas en los grupos focales. Esta convergencia entre datos climáticos objetivos

y percepciones comunitarias refuerza la importancia de enfoques socio técnicos que integren conocimiento científico con saberes locales para el diseño de soluciones energéticas robustas.

La composición poblacional heterogénea, caracterizada por la coexistencia de población indígena Coreguaje organizados entonces familias y aproximadamente 80 a 100 habitantes campesinos mestizos distribuidos en 15 a 20 familias, explica la diversidad de percepciones y estrategias organizativas identificadas en el análisis cualitativo. Las estructuras de gobernanza diferenciadas, cabildos indígenas con autoridades como cacique, secretario, tesorero, fiscal y comisario, y Junta de acción comunal campesinas, fundamentan empíricamente los modelos de gestión colectiva propuestos por los participantes (“grupos de familias que compartan costos”), evidenciando que la viabilidad social no depende de la homogeneidad cultural sino de la capacidad para articular diversas formas organizativas en torno a objetivos comunes. Esta caracterización territorial confirma que el capital social identificado en las entrevistas tiene bases organizativas sólidas que pueden facilitar la implementación de sistemas fotovoltaicos mediante esquemas de propiedad y gestión comunitaria.

El sistema económico diversificado documentado, agricultura de rotación, ganadería extensiva, recolección, casa y pesca, valida las demandas energéticas productivas identificadas en los testimonios, particularmente el “trillado el arroz” mencionado por los participantes como uso prioritario. La caracterización de cultivos específicos (maíz, yuca, plátano, arroz, chontaduro) y actividades de procesamiento (elaboración de Casares con yuca fermentada) proporciona parámetros concretos para el dimensionamiento técnico del sistema fotovoltaicos que trasciendan el suministro doméstico básico. Esta alineación entre actividades económicas territoriales y expectativas energéticas comunitarias confirman que la viabilidad técnica debe orientarse hacia sistemas híbridos que combinen usos domésticos con aplicaciones productivas,

respondiendo tanto a necesidades inmediatas de iluminación como a aspiraciones de mejoramiento económico expresadas por los habitantes.

Las problemáticas ambientales territoriales específicas, ausencia de sistemas de agua potable, manejo inadecuado residuos sólidos y dependencia de técnicas de quema para cultivos, contextualizan la dimensión ambiental identificada en el análisis, donde la transición desde la línea hacia energía solar emerge no solo como reducción de emisiones sino como estrategia integral de sostenibilidad territorial. La documentación de pérdidas de cobertura boscosa asociada a prácticas inadecuadas de quema y la dependencia de leña para cocción valida las preocupaciones ambientales expresadas por los participantes (“a conseguir leña toca tumbar árboles”) y confirma el potencial de los sistemas fotovoltaicos para generar cobeneficios ecosistémicos. Esta convergencia entre degradación ambiental documentada y percepciones locales sobre sostenibilidad demuestra que la justificación ambiental de los sistemas fotovoltaicos debe articularse con estrategias territoriales más amplias de conservación y manejo sostenible de recursos naturales.

En síntesis, la caracterización territorial confirma que la viabilidad del sistema fotovoltaico en la esperanza no puede evaluarse mediante parámetros estandarizados, sino que requiere soluciones socio técnicas específicamente diseñadas para las condiciones amazónicas, que integren diversidad cultural, aprovechen estructuras organizativas existentes, respondan a patrones económicos locales y contribuya a la sostenibilidad ambiental territorial. Esta investigación demuestra que el éxito de la transición energética en contextos rurales amazónicos depende fundamentalmente de la capacidad para articular innovación tecnológica con conocimientos territoriales, gobernanza participativa y objetivo de desarrollo sostenible contextualmente situados.

## Conclusiones

La implementación de sistemas fotovoltaicos individuales (SFV) en la vereda La Esperanza, Milán, representa una solución prometedora para abordar la pobreza energética en zonas no interconectadas de la región amazónica, pero su viabilidad depende de un enfoque multidimensional que integre aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales. A continuación, se presentan las conclusiones clave derivada de esta investigación, donde se articula de manera secuencial para destacar su interdependencia:

El potencial solar de la región ( $4.0-4.5 \text{ kW/m}^2$ ) confirma la viabilidad técnica de los sistemas fotovoltaicos (SFV), pero su eficiencia está condicionada por el clima amazónico. La alta humedad, nubosidad y lluvias que caracteriza ciertas temporadas, reducen el rendimiento los paneles convencionales, lo que exige tecnologías adaptadas, como paneles de película delgada o sistemas híbridos con respaldo para periodo de baja radiación. Además, el almacenamiento energético es priorizar baterías de litio con gestión térmica para garantizar continuidad y reducir riesgos ambientales. Estas adaptaciones técnicas no solo iniciarán la generación de energía, sino que también prolongarán la vida útil de los sistemas, un factor crítico en entornos rurales con acceso limitado de mantenimiento especializado.

Sin embargo, la sostenibilidad técnica por sí sola no basta; la viabilidad económica de los sistemas fotovoltaicos (SFV) depende de modelos financieros innovadores que consideren la capacidad de pago de la población. En una comunidad donde el 52,5% de los hogares pertenecen al SISBEN A, los esquemas tradicionales de financiamiento resultan insuficientes. Aquí, los fondos rotatorios comunitarios y los subsidios cruzados emergen como alternativas viables, ya que permiten distribuir costos y priorizar a los hogares más vulnerables. Estos mecanismos deben complementarse con incentivos para proveedores locales, que reduzcan los costos de

instalación y fomenten la creación de empleo en la zona. Solo así, se logrará que los sistemas fotovoltaicos (SFV) no sean una solución temporal, sino una inversión a largo plazo.

Más allá de lo técnico y económico, la adopción exitosa del sistema fotovoltaico requiere un modelo de gobernanza participativa que empoderen la comunidad. La desconfianza histórica en intervenciones externas y las prácticas existentes de autogestión (como el uso compartido de generadores) evidencian la necesidad de involucrar activamente a los habitantes en el diseño, implementación y mantenimiento de los sistemas. Talleres prácticos de capacitación, enfocados en mujeres y jóvenes, y la creación de comités locales de gestión energética puede transformar a los usuarios en actores clave del proceso. Esta apropiación tecnológica no solo asegura la sostenibilidad operativa, sino que también fortalece el tejido social.

Paralelamente, los beneficios ambientales de los sistemas fotovoltaicos deben gestionarse con un enfoque de ciclo de vida para evitar impactos negativos no deseados. Si bien la transición energética solar reduciría la dependencia a la leña (asociada el 45.89% de la deforestación en Caquetá) y disminuiría las emisiones de CO<sub>2</sub>, es crucial implementar protocolos para el manejo de baterías usadas y su disposición final. Programa de recolección y reciclaje, en alianza con actores especializados, evitarían la contaminación de fuentes hídricas como el río Caquetá. Además, generar ingresos adicionales para la comunidad y potenciar los beneficios ecosistémicos.

Cabe destacar que, la escalabilidad de este modelo en otras zonas depende de Marcos normativos que reconozcan las particularidades de los territorios rurales. Las políticas energéticas deben trascender el enfoque tradicional de cobertura e incorporar criterios de Justicia energética, como equidad distributiva y participación comunitaria. Estándares técnicos adaptados a entornos tropicales húmedos y sistemas de monitoreo que evalúen impactos

multidimensionales (salud, educación, productividad) son esenciales para garantizar que los sistemas fotovoltaicos (SFV) no solo lleguen a la vereda, sino que se mantienen y replican en contextos similares.

## Recomendaciones

Es fundamental desarrollar prototipos adaptados específicamente al clima amazónico, utilizando paneles de película delgada o tecnologías híbridas (solar-diésel) que mantengan su eficiencia en condiciones de alta humedad y nubosidad. Estos sistemas deben incorporar almacenamiento basado en baterías de litio de ciclo profundo para reducir riesgos ambientales y garantizar un suministro constante de energía. Paralelamente, resulta estratégico implementar sistemas modulares escalables, diseñando sistemas fotovoltaicos (SFV) con capacidad de ampliación progresiva, como kits básicos de iluminación que puedan expandirse con opciones productivas. Esta aproximación debe priorizar las necesidades de la comunidad.

Para garantizar la viabilidad económica de proyectos dirigidos a la implementación de sistemas fotovoltaicos (SFV), se recomienda crear un fondo rotatorio comunitario que establezca mecanismos de microcrédito con tasas subsidiadas y plazos flexibles, vinculados a programas estatales para cubrir costos iniciales de instalación. Adicionalmente, es recomendable adoptar modelos de pago por servicio, que implementen esquema de prepago con tarifas diferenciadas según la capacidad económica de los usuarios, utilizando clasificaciones como SISBEN A-B, lo que asegurará la sostenibilidad financiera sin excluir a los hogares vulnerables. Como complemento a estas medidas, se deben desarrollar incentivos fiscales para proveedores locales, reduciendo impuestos a empresas que instalen y proporcionen mantenimiento a sistemas fotovoltaicos (SFV) en zonas no interconectadas (ZNI), con cláusulas obligatorias de capacitación a técnicos comunitarios, fortaleciendo así el tejido económico local.

El componente social requiere implementar programas de apropiación tecnológica a través de talleres prácticos, como escuela de energía solar, que fomenten a los usuarios en procedimiento de mantenimiento básico, con un enfoque de género que garantice la participación

de mujeres y jóvenes. La sostenibilidad del modelo depende de la creación de comité de gestión energética local, formalizando estructuras comunitarias como asociaciones de usuarios que tomen decisiones colectivas sobre tarifas, reparaciones y expansión del sistema, basadas en el modelo de commons energéticos. Todo esto debe estar respaldado por campaña de sensibilización que utilicen radios comunitarias y materiales audiovisuales en lenguaje accesible para disipar mitos sobre los sistemas fotovoltaicos (SFV) y destaca los beneficios en áreas como salud, educación y productividad, facilitando así la adopción tecnológica.

La perspectiva ambiental exige implementar protocolos de economía circular mediante sistemas de recolección y reciclaje de baterías usadas, en alianza con empresas certificadas a través de programas post consumo de plomo, previniendo la contaminación de fuentes hídricas aledañas a la vereda y garantizando el cumplimiento en el territorio de los objetivos trazados a nivel ambiental en el plan de desarrollo nacional “Colombia potencia mundial de la vida, 2022 – 2026”. Adicionalmente, es valioso establecer sinergias con proyecto de conservación, vinculando la electrificación fotovoltaica a iniciativas de reforestación como los pagos por servicios ambientales, lo que permitirá compensar huellas ecológicas y generar ingresos adicionales para las comunidades, creando así un círculo virtuoso entre energía renovable y conservación ambiental.

En el ámbito regulatorio, es necesario impulsar una reforma inclusiva que actualice la ley 1715 del 2014 para incluir criterios de Justicia energética en la asignación de recursos, mecanismos formales de participación comunitaria en el diseño de proyectos, y estándares técnicos obligatorios para equipos en zonas no interconectadas (ZNI) que garanticen resistencia climática y una vida útil mínima adecuada. Complementariamente, se requiere desarrollar indicadores de impacto multidimensionales que midan no solo la cobertura eléctrica, sino

también las mejoras en salud (como la reducción de IIRA por humo de leña), educación (hora de estudio nocturno) y productividad (ingresos por actividades post cosecha), proporcionando así una visión integral de impacto en la electrificación rural.

Para maximizar el aprendizaje y la replicabilidad, es importante realizar estudios que evalúen la transferibilidad de este modelo a otras zonas no interconectadas amazónicas, incorporando variables específicas como el conflicto armado y la diversidad étnica, considerando especialmente comunidades indígenas con cosmovisiones y energéticos particulares. Finalmente, resulta esencial desarrollar evaluaciones costo beneficio social que cuantifiquen económicamente las externalidades positivas, como el ahorro en gastos de salud por menor contaminación intradomiciliaria, para justificar con evidencia sólida las inversiones públicas en estos sistemas, facilitando la toma de decisiones basadas en datos y potenciando la escalabilidad de estas soluciones energéticas sostenibles.

### Referencia Bibliográficas

Abhishek Kumar Tripathi, Rayo Shashwati, Mangalpady Aruna, Sandeep Prasad., (2021).

Evaluación del rendimiento de los paneles solares fotovoltaicos en atmósfera húmeda.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785320366591>

Adrian Smith, Andy Stirling & Frans Berkhout. (2005). The governance of sustainable socio-

technical transitions. file:///C:/Users/paesc/Downloads/1-s2.0-S0048733305001721-

main.pdf

Alstone, P.; Dimitry Gershenson & Daniel M. Kammen. (2015). Decentralized energy systems

for clean electricity Access. [https://rael.berkeley.edu/wp-](https://rael.berkeley.edu/wp-content/uploads/2014/11/Alstone-Gershenson-Kammen-NatureClimateChange-2015-EnergyAccess.pdf)

content/uploads/2014/11/Alstone-Gershenson-Kammen-NatureClimateChange-2015-

EnergyAccess.pdf

Ambiente Soluciones-SOCIEDADES BIC (2025). Los casos de éxito de la energía limpia en

Colombia. [https://www.ambientesoluciones.com/portal/noticias-de-actualidad/los-casos-](https://www.ambientesoluciones.com/portal/noticias-de-actualidad/los-casos-de-exito-de-la-energia-limpia-en-colombia)

de-exito-de-la-energia-limpia-en-colombia

Amylkar D. Acosta Medina (2013). Colombia: Escenario de las Desigualdades. TENDENCIAS,

Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad de

Nariño, Vol. XIV. No. 1 - 1er. Semestre 2013, Enero-Junio - Páginas 9-

35file:///C:/Users/paesc/Downloads/Dialnet-Colombia-4453217.pdf

Arboleda, E., España, L. & Gómez, L., (2022). Energía social y transición energética en

Colombia De las prácticas sociales a la gobernanza energética.

[https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Arboleda-](https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Arboleda-Guzman/publication/379755005_Energia_social_y_transicion_energetica_en_Colombia_De_las_practicas_sociales_a_la_gobernanza_energetica/links/664c00e70b0d2845744b49)

Guzman/publication/379755005\_Energia\_social\_y\_transicion\_energetica\_en\_Colombia\_

De\_las\_practicas\_sociales\_a\_la\_gobernanza\_energetica/links/664c00e70b0d2845744b49

af/Energia-social-y-transicion-energetica-en-Colombia-De-las-practicas-sociales-a-la-gobernanza-energetica.pdf

Arévalo Rivera, P C. (2023). Propuesta de implementación de Soluciones Individuales Solares Fotovoltaicas para ZNI de Colombia.

<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/36ad5976-d095-48c9-adea-3d966cfac1fb/content>

Ashleigh M. Day. (2022). Approaches to Coding Your Data in Qualitative Research.

[https://www.uttyler.edu/research/office/ors-research-design-data-analysis-lab/files/aday\\_coding\\_in\\_qualitative\\_research\\_04222022.pdf](https://www.uttyler.edu/research/office/ors-research-design-data-analysis-lab/files/aday_coding_in_qualitative_research_04222022.pdf)

Bagele Chilisa. (2020). Indigenous Research Methodologies. <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/indigenous-research-methodologies/book241776>

Balbina Griffa y Leandro Marcó. (2019). Evaluación de instrumentos para reducir la pobreza energética en américa latina: antecedentes y desafíos en el sector eléctrico. Economía y Desafíos del Desarrollo Año 2 - Volumen 1, Número 4.

<https://revistasacademicas.unsam.edu.ar/index.php/redd/article/view/905/1330>

Barbara B. Kawulich. (2005). La observación participante como método de recolección.

<https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/download/466/998?inline=1>

Benjamin K. Sovacool, Aarhus Universitet, Denmark, Michael H. Dworkin, Vermont Law School. (2015). *Global energy justice: problems, principles, and practices*.

<https://www.eba-net.org/wp-content/uploads/2023/02/10-19-141-Attanasio-Final-4.27.pdf>

Benjamin K. Sovacool, Burke, M., Baker, L., Kotikalapudi, C. K., & Wlokas, H. (2017). New frontiers and conceptual frameworks for energy justice.

[https://pure.au.dk/ws/portalfiles/portal/119025082/New\\_frontiers\\_and\\_conceptual\\_frameworks\\_for\\_energy\\_justice.pdf](https://pure.au.dk/ws/portalfiles/portal/119025082/New_frontiers_and_conceptual_frameworks_for_energy_justice.pdf)

Benjamin K. Sovacool, Michael H. Dworkin, (2015). Energy justice: Conceptual insights and practical applications. *Applied Energy* 142 (2015) 435–444. [https://efl-stichting.nl/app/uploads/2022/08/Sovacool\\_Dworkin-AE-Justice20190902-14416-15urgi3-with-cover-page-v2-1.pdf](https://efl-stichting.nl/app/uploads/2022/08/Sovacool_Dworkin-AE-Justice20190902-14416-15urgi3-with-cover-page-v2-1.pdf)

Benjamin K. Sovacool. (2018). Energy studies need social science.

<https://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2018/07/nature.pdf>

Benjamin K. Sovacool. (2016). How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. *Energy Research & Social Science*. Volume 13, March 2016, Pages 202-215. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629615300827>

Berkes, Fikret ; Ross, Helen. (2013). Community Resilience: Toward an Integrated Approach. *Society & Natural Resources*, vol. 26, issue 1, pp. 5-20.

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2013SNatR..26....5B/abstract>

Bijker, Wiebe E., Hughes, Thomas Parke & Pinch, T.J. (1984). The Social Construction of Technological Systems.

[https://monoskop.org/images/1/1f/Bijker\\_Hughes\\_Pinch\\_eds\\_The\\_Social\\_Construction\\_of\\_Technological\\_Systems.\\_New\\_Directions\\_in\\_the\\_Sociology\\_and\\_History\\_of\\_Technology\\_no\\_OCR.pdf](https://monoskop.org/images/1/1f/Bijker_Hughes_Pinch_eds_The_Social_Construction_of_Technological_Systems._New_Directions_in_the_Sociology_and_History_of_Technology_no_OCR.pdf)

Boaventura de Sousa Santos. (2007). Research Foundation of State University of New York. Vol. 30, No. 1 (2007), pp. 45-89 . <https://www.jstor.org/stable/40241677>

Bouzarovski y Petrova (2015). A global perspective on domestic energy deprivation:

Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary. *Energy Research & Social Science*

10 (2015) 31–40. file:///C:/Users/paesc/Downloads/POST-PEER-REVIEW-PUBLISHERS.PDF

Bruno Latour. (2005). Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor-red.

[https://seminariosocioantropologia.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/08/orca\\_share\\_media1470719009830-1.pdf](https://seminariosocioantropologia.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/08/orca_share_media1470719009830-1.pdf)

Cañete, R., Dirce Guilhem & Katia Brito (2012). Consentimiento informado: algunas consideraciones actuales. *Acta Bioethica*; 18 (1): 121-127.

file:///C:/Users/paesc/Downloads/Consentimiento\_informado\_algunas\_consideraciones\_a.pdf

Cañete, R., Guilhem, D., & Brito, K. (2012). Consentimiento informado: algunas consideraciones actuales. *Scielo*, 18(1), 121-127.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S1726-569X2012000100011>

Carlos E. Aristizábal & José L. González. (2022). Energia solar fotovoltaica em instituições de ensino: estudo de caso ITM campus Robledo. *Semest. Econ. vol.24 no.57 Medellín* July/Dec. 2021 Epub Jan 19, 2022.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-63462021000200030](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-63462021000200030)

Castan Broto, V. (2017). Energy sovereignty and development planning: The case of Maputo, Mozambique.

[https://www.researchgate.net/publication/318715315\\_Energy\\_sovereignty\\_and\\_development\\_planning\\_The\\_case\\_of\\_Maputo\\_Mozambique](https://www.researchgate.net/publication/318715315_Energy_sovereignty_and_development_planning_The_case_of_Maputo_Mozambique)

Castan Broto, V., Baptista, I., Kirshner, J., Smith, S., & Never Alves, S. (2018). Energy justice and sustainability transitions in Mozambique. *Applied Energy*, 228, 645-655.

[https://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/133165/1/Castan\\_Broto\\_Baptista\\_Kirshner\\_Smith\\_Neves\\_Alves\\_Applied\\_Energy.pdf](https://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/133165/1/Castan_Broto_Baptista_Kirshner_Smith_Neves_Alves_Applied_Energy.pdf)

Castán Broto, V.; Idalina Baptista, Joshua Kirshner, Shaun Smitha, Susana Neves Alves. (2018). Energy justice and sustainability transitions in Mozambique. *Applied Energy* 228 (2018) 645–655.

[https://www.researchgate.net/publication/326317115\\_Energy\\_justice\\_and\\_sustainability\\_transitions\\_in\\_Mozambique](https://www.researchgate.net/publication/326317115_Energy_justice_and_sustainability_transitions_in_Mozambique)

Colombia (2014). Ley 1715 de 2014.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>

Colombia. (2000). Ley 617 de 2000. Por la cual se reforma parcialmente la Ley 136 de 1994, el Decreto Extraordinario 1222 de 1986, se adiciona la ley orgánica de presupuesto, el Decreto 1421 de 1993, se dictan otras normas tendientes a fortalecer la descentralización, y se dictan normas para la racionalización del gasto público nacional.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3771>

Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2005). [file:///C:/Users/paesc/Downloads/5825%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/paesc/Downloads/5825%20(1).pdf)

CORPOAMAZONÍA. (2007). Plan de Acción Trienal 2007-2009. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía. P PAT 0709\_270407.doc

Cuvardic García, Dorde. (2002). Los marcos interpretativos textuales: herramienta metodológica para el análisis del discurso. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, vol. II, núm. 96, junio, 2002. <https://www.redalyc.org/pdf/153/15309607.pdf>

- DANE (2024). Proyección de población 2018-2035. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion?highlight=WyIxOTg1LTE5OTQiXQ==>
- DANE. (2018). Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2018. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2018>
- Debajit Palit & Akanksha Chaurey. (2011). Off-grid rural electrification experiences from South Asia: Status and best practices. *Energy for Sustainable Development*.  
<https://www.dmu.ac.uk/documents/technology-documents/research-faculties/oasys/project-outputs/peer-reviewed-journal-articles/pj1--palit-chaurey-paper.pdf>
- Delgado, G. C. et al. (2014). Buena vida, buen vivir: imaginarios alternativos para el bien común de la humanidad. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México  
[https://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/ceiich-unam/20170503034423/pdf\\_1508.pdf](https://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/ceiich-unam/20170503034423/pdf_1508.pdf)
- Diego Hernán Pinzón Marín. (2022). Estrategia competitiva para una empresa de distribución de productos químicos en Colombia (PQUIM S.A.S.).  
<https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/4766c502-a3c3-4cc6-aa70-859b264aa492/content>
- Domínguez Valerio, C.M. (2019). Introducción al desarrollo sostenible. *Revista Utesiana de la Facultad Ciencias y Humanidades*, 4(4), 34-40. [https://utesa.edu/home/revistas-utesianas/rev-ciencias-humanidades/descargables/2019/2019\\_Humanidades\\_Art\\_2.pdf](https://utesa.edu/home/revistas-utesianas/rev-ciencias-humanidades/descargables/2019/2019_Humanidades_Art_2.pdf)

Dorothea Kleine & Tim Unwin (2009) Technological Revolution, Evolution and New Dependencies: what's new about ict4d?, *Third World Quarterly*, 30:5, 1045-1067, DOI: 10.1080/01436590902959339

Edgar Castro Monge. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3693387.pdf>

Ernst Friedrich Schumacher. (1973). Lo pequeño es hermoso.  
[https://www.academia.edu/37316798/Lo\\_pequeno\\_es\\_hermoso\\_Ernst\\_Friedrich\\_Schumacher](https://www.academia.edu/37316798/Lo_pequeno_es_hermoso_Ernst_Friedrich_Schumacher)

Everett M. Rogers. (1962). Difusion of innovation. <https://teddykw2.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/07/everett-m-rogers-diffusion-of-innovations.pdf>

Fals Borda, O. (1985). Conocimiento y poder popular.  
[https://eva.udelar.edu.uy/pluginfile.php/8256/mod\\_resource/content/1/Fals%20Borda%20-%20Conocimiento%20y%20poder%20popular.pdf](https://eva.udelar.edu.uy/pluginfile.php/8256/mod_resource/content/1/Fals%20Borda%20-%20Conocimiento%20y%20poder%20popular.pdf)

Fals Borda, O. (1987). The Application of Participatory Action-Research in Latin America.  
<https://www.deepdyve.com/lp/sage/the-application-of-participatory-action-research-in-latin-america-169LmqLIXL>

Finlay. L. (2017). Championing “Reflexivities. *Qualitative Psychology*. Vol. 4, No. 2, 120–125.  
[https://www.researchgate.net/journal/Qualitative-Psychology-2326-3598/publication/309516151\\_Championing\\_Reflexivities/links/6501c0cb8d6da36cc877c01b/Championing-Reflexivities.pdf?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uRG93bmxvYWQifX0&\\_\\_cf\\_chl\\_tk=L6jatS1\\_EPNtwlR](https://www.researchgate.net/journal/Qualitative-Psychology-2326-3598/publication/309516151_Championing_Reflexivities/links/6501c0cb8d6da36cc877c01b/Championing-Reflexivities.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uRG93bmxvYWQifX0&__cf_chl_tk=L6jatS1_EPNtwlR)

MFhSctRAaTrq3hmHKCmb1f61bMC8-1746757509-1.0.1.1-

2nWh\_t3hAr8zVJ1pkg72JdfBqMDLfmeMBMr8ITuuOxU

- Flórez Acosta J. H.; Tobón Orozco, D. & Castillo Quintero, G. A. (2009). ¿Ha sido efectiva la promoción de soluciones energéticas en las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia?: un análisis de la estructura institucional. *Cuad. Adm.* vol.22 no.38 Bogotá.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-35922009000100011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-35922009000100011)
- García Ochoa y Graizbord (2016), Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. *Econ. soc. territ* [online]. 2016, vol.16, n.51, pp.289-337. <https://www.scielo.org.mx/pdf/est/v16n51/2448-6183-est-16-51-00289.pdf>
- Gary Rolfe. (2006). Validity, trustworthiness and rigour: Quality and the idea of qualitative research. *Journal of Advanced Nursing* 53(3):304-10  
[https://www.researchgate.net/publication/7331242\\_Validity\\_trustworthiness\\_and\\_rigour\\_Quality\\_and\\_the\\_idea\\_of\\_qualitative\\_research](https://www.researchgate.net/publication/7331242_Validity_trustworthiness_and_rigour_Quality_and_the_idea_of_qualitative_research)
- Garzón Zabala. L. A. (2023). Análisis conceptual y de experiencias para el desarrollo de microrredes en comunidades energéticas en el contexto de los territorios indígenas.  
<https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/f0f5f493-4a56-47ed-b17c-016f460d95fc/content>
- Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*. Volume 31, Issues 8–9, December 2002, Pages 1257-1274. [file:///C:/Users/paesc/Downloads/10-1-1-153-5270%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/paesc/Downloads/10-1-1-153-5270%20(1).pdf)
- Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. Volume 1, Issue 1, June



González Eguino (2015). Energy poverty: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 47, pp. 377-385.

[https://is.muni.cz/el/fss/podzim2019/MVZ211/um/Gonzales-Eguino\\_2015.pdf](https://is.muni.cz/el/fss/podzim2019/MVZ211/um/Gonzales-Eguino_2015.pdf)

González Eguino. (2015). Energy poverty: An overview.

[https://www.researchgate.net/publication/274838166\\_Energy\\_poverty\\_An\\_overview](https://www.researchgate.net/publication/274838166_Energy_poverty_An_overview)

Gretchen C. Daily\*† and Pamela A. Matson‡ . (2008). Ecosystem services: From theory to implementation. *PNAS*. vol 105, no. 28. 9455-9456.

<https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.0804960105>

Gretchen Daily, Sandra Postel, Kamaljit S Bawa & Les Kaufman. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*.

[https://www.researchgate.net/publication/37717461\\_Nature's\\_Services\\_Societal\\_Dependence\\_On\\_Natural\\_Ecosystems](https://www.researchgate.net/publication/37717461_Nature's_Services_Societal_Dependence_On_Natural_Ecosystems)

Groh, S. & Hadley Taylor Hadley Taylor. (2015). The role of microfinance in energy access: changing roles, changing paradigms, and future potential.

[https://www.researchgate.net/publication/274255254\\_The\\_role\\_of\\_microfinance\\_in\\_energy\\_access\\_Changing\\_roles\\_changing\\_paradigms\\_and\\_future\\_potential](https://www.researchgate.net/publication/274255254_The_role_of_microfinance_in_energy_access_Changing_roles_changing_paradigms_and_future_potential)

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.

<https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

Herrera Farfán, N. A.; López Guzmán, L. (2014). *Ciencia, compromiso y cambio social*.

<https://sentipensante.red/wp-content/uploads/2025/03/Ciencia-Compromiso-Cambio-Social.-Fals-Borda.pdf>

- Hirmer, Stephanie & Cruickshank, Heather, 2014. "The user-value of rural electrification: An analysis and adoption of existing models and theories," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 34(C), pages 145-154.  
<https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v34y2014icp145-154.html>
- Hyung Chul Kim, Vasilis Fthenakis, Jun-Ki Choi, Damon E. Turney. (2012). Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Thin-film Photovoltaic Electricity Generation. *Journal of Industrial Ecology*. Volume 16, Issues 1.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2011.00423.x>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. <https://www.ideam.gov.co/cambio-climatico>
- International Energy Agency (IEA). (2022). *World Energy Outlook*.  
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>
- J Ortega-Bastidas · (2020). ¿Cómo saturamos los datos? una propuesta analítica “desde” y “para” la investigación cualitativa. *Interciencia*, vol. 45, núm. 6, pp. 293-299, 2020  
<https://www.redalyc.org/journal/339/33963459007/html/>
- Jeffrey D. Sachs. (2015). *La era del desarrollo sostenible. Nuestro futuro está en juego: incorporemos el desarrollo sostenible a la agenda política mundial*.  
[https://planetadelibroscom.cdnstatics2.com/libros\\_contenido\\_extra/31/30978\\_La\\_era\\_del\\_desarrollo\\_sostenible.pdf](https://planetadelibroscom.cdnstatics2.com/libros_contenido_extra/31/30978_La_era_del_desarrollo_sostenible.pdf)
- Kirsten Ulsruda, Tanja Winther, Debajit Palit & Harald Rohrer. (2015). *Energy Research & Social Science*. Volume 5, January 2015, Pages 34-44.

[https://www.researchgate.net/publication/264567051\\_A\\_cross-sectional\\_review\\_Impacts\\_and\\_sustainability\\_of\\_small-scale\\_renewable\\_energy\\_projects\\_in\\_developing\\_countries](https://www.researchgate.net/publication/264567051_A_cross-sectional_review_Impacts_and_sustainability_of_small-scale_renewable_energy_projects_in_developing_countries)

Köhler et al. (2019). An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210422418303332?via%3Dihub>

Köhler et al. (2019). Sustainability transitions: policy and practice.

[https://api.developmentaid.org/api/frontend/cms/file/2019/09/Sustainability\\_transitions\\_2019-021-TH-AL-19-011-EN-N.pdf](https://api.developmentaid.org/api/frontend/cms/file/2019/09/Sustainability_transitions_2019-021-TH-AL-19-011-EN-N.pdf)

Langdon Winner. (2008). La ballena y el reactor.

<https://maquinasdefuego.blogspot.com/2018/05/180519langdon-winnertienen-politica-los.html>

Linda Tuhiwai Smith. (s.f.). Decolonizing methodologies research and indigenous peoples.

<https://nycstandswithstandingrock.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/10/linda-tuhiwai-smith-decolonizing-methodologies-research-and-indigenous-peoples.pdf>

López Jorge S y Barbara Scandroglio (2007). The Sage Handbook of Qualitative Research.

Norman K. Denzin y Yvonna S. Lincoln (Ed.): Reseña de Bárbara Scandroglio y Jorge López Martínez.

[https://www.researchgate.net/publication/28183299\\_The\\_Sage\\_Handbook\\_of\\_Qualitative\\_Research\\_Norman\\_K\\_Denzin\\_y\\_Yvonna\\_S\\_Lincoln\\_Ed\\_Resena\\_de\\_Barbara\\_Scandroglio\\_y\\_Jorge\\_Lopez\\_Martinez](https://www.researchgate.net/publication/28183299_The_Sage_Handbook_of_Qualitative_Research_Norman_K_Denzin_y_Yvonna_S_Lincoln_Ed_Resena_de_Barbara_Scandroglio_y_Jorge_Lopez_Martinez)

Lucie Middlemiss, Pepa Ambrosio-Albalá, Nick Emmel, Ross Gillard, Jan Gilbertson, Tom

Hargreaves, Caroline Mullen, Tony Ryan, Carolyn Snell, Angela Tod. (2019). Energy

poverty and social relations: A capabilities approach. *Energy Research & Social Science* 55 (2019) 227–23.

file:///C:/Users/paesc/Downloads/Middlemisetal2019EnergyPovertyandSocialRelations.pdf

Markard, J., (2018). Transition 2.0 - New conceptual challenges for sustainability transition studies. <https://documents.manchester.ac.uk/display.aspx?DocID=37313>

Markard, Jochen & Raven, Rob & Truffer, Bernhard, 2012. "Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects," *Research Policy*, Elsevier, vol. 41(6), pages 955-967. <https://es.scribd.com/document/257018927/Markard-et-al-2012-pdf>

McCauley et al. (2018). Justicia Energética. Reequilibrar el trilema de la seguridad, la pobreza y el cambio climático. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-62494-5>

McCollum et al. (2018). Connecting the sustainable development goals by their energy interlinkages. *Environ. Res. Lett.* 13 (2018). [https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15171/1/McCollum\\_2018\\_Environ.\\_Res.\\_Lett.\\_13\\_033006.pdf](https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/15171/1/McCollum_2018_Environ._Res._Lett._13_033006.pdf)

Medardo Nizama Valladolid & Luz María Nizama Chávez. (2020). El enfoque cualitativo en la investigación jurídica, proyecto de investigación cualitativa y seminario de tesis.

file:///C:/Users/paesc/Downloads/Dialnet-

ElEnfoqueCualitativoEnLaInvestigacionJuridicaProye-7628480.pdf

Mejía Umaña, A.(2022). NetworksofPower.ElectrificationofWesternSociety,1880-

1930(ReseñadeLibro).InternationalJournalofEngineering,SocialJusticeandPeace,9(1),30-

39. <https://ojs.library.queensu.ca/index.php/IJESJP/article/view/15692/10241>

- Mesa DER Colombia. (2023). Comunidades Energéticas: Retos para la participación y su sostenibilidad. <https://colombiainteligente.org/producto/comunidades-energeticas-retos-para-la-participacion-y-su-sostenibilidad/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del departamento del Caquetá. <https://accionclimatica.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/Biblioteca/PIGCC/Territorial/Caquet%C3%A1/PIGCCT%20%20CAQUET%C3%81%20V.%20Final.pdf>
- Ministerio de medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 1044 de 2007. Por la Cual se certifica el cumplimiento de la fumigación ecológica de la propiedad para la ampliación del Resguardo indígena Coreguaje La Esperanza. [https://siatac.co/Documentos/ordenamiento\\_ambiental\\_del\\_territorio/normatividad/resguardos\\_indigenas/Resolucion%201044%20del%2014%20de%20junio%20de%202007%20R.I.%20LA%20ESPERANZA%20\(AMPLIACION\).pdf](https://siatac.co/Documentos/ordenamiento_ambiental_del_territorio/normatividad/resguardos_indigenas/Resolucion%201044%20del%2014%20de%20junio%20de%202007%20R.I.%20LA%20ESPERANZA%20(AMPLIACION).pdf)
- MinTIC. (2023). Boletín trimestral de las TIC. [https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-276966\\_archivo\\_pdf.pdf](https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-276966_archivo_pdf.pdf)
- MinTIC. (2024). Boletín trimestral de las TIC. [https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-383732\\_archivo\\_pdf.pdf](https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-383732_archivo_pdf.pdf)
- Monge Acuña, V. (2015). La codificación en el método de investigación de la grounded theory o teoría fundamentada. <file:///C:/Users/paesc/Downloads/Dialnet-LaCodificacionEnElMetodoDeInvestigacionDeLaGrounde-5248462.pdf>
- Moreno-Lopez, W., A. (2023). En el estudio de viabilidad técnico-económica de generación de energía eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica en la isla de San Andrés.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/83674/80855008.2023.pdf.pdf?sequence=2>

Nerini, et al. (2017). Mapping synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals. Perspective.

[file:///C:/Users/paesc/Downloads/NEnergyPaper%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/paesc/Downloads/NEnergyPaper%20(1).pdf)

Norman K. Denzin & Yvonna Lincoln (2012). Manual de investigación cualitativa.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=490631>

Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic Analysis: Striving to Meet the Trustworthiness Criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1).

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1609406917733847>

Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J., (2017). Thematic Analysis: Striving to Meet the Trustworthiness Criteria.

[https://www.researchgate.net/publication/320188032\\_Thematic\\_Analysis\\_Striving\\_to\\_Meet\\_the\\_Trustworthiness\\_Criteria](https://www.researchgate.net/publication/320188032_Thematic_Analysis_Striving_to_Meet_the_Trustworthiness_Criteria)

Ortega-Bastidas · (2020). Como saturamos los datos una propuesta analítica.

[https://www.google.com/search?q=tama%C3%B1o+muestra%3A+Ortega-Bastidas+%C2%B7+\(2020\)%2C&oq=tama%C3%B1o+muestra%3A+Ortega-Bastidas+%C2%B7+\(2020\)%2C+&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCTYyNjNqMGoxNagCCLACAQ&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=tama%C3%B1o+muestra%3A+Ortega-Bastidas+%C2%B7+(2020)%2C&oq=tama%C3%B1o+muestra%3A+Ortega-Bastidas+%C2%B7+(2020)%2C+&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCTYyNjNqMGoxNagCCLACAQ&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

Palacios Rodríguez, O. A. (2021). La teoría fundamentada: origen, supuestos y perspectivas.

<https://www.redalyc.org/journal/4217/421769000003/html/>

Palit y Chaurey (2013). Off-Grid Rural Electrification Experiences from South Asia. *Green Energy and Technology* 116:75-104.

[https://www.researchgate.net/publication/264623415\\_Off-Grid\\_Rural\\_Electrification\\_Experiences\\_from\\_South\\_Asia](https://www.researchgate.net/publication/264623415_Off-Grid_Rural_Electrification_Experiences_from_South_Asia)

Pelling M (2011). *Adaptation to climate change: from resilience to transformation*. Routledge.

<https://talos.unicauca.edu.co/gea/sites/default/files/Adaptation%20to%20Climate%20Change%20From%20Resilience%20to%20Transformation.pdf>

Perez, M., Fernandez, Corbelle & Loureiro. (2022) *Resiliencia a incendios forestales: análisis de diferentes experiencias en Galicia*.

<https://8cfe.congresoforestal.es/sites/default/files/actas/8CFE-193.pdf>

Pirela Morillo, J., Blanco, N., & Nones, N. (1). *El Modelo de la Teoría Fundamentada de Glaser y Strauss: Una alternativa para el abordaje cualitativo de lo social*. *Omnia*, 10(1).

Recuperado a partir de

<https://produccioncientificaluz.org/index.php/omnia/article/view/7097>

PNUD. (2019). *CAQUETÁ Retos y desafíos para el Desarrollo Sostenible*.

<https://www.undp.org/es/colombia/publicaciones/caqueta-retos-y-desafios-para-el-desarrollo-sostenible>

PNUD. (2021). *Human Development Report 2021-2022: Uncertain Times, Unsettled Lives: Shaping our Future in a Transforming World*.

<https://digitallibrary.un.org/record/3986309?ln=ar&v=pdf>

Prieto Rodriguez y March Cerda (2002). *Paso a paso en el diseño de un estudio mediante grupos focales*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0212656702705854>

R. Anil Cabraal, Douglas F. Barnes, & Sachin G. Agarwal. (2005). *Productive uses of energy for rural development*.

[file:///C:/Users/paesc/Downloads/ProductiveUsesAnnualReviewEgy%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/paesc/Downloads/ProductiveUsesAnnualReviewEgy%20(1).pdf)

R., E., Stake. (1998). Investigación con estudio de casos.

<https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/investigacion-con-estudios-de-caso.pdf>

Ramírez Ortigón, L. A. (2009). Confidencialidad: normativas y consideraciones generales sobre su aplicación en Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/806/80615419012.pdf>

Resilience (Republished). *Ecology and Society*, Vol. 21, No. 4 (Dec 2016).

<https://www.jstor.org/stable/26269991?seq=2>

Resilientes. (2, febrero de 2025). Sin ver ni el árbol, ni el bosque.

<https://www.proyectorresilientes.com/caqueta>

Riessman, Catherine Kohler (2005) Narrative Analysis. In: Narrative, Memory & Everyday Life. University of Huddersfield, Huddersfield, pp. 1-7.

[https://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/4920/2/Chapter\\_1\\_-\\_Catherine\\_Kohler\\_Riessman.pdf](https://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/4920/2/Chapter_1_-_Catherine_Kohler_Riessman.pdf)

Rodas Pacheco, F. y Pacheco Salazar, V. G. (2020): Grupos Focales: Marco de Referencia para su Implementación. *Innova Research Journal*. Vol. 5, No.3 pp. 182-195.

<file:///C:/Users/paesc/Downloads/Dialnet-GruposFocales-7878893.pdf>

Rolf Wüstenhagen, Maarten Wolsink & Mary Jean Burer. (2007). Social Acceptance of Renewable Energy Innovation: An Introduction to the Concept.

[https://www.researchgate.net/publication/227997801\\_Social\\_Acceptance\\_of\\_Renewable\\_Energy\\_Innovation\\_An\\_Introduction\\_to\\_the\\_Concept](https://www.researchgate.net/publication/227997801_Social_Acceptance_of_Renewable_Energy_Innovation_An_Introduction_to_the_Concept)

Rolf Wüstenhagen, Maarten Wolsink & Mary Jean Burer. (2007). Social Acceptance of Renewable Energy Innovation: An Introduction to the Concept.

[https://www.researchgate.net/publication/227997801\\_Social\\_Acceptance\\_of\\_Renewable\\_Energy\\_Innovation\\_An\\_Introduction\\_to\\_the\\_Concept](https://www.researchgate.net/publication/227997801_Social_Acceptance_of_Renewable_Energy_Innovation_An_Introduction_to_the_Concept)

Rosero Garcia, J. Moreno-Lopez, W.; Galindo-Rojas, G. & Duque-Montenegro, A. (2024).

Viabilidad técnico-económica de generación de energía eléctrica a partir de energía solar fotovoltaica en la isla de San Andrés.

file:///C:/Users/paesc/Downloads/Viabilidad\_tecnico-economica\_de\_generacion\_de\_ener%20(1).pdf

Rosie Day, Gordon Walker. (2016). Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework. *Energy Policy*, Volume 93, June 2016, Pages 255-264.

[https://www.researchgate.net/publication/299374209\\_Conceptualising\\_energy\\_use\\_and\\_energy\\_poverty\\_using\\_a\\_capabilities\\_framework](https://www.researchgate.net/publication/299374209_Conceptualising_energy_use_and_energy_poverty_using_a_capabilities_framework)

Ruiz Perez, J. I. (2015). Resiliencia comunitaria: propuesta de una escala y su relación con indicadores de violencia criminal. *Pensamiento Psicológico*, vol. 13, núm. 1, enero-junio, 2015, pp. 119-135. <https://www.redalyc.org/pdf/801/80140030009.pdf>

Sachs, Jeffrey D. (2015) *The Age of Sustainable Development*. Nueva York: Columbia University Press. file:///C:/Users/paesc/Downloads/15037-Article%20Text-59591-2-10-20160810.pdf

Sánchez Meca, Julio; Boruch, Robert F.; Petrosino, Anthony; Rosa Alcázar, Ana Isabel. (2002). La colaboración campbell y la Práctica Basada en la evidencia. *Papeles del Psicólogo*, núm. 83, 2002, pp. 44-48. <https://www.redalyc.org/pdf/778/77808306.pdf>

Sarah Holt. ( 2016). Solar Microcredit, or how to facilitate access to electricity in rural areas: an example in Burkina Faso. <https://journals.openedition.org/factsreports/pdf/4202>

Schumacher, E., F.(2015). *Small is Beautiful – A Study of Economics as if People Mattered*.

[https://sciencepolicy.colorado.edu/students/envs\\_5110/small\\_is\\_beautiful.pdf](https://sciencepolicy.colorado.edu/students/envs_5110/small_is_beautiful.pdf)

Scoones (2015). Medios de vida sostenibles y desarrollo rural.

<https://es.scribd.com/document/463153037/7a-Scoones-2015-Medios-de-Vida-DlloRural>

Setu Pelz, Shonali Pachauri & Sebastian Groh, (2018). A critical review of modern approaches for multidimensional energy poverty measurement.

<https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/wene.304>

Sharma, Vikrant & Chandel, S.S., 2013. "Performance analysis of a 190 kWp grid interactive solar photovoltaic power plant in India," *Energy*, Elsevier, vol. 55(C), pages 476-485.

<https://ideas.repec.org/a/eee/energy/v55y2013icp476-485.html>

Smith, Adrian, and Andrew Stirling. (2018). "Innovation, Sustainability and Democracy: An Analysis of Grassroots Contributions," *Journal of Self-Governance and Management Economics* 6(1): 64–97. <https://addletonacademicpublishers.com/contents-jgme/1097-volume-6-1-2018/3111-innovation-sustainability-and-democracy-an-analysis-of-grassroots-contributions>

Snidvongs Suravut. (2020). Modular Photovoltaic System Design. Department of Engineering, Pathumthani University.

[https://www.researchgate.net/publication/341521287\\_MODULAR\\_PHOTOVOLTAIC\\_SYSTEM\\_DESIGN/link/5ec53ce5458515626cb89b3b/download?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Ii9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoicHVibGljYXRpb24ifX0](https://www.researchgate.net/publication/341521287_MODULAR_PHOTOVOLTAIC_SYSTEM_DESIGN/link/5ec53ce5458515626cb89b3b/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6Ii9kaXJlY3QiLCJwYWdlIjoicHVibGljYXRpb24ifX0)

Sovacool y Dworkin (2015). Energy justice: Conceptual insights and practical applications.

*Applied Energy* 142 (2015) 435–444. <https://efl->

[stichting.nl/app/uploads/2022/08/Sovacool\\_Dworkin-AE-Justice20190902-14416-](https://efl-stichting.nl/app/uploads/2022/08/Sovacool_Dworkin-AE-Justice20190902-14416-15urg3-with-cover-page-v2-1.pdf)

[15urg3-with-cover-page-v2-1.pdf](https://efl-stichting.nl/app/uploads/2022/08/Sovacool_Dworkin-AE-Justice20190902-14416-15urg3-with-cover-page-v2-1.pdf)

- Terrapon-Pfaff, J.; Dienst, C.; König, J. & Willington Ortiz. (2014). A cross-sectional review: Impacts and sustainability of small-scale renewable energy projects in developing countries. [https://www.researchgate.net/publication/264567051\\_A\\_cross-sectional\\_review\\_Impacts\\_and\\_sustainability\\_of\\_small-scale\\_renewable\\_energy\\_projects\\_in\\_developing\\_countries](https://www.researchgate.net/publication/264567051_A_cross-sectional_review_Impacts_and_sustainability_of_small-scale_renewable_energy_projects_in_developing_countries)
- UPME. (2019). Plan Energético Nacional 2020-2025. Unidad de Planeación Minero-Energética. [https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN\\_2020\\_2050/Plan\\_Energético\\_Nacional\\_2020\\_2050.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Plan_Energético_Nacional_2020_2050.pdf)
- UPME. (2023). La Justicia en el Sector Energético Colombiano: Una Mirada Holística. [https://www1.upme.gov.co/Documents/Enfoque-territorial/Resultados\\_convenios/3\\_Justicia\\_Energetica\\_UDEA\\_v2.pdf](https://www1.upme.gov.co/Documents/Enfoque-territorial/Resultados_convenios/3_Justicia_Energetica_UDEA_v2.pdf)
- Urbizagástegui-Alvarado, R. (2019). El modelo de difusión de innovaciones de Rogers en la bibliometría mexicana. Universidad Nacional de La Plata. vol. 9, núm. 1, 2019. <https://www.redalyc.org/journal/3505/350560860001/html/>
- Varela Ruiz, Margarita; Vives Varela, Tania. (2016). Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. <https://www.redalyc.org/pdf/3497/349746529008.pdf>
- Villalobos, P., Labraña, J., Rojas, A. & Puyol, F. (2023). Transiciones sociotécnicas e innovaciones de nicho en el gobierno de las universidades estatales chilenas: un estudio de caso transformativo. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2145-77782023000300202&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2145-77782023000300202&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

- Wanda J. Orlikowski. (2000). Using Technology and Constituting Structures: A Practice Lens for Studying Technology in Organizations. *Organization Science*. Vol. 11, No. 4 (Jul. - Aug., 2000), pp. 404-428 (25 pages). <https://www.dhi.ac.uk/san/waysofbeing/data/data-crone-orlikowski-2008b.pdf>
- Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, and Trevor] Pinch. (1989). *The Social Construction of Technological Systems*, [https://monoskop.org/images/1/1f/Bijker\\_Hughes\\_Pinch\\_eds\\_The\\_Social\\_Construction\\_of\\_Technological\\_Systems.\\_New\\_Directions\\_in\\_the\\_Sociology\\_and\\_History\\_of\\_Technology\\_no\\_OCR.pdf](https://monoskop.org/images/1/1f/Bijker_Hughes_Pinch_eds_The_Social_Construction_of_Technological_Systems._New_Directions_in_the_Sociology_and_History_of_Technology_no_OCR.pdf)
- Wolsink, M. (2018). Social acceptance revisited: gaps, questionable trends, and an auspicious perspective. *Energy Research & Social Science*, 46, 287-295. [https://pure.uva.nl/ws/files/31250458/1\\_s2.0\\_S2214629618304948\\_main.pdf](https://pure.uva.nl/ws/files/31250458/1_s2.0_S2214629618304948_main.pdf)
- Yanguas-Parra, P.; Cardoso, A.; Corral, F.; & Pardo Becerra, L. A. (2021). Por Una Transición Amplia, Sostenible y Democrática. <https://co.boell.org/sites/default/files/2022-05/hb%20transicion-%20digital.pdf>

## Apéndice

### Apéndice A

#### *Lista de Siglas*

Siglas	Significado
SFV	Sistemas Fotovoltaicos Individuales
ZNI	Zonas No Interconectadas
SISBEN	Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de programas Sociales Nota: precedida de la letra “A” significa Grupo A – Pobreza Extrema precedida de la letra “B” significa Grupo B – Pobreza Moderada
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
OR	Operado de Red
IPSE	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
PIB	Producto Interno Bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
INCODER	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
PGAR	Plan de Gestión Ambiental Regional
DPN	Departamento Nacional de Planeación
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
MinTIC	Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
ENUT	Encuesta Nacional de Uso del Tiempo
IRA	Infección Respiratoria Aguda

---

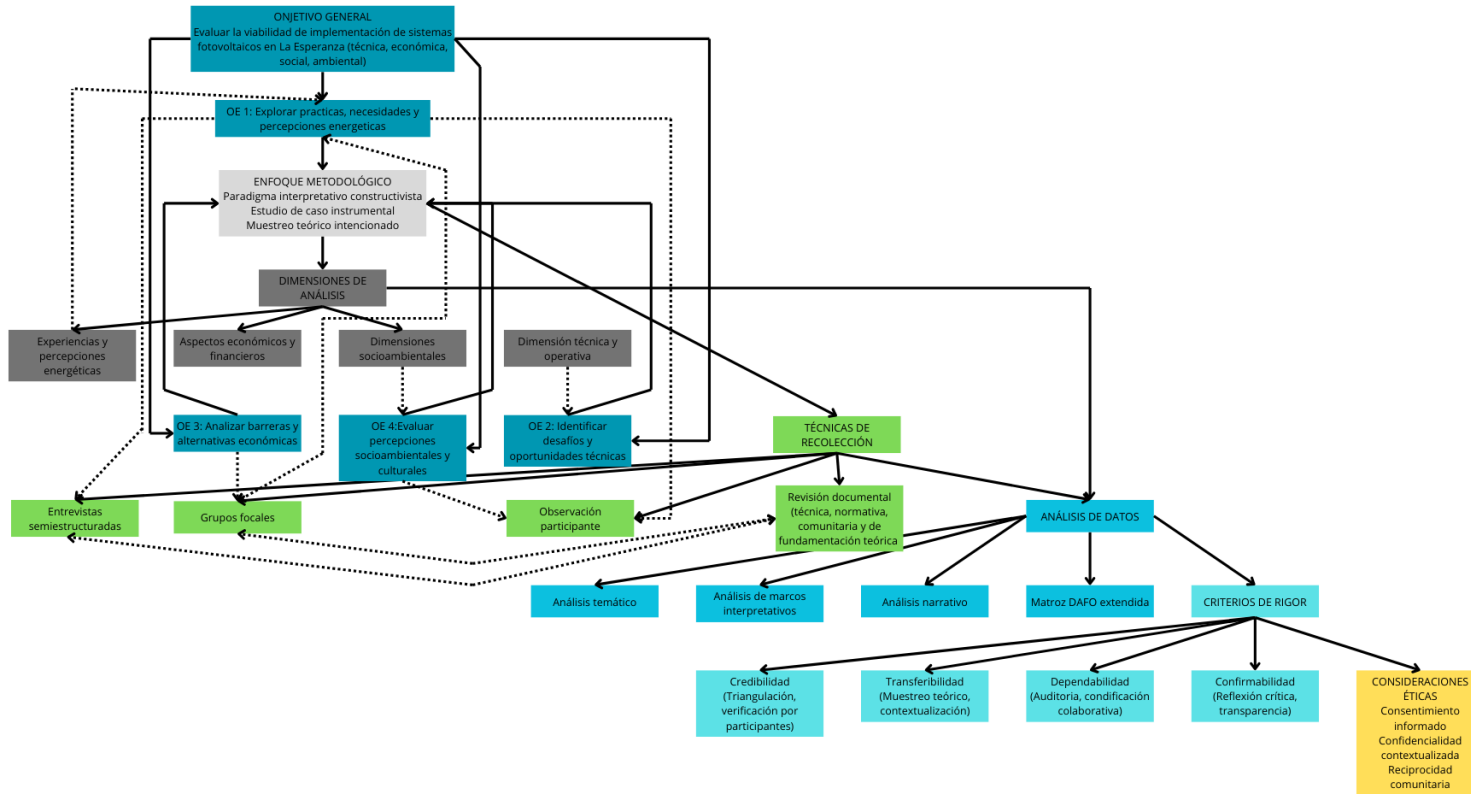
Siglas	Significado
EPOC	Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica
CIPAV	Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
FANZI	Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de Zonas No Interconectadas
PERS	Programa de Energización Rural Sostenible
DNP	Plan Nacional de Desarrollo
GEI	Gases de Efecto Invernadero
DAFO	Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades
IAP	Investigación Acción Participativa

---

*Nota.* En la tabla se encuentra las siglas relacionadas en el documento.

**Apéndice B**

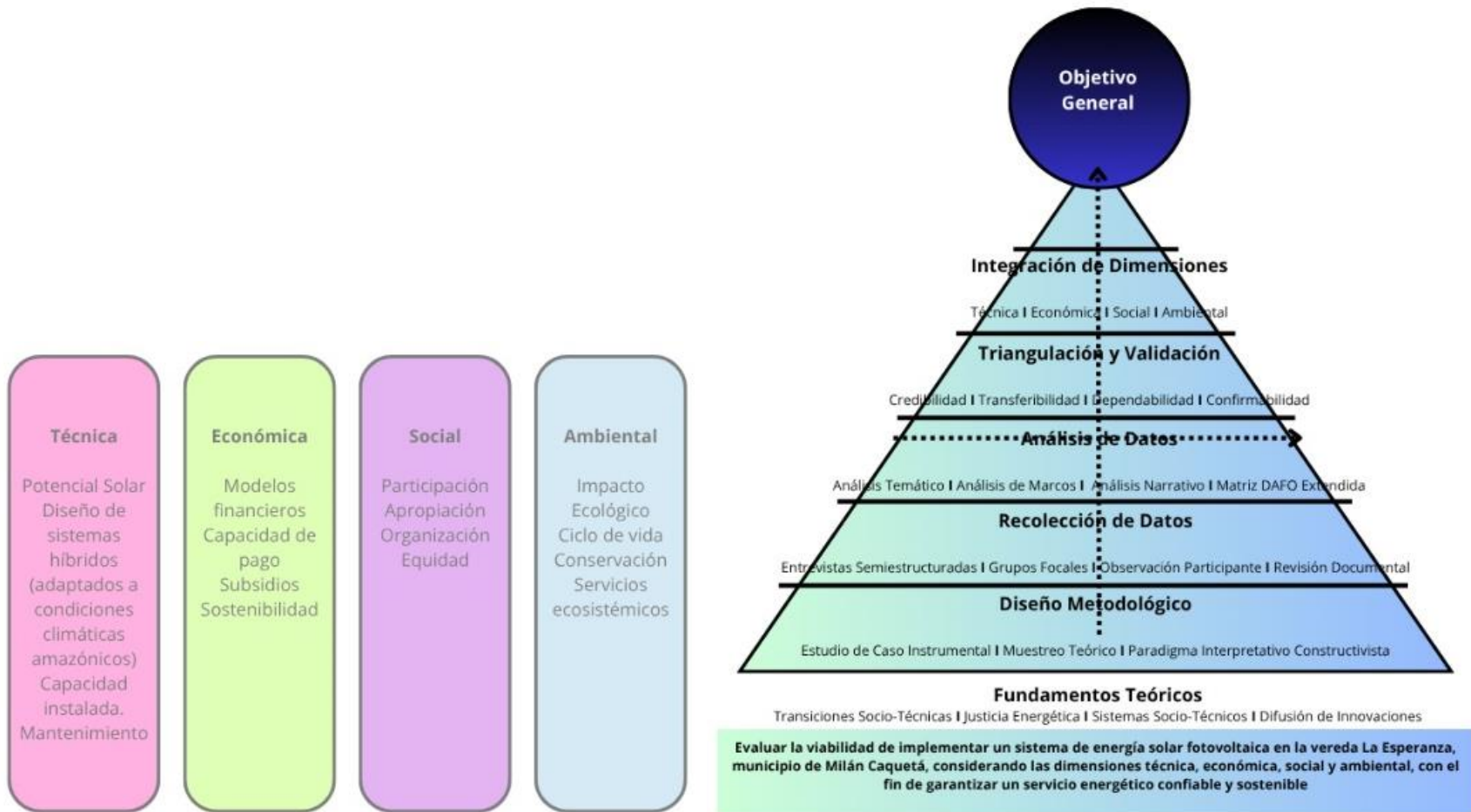
*Diagrama de Coherencia Metodológica*



*Nota.* La figura muestra el diagrama esquemático como se aborda la investigación desde el enfoque cualitativo.

**Apéndice C**

*Pirámide de Evaluación Integral de SFV*



*Nota.* La figura muestra la pirámide de evaluación integral de SFV. Fuente.

## Apéndice D

### *Material Fotográfico: Vereda La Esperanza*



*Nota.* Se observa el material con que son construidas las viviendas y el terreno donde estas son edificadas.



*Nota.* Muestra el terreno donde se encuentra asentada la comunidad de la vereda La Esperanza.



*Nota.* Muestra interacción con la comunidad de la vereda La Esperanza.