

**Propuesta de Sistema de Iluminación para Vías Terciarias de la Vereda San Pablo,  
Ricaurte, Nariño, mediante Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Mejorar la  
Seguridad Vial y la Eficiencia Energética Comunitaria**

Joaquín Sebastian Vergara Moran

Asesor

María Teresa Otálvaro Marín

Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD

Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios - ECACEN

Especialización en Gestión de Proyectos

2024

### **Dedicatoria**

Dedicamos este proyecto a las valientes y trabajadoras familias de la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño. Su espíritu comunitario, resiliencia y compromiso con el bienestar de su territorio han sido la inspiración y la fuerza motriz detrás de cada esfuerzo realizado en esta iniciativa. Este proyecto también está dedicado a quienes comparten el profundo gusto por el desarrollo de proyectos y los temas sociales, y que, como nosotros, creen en el poder de pensar en las personas y en ayudar a las comunidades. Que este proyecto de iluminación pública represente no solo una mejora en su calidad de vida, sino también un reconocimiento a su inquebrantable dedicación a su comunidad y su futuro.

### **Agradecimientos**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la comunidad de la Vereda San Pablo por su inestimable apoyo y participación en todas las fases de este proyecto. Sin su profundo conocimiento del territorio, su disposición para colaborar en la identificación de los puntos críticos, y su confianza en nosotros, este proyecto no habría sido posible. Agradecemos también a los líderes comunitarios y a todas las personas que, con su tiempo y esfuerzo, han contribuido a que esta iniciativa avance con éxito.

Finalmente, un agradecimiento especial a mi familia, que siempre ha estado a mi lado, brindándome su apoyo incondicional y motivación para salir adelante. Su presencia constante ha sido fundamental en cada paso de este camino.

## Resumen

El proyecto "Propuesta de Sistema de Iluminación para Vías Terciarias de la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño, mediante Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Mejorar la Seguridad Vial y la Eficiencia Energética Comunitaria" tiene como objetivo diseñar un sistema de iluminación basado en energía solar fotovoltaica para las vías terciarias de la Vereda San Pablo. Esta iniciativa aborda la falta de iluminación en zonas rurales, buscando mejorar la seguridad vial y la accesibilidad durante las horas nocturnas, al mismo tiempo que promueve la sostenibilidad ambiental y el desarrollo socioeconómico de la comunidad local.

El proyecto ofrece una alternativa autónoma y confiable que reduce la dependencia de fuentes de energía no renovables, beneficiando directamente a los residentes y facilitando el transporte de bienes y servicios en la región. La metodología se desarrolló en tres fases clave: primero, se realizó una evaluación de la infraestructura existente y la identificación de puntos críticos para la instalación de iluminación; segundo, se diseñó un sistema de alumbrado público fotovoltaico adaptado a las necesidades específicas de la comunidad; y, finalmente, se estableció un plan de implementación que incluyó la adquisición de materiales, la instalación de los sistemas, y la capacitación de personal local para su operación y mantenimiento.

Este enfoque integral no solo busca resolver una necesidad de infraestructura inmediata, sino que también establece una base para un futuro más seguro, sostenible y próspero en la región rural de Nariño.

**Palabras clave.** Energía renovable, iluminación, sistemas solares fotovoltaicos, seguridad vial, sostenibilidad ambiental.

### **Abstract**

The project "Proposal for a Lighting System for Tertiary Roads in Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño, through the Design of Solar Photovoltaic Systems to Improve Road Safety and Community Energy Efficiency" aims to design a lighting system based on solar photovoltaic energy for the tertiary roads of Vereda San Pablo. This initiative addresses the lack of lighting in rural areas, seeking to enhance road safety and accessibility during nighttime, while promoting environmental sustainability and the socioeconomic development of the local community.

The project offers an autonomous and reliable alternative that reduces dependence on non-renewable energy sources, directly benefiting residents and facilitating the transportation of goods and services in the region. The methodology was developed in three key phases: first, an evaluation of existing infrastructure and identification of critical points for lighting installation was conducted; second, a public photovoltaic lighting system tailored to the community's specific needs was designed; and finally, an implementation plan was established, including the procurement of materials, system installation, and training of local personnel for operation and maintenance.

This comprehensive approach not only aims to meet an immediate infrastructure need but also lays the groundwork for a safer, more sustainable, and prosperous future in the rural region of Nariño.

**Keywords.** renewable energy, lighting, solar photovoltaic systems, road safety, environmental sustainability.

## Tabla de Contenido

<b>Introducción</b> .....	11
<b>Formulación del problema</b> .....	12
Antecedentes del programa.....	12
Contexto de la Vereda San Pablo.....	13
Conflicto (no conformidad) que da lugar al desarrollo del proyecto.....	15
Variables Estratégicas.....	18
Variables de Apoyo.....	19
Relación entre Variables .....	20
Necesidad de una Solución Integral.....	20
<b>Definición del comitente (Sponsor del proyecto)</b> .....	21
<b>Stakeholders del proyecto</b> .....	22
Residentes de la Vereda San Pablo.....	23
Administración Municipal .....	23
Proveedores de tecnología solar.....	23
Organismos técnicos .....	24
Organizaciones externas e instituciones de apoyo.....	24
Instituciones educativas y de formación técnica.....	24
Relación y comunicación entre stakeholders .....	24
<b>Objetivos</b> .....	25
Objetivo General.....	25
Objetivos Específicos.....	25
<b>Solución del Problema para la Vereda San Pablo</b> .....	25
<b>Marco Conceptual</b> .....	28
Sistemas solares fotovoltaicos .....	28
Desarrollo sostenible.....	28
Energía no renovable .....	29
<b>Marco Teórico</b> .....	29

<b>Metodología</b> .....	31
Tipo de Estudio .....	31
Enfoque .....	31
Población y Muestra .....	32
Población.....	32
Muestra .....	33
Instrumentos de Recolección .....	33
Revisión de Literatura.....	33
Verificación Ocular de la Zona.....	34
<b>Resultados</b> .....	35
Actividad N° 1 Inspección de campo (reconocimiento de la infraestructura existente).....	35
Actividad N° 2 Focus Group y Entrevistas con la comunidad .....	37
Familias Beneficiadas. ....	39
Aportes de la Comunidad Identificados.....	39
Actividad 3. Análisis de datos geoespaciales y de radiación.....	40
Actividad 4. Seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico para garantizar su adecuación y eficiencia .....	44
Clasificación de las Vías y Clases de Iluminación según RETILAP.....	44
Criterios de Diseño del Sistema de Iluminación en la Vereda San Pablo .....	45
Dimensionamiento del Panel Solar para el Sistema Autónomo. ....	47
Demanda de Energía y Potencia a Instalar .....	47
Baterías. ....	50
Actividad 5 Planos y especificaciones técnicas detalladas del sistema de alumbrado público 53	
Planos y Especificaciones Técnicas del Sistema de Alumbrado Público. ....	53
Actividad 6, Elaboración de cronograma.....	54
Actividad 7 Elaborar un documento que consolide el plan de implementación.....	56
Plan de Implementación del Proyecto.....	56
Responsables del Proyecto.....	58
Equipo Administrativo.....	58
Equipo Técnico .....	58
Actividad 8.....	61

<b>Conclusiones</b> .....	61
<b>Anexos</b> .....	64
<b>Referencias</b> .....	65

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Comparativa de costos y características</i> .....	27
<b>Tabla 2</b> <i>Evaluación de infraestructura de iluminación actual y áreas críticas</i> .....	38
<b>Tabla 3</b> <i>Contribuciones comunitarias puntos críticos</i> .....	40
<b>Tabla 4</b> <i>Clases de iluminación para vías vehiculares según RETILAP</i> .....	45
<b>Tabla 5</b> <i>Criterios de diseño del sistema de iluminación</i> .....	46
<b>Tabla 6</b> <i>Proyección demanda de energía y la potencia a instalar</i> .....	40
<b>Tabla 7</b> <i>Características de la batería LiFePO4 de 12V y 24Ah</i> .....	50
<b>Tabla 8</b> <i>Cronograma de actividades</i> .....	55
<b>Tabla 9</b> <i>Cronograma de actividades de implementación</i> .....	57
<b>Tabla 10</b> <i>Cronograma de actividades por profesional</i> .....	60

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Municipio Ricaurte Nariño</i> .....	31
<b>Figura 2</b> <i>Ricaurte – Nariño, vereda San Pablo, infraestructura</i> .....	36
<b>Figura 3</b> <i>Ricaurte – Nariño, vereda San Pablo, salón comunal</i> .....	40
<b>Figura 4</b> <i>Sistema fotovoltaico</i> .....	50

## Introducción

El municipio de Ricaurte, ubicado en el suroccidente del departamento de Nariño, destaca por su privilegiada posición en un entorno natural que incluye áreas de alto valor ecológico, como la Reserva Natural La Planada. Sin embargo, a pesar de su riqueza natural, Ricaurte enfrenta importantes desafíos de infraestructura, particularmente en sus zonas rurales, como es el caso de la Vereda San Pablo. La falta de iluminación en las vías terciarias de esta vereda compromete tanto la seguridad de los habitantes como la accesibilidad y el potencial de desarrollo económico local.

El proyecto "Propuesta de Sistema de Iluminación para Vías Terciarias de la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño, mediante Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Mejorar la Seguridad Vial y la Eficiencia Energética Comunitaria" nace como una respuesta integral a estas problemáticas. A través del diseño e implementación de un sistema de iluminación basado en energía solar fotovoltaica, el proyecto no solo apunta a mejorar la infraestructura y la seguridad vial en la región, sino también a promover un modelo de desarrollo sostenible. Al aprovechar la energía solar, una fuente renovable y accesible, se busca reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático y a la protección del entorno natural.

Además, la propuesta pretende mejorar la calidad de vida de los residentes mediante la implementación de una solución de iluminación confiable y autónoma, que facilite el tránsito seguro y eficiente por las vías terciarias de San Pablo. Este enfoque también refuerza la autosuficiencia energética de la comunidad, impulsando prácticas de sostenibilidad que se alinean con el desarrollo socioeconómico de la región rural de Nariño.

## **Formulación del problema técnico**

### **Antecedentes del programa**

A nivel local, esta situación se traduce en un aumento de accidentes viales durante la noche, debido a la falta de visibilidad en tramos críticos como curvas pronunciadas y zonas cercanas a viviendas. Esta problemática también limita la movilidad y restringe el acceso a servicios esenciales como la educación, la salud y el comercio (Personería de Bogotá, 2022). En el ámbito departamental, Nariño enfrenta desafíos similares en varias zonas rurales donde la topografía montañosa dificulta la extensión de redes eléctricas convencionales, pero al mismo tiempo ofrece un potencial significativo para aprovechar recursos renovables como la energía solar (IDEAM, 2020).

A nivel nacional, el acceso desigual a la energía en las zonas rurales perpetúa las brechas de desarrollo entre lo urbano y lo rural. Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP), cerca del 30% de las comunidades rurales carecen de sistemas de iluminación adecuados, lo que limita su capacidad para realizar actividades productivas y afecta su calidad de vida (DNP, 2021). La falta de iluminación pública puede facilitar actos delictivos y generar sensación de inseguridad entre la población, lo cual afecta negativamente la cohesión social (Personería de Bogotá, 2022). En este contexto, la implementación de sistemas solares fotovoltaicos surge como una solución integral que no solo atiende necesidades locales, sino que también contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente en energía limpia y accesible (González, 2019). Este proyecto en la Vereda San Pablo busca aprovechar el recurso solar abundante de la región, promoviendo un modelo replicable para otras comunidades rurales del país.

## Contexto de la Vereda San Pablo

La Vereda San Pablo, situada en el municipio de Ricaurte, Nariño, enfrenta condiciones de vulnerabilidad debido a la ausencia de infraestructura de iluminación en sus vías terciarias. Esta situación se agrava por las características topográficas montañosas y la lejanía de las redes eléctricas convencionales, que encarecen la extensión de servicios energéticos tradicionales. De acuerdo con datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Nariño presenta un nivel promedio de radiación solar entre 3.5 y 4 kWh/m<sup>2</sup>/día, lo que hace viable la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en la región (IDEAM, 2020).

Históricamente, comunidades rurales del departamento han enfrentado dificultades para acceder a energía sostenible. Proyectos como el "Plan de Energía Renovable para Zonas No Interconectadas" han mostrado que la implementación de soluciones energéticas sostenibles mejora significativamente la calidad de vida y la seguridad de las comunidades rurales (Ministerio de Minas y Energía, 2018). De manera similar, el "Proyecto Solar Rural en Guajira" evidenció que el uso de paneles solares en comunidades indígenas aumentó la disponibilidad de energía y facilitó actividades productivas nocturnas (García y López, 2020). Asimismo, la Fundación Tierra Grata ha liderado proyectos de iluminación solar en comunidades como Roca del Cristo y La Boquilla, transformando espacios públicos al instalar luminarias solares y mejorar la seguridad comunitaria (Tierra Grata, 2024). En el corregimiento de Remolino, municipio de Taminango, se inauguró la primera granja solar de Nariño, conocida como Naos 1, que genera aproximadamente 6.000 kWh diarios, evitando la emisión de 346 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales (Evolti, 2024). Además, en Nulpe Medio, también en Ricaurte, se instalaron paneles solares que beneficiaron a más de 60 familias, mejorando la seguridad y la disponibilidad de

servicios básicos en la zona (Gobernación de Nariño, 2019). Estos proyectos demuestran la viabilidad y el impacto positivo de soluciones solares en la región.

A nivel nacional, según el Departamento Nacional de Planeación (DNP), aproximadamente el 30% de las zonas rurales carecen de iluminación adecuada, lo que restringe su desarrollo económico y social (DNP, 2021). La falta de iluminación en las vías no solo aumenta los riesgos de accidentes, sino que también perpetúa la exclusión socioeconómica al limitar las actividades nocturnas (Rodríguez y Ramírez, 2018).

En la Vereda San Pablo, los habitantes han identificado la necesidad urgente de soluciones sostenibles para mejorar la seguridad vial y facilitar el transporte de productos agrícolas hacia mercados locales. La implementación de sistemas solares fotovoltaicos no solo responde a las condiciones geográficas y climáticas de la región, sino que también contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el ODS 7, que promueve el acceso a energía limpia y accesible (ONU, 2020).

La problemática identificada tiene múltiples implicaciones a nivel social, económico, académico y cultural. Desde el ámbito social, la falta de iluminación en las vías terciarias de la Vereda San Pablo genera riesgos para la seguridad de sus habitantes, quienes enfrentan dificultades para desplazarse durante las noches, exponiéndose a accidentes y posibles actos delictivos (Personería de Bogotá, 2022). A nivel económico, esta carencia restringe las actividades productivas y comerciales, limitando el transporte eficiente de productos agrícolas hacia los mercados locales y afectando los ingresos de las familias campesinas (González, 2019).

Desde una perspectiva académica, la implementación de soluciones sostenibles en la Vereda San Pablo puede servir como un caso de estudio relevante para futuras investigaciones sobre energías renovables en comunidades rurales colombianas. Además, proyectos similares,

como el "Proyecto Solar Rural en Guajira", han demostrado que el acceso a energía limpia puede transformar comunidades, facilitando la ejecución de actividades educativas y culturales durante las noches (García y López, 2020). Culturalmente, la disponibilidad de iluminación en espacios comunitarios contribuye a fortalecer la cohesión social, permitiendo la realización de reuniones, eventos y actividades recreativas que fomentan el desarrollo integral de la comunidad.

El presente proyecto se centra en el diseño e implementación de un sistema de iluminación pública para las vías terciarias de la Vereda San Pablo, municipio de Ricaurte, Nariño. Se delimita temporalmente al año 2025, durante el cual se llevará a cabo el diagnóstico, diseño del sistema. La población beneficiaria directa incluye a las 10 familias residentes principales, mientras que aproximadamente 340 personas se verán beneficiadas de forma indirecta. Este enfoque pretende abordar las necesidades específicas de movilidad y seguridad vial, considerando las condiciones geográficas y socioeconómicas de la región.

¿Cómo puede diseñarse un sistema de iluminación que mejore la seguridad vial y responda a las necesidades de la comunidad de manera sostenible y eficiente para las vías terciarias en Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño?

### **Conflicto (no conformidad) que da lugar al desarrollo del proyecto.**

El conflicto principal que da origen al proyecto radica en la falta de infraestructura de iluminación pública en las vías terciarias de la Vereda San Pablo, una carencia que desencadena una serie de problemáticas que afectan a la comunidad en diversos niveles. Esta situación ha generado un entorno que compromete tanto la seguridad como el desarrollo social y económico de la región, destacando la urgente necesidad de implementar soluciones sostenibles que aborden estas limitaciones.

La falta de iluminación pública incrementa significativamente el riesgo de accidentes en las vías rurales durante las horas nocturnas. Según el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2022), los accidentes de tránsito en carreteras con baja iluminación son una de las principales causas de muertes viales en Colombia, representando un 37% del total de incidentes en zonas rurales. Las condiciones de oscuridad extrema en tramos clave de las vías, particularmente en áreas con curvas o pendientes pronunciadas, incrementan significativamente el riesgo de accidentes para peatones y conductores. La falta de visibilidad adecuada dificulta la identificación de obstáculos en el camino y pone en peligro tanto la vida de los habitantes como la de los vehículos que transitan por estas rutas. Además, las vías sin iluminación limitan la operatividad de servicios de emergencia, como ambulancias o patrullas, en horarios nocturnos, lo que podría agravar situaciones de riesgo para la población (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2023).

Además, la carencia de iluminación también impone una limitación en las actividades comunitarias, restringiendo la vida social, educativa y económica de los habitantes a las horas de luz natural. La ausencia de luz en espacios públicos impide la realización de reuniones comunitarias, actividades culturales, talleres educativos o eventos deportivos en horarios nocturnos, limitando el desarrollo personal y colectivo de la población. Según el Departamento Nacional de Planeación (2021), la falta de infraestructura de iluminación en comunidades rurales disminuye en un 45% la participación en actividades sociales y educativas fuera de horarios diurnos, afectando principalmente a niños y jóvenes.

En términos económicos, esta situación afecta a los agricultores, quienes no pueden transportar sus productos hacia mercados locales en horarios extendidos, reduciendo su competitividad y su capacidad de generar ingresos. Estudios del Ministerio de Agricultura y

Desarrollo Rural (2022) señalan que la falta de infraestructura eléctrica en zonas rurales reduce en un 30% la capacidad productiva de los campesinos, ya que limita sus horarios de trabajo y su acceso a mercados.

Por otra parte, la percepción de inseguridad generada por la oscuridad afecta de manera desproporcionada a los grupos más vulnerables, como niños, mujeres y personas mayores, quienes restringen su movilidad y participación en actividades fuera de sus hogares durante la noche. Esta situación fomenta una sensación de aislamiento y vulnerabilidad que afecta tanto la salud mental como el bienestar general de la comunidad. El miedo a posibles accidentes o situaciones delictivas limita el disfrute de los espacios públicos y perpetúa una dinámica de exclusión social (Personería de Bogotá, 2022).

La Vereda San Pablo, por su ubicación rural y montañosa, está alejada de las redes eléctricas convencionales, lo que dificulta la implementación de sistemas de iluminación tradicionales. Este aislamiento energético perpetúa la dependencia de soluciones temporales, como linternas a batería o lámparas de combustible, que no solo son ineficientes y costosas, sino que también representan riesgos adicionales para la salud y el medio ambiente (IPSE, 2023). La falta de una infraestructura adecuada para la iluminación pública refuerza el aislamiento de la comunidad y limita sus oportunidades de desarrollo.

Para abordar estas problemáticas, es esencial implementar soluciones innovadoras y sostenibles. La energía solar fotovoltaica se presenta como una alternativa viable para comunidades rurales aisladas. Proyectos en otras regiones de Nariño han demostrado la efectividad de esta tecnología. Por ejemplo, en Tumaco, se llevó a cabo la instalación de sistemas fotovoltaicos en centros integrales de servicios pesqueros, mejorando la productividad y el desarrollo social de la comunidad (PDET Nariño, 2021). Además, iniciativas en municipios

como La Tola, Olaya Herrera e Iscuandé han implementado soluciones solares fotovoltaicas, beneficiando a más de 1.460 familias y mejorando su calidad de vida (IPSE, 2023).

Estas experiencias resaltan la importancia de adoptar soluciones energéticas sostenibles que no solo proporcionen iluminación adecuada, sino que también promuevan el desarrollo económico y social de comunidades rurales como la Vereda San Pablo.

El problema que se aborda en este proyecto se manifiesta a través de un conjunto de variables estratégicas y de apoyo que interactúan entre sí para generar las condiciones actuales de falta de iluminación pública en las vías terciarias de la Vereda San Pablo. Estas variables han sido identificadas como factores clave en la descripción del problema, destacando tanto sus aspectos técnicos como sociales y geográficos, lo que subraya la necesidad de una solución integral y contextualizada.

### ***Variables Estratégicas***

Una de las principales variables estratégicas es la falta de infraestructura de iluminación pública, que representa un obstáculo directo para garantizar la movilidad y seguridad nocturna en las vías terciarias de la comunidad. La ausencia de alumbrado en estas zonas críticas no solo dificulta el tránsito de vehículos y peatones, sino que también aumenta los riesgos asociados a la falta de visibilidad, como accidentes de tránsito, caídas y colisiones en puntos peligrosos de la vía (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2023). Este problema afecta particularmente a los habitantes que dependen de estas rutas para acceder a servicios básicos como educación, salud y comercio, limitando sus oportunidades y exponiéndolos a riesgos innecesarios.

Otra variable estratégica es la inseguridad vial. Las vías terciarias de la Vereda San Pablo, caracterizadas por curvas cerradas, pendientes pronunciadas y tramos cercanos a viviendas, presentan un alto riesgo de accidentes, especialmente en condiciones de poca o nula iluminación.

Según el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (2022), en Colombia, el 37% de los accidentes de tránsito en zonas rurales ocurren en vías sin iluminación, lo que resalta la vulnerabilidad de estas áreas. Además, la inseguridad vial tiene un efecto acumulativo en la percepción de riesgo entre los habitantes, desincentivando el uso de las vías durante la noche y restringiendo la movilidad de la comunidad.

### ***Variables de Apoyo***

Las condiciones geográficas desempeñan un papel crucial en la complejidad del problema. La Vereda San Pablo está situada en una región montañosa, lo que dificulta tanto la instalación como el mantenimiento de sistemas de iluminación convencionales. La topografía accidentada requiere soluciones que se adapten a estas condiciones, ya que el transporte y la logística necesarios para implementar infraestructura eléctrica tradicional son complicados y costosos (Departamento Nacional de Planeación, 2021). Estas características geográficas limitan la viabilidad de alternativas tradicionales y refuerzan la necesidad de opciones innovadoras y sostenibles.

Otro factor importante es el socioeconómico. La comunidad de San Pablo enfrenta restricciones económicas significativas, ya que sus habitantes, en su mayoría agricultores de pequeña escala, carecen de los recursos financieros necesarios para invertir en sistemas de iluminación tradicionales. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2022), las comunidades rurales sin acceso a infraestructura eléctrica adecuada tienen un 30% menos de productividad y limitaciones en el acceso a mercados. Esta limitación económica no solo afecta la capacidad de la comunidad para financiar proyectos de infraestructura, sino que también perpetúa un ciclo de exclusión energética que limita su desarrollo y bienestar general.

Por otro lado, la disponibilidad de recursos naturales, como la alta radiación solar en la región, emerge como una oportunidad dentro de las variables de apoyo. Esta abundancia de luz solar presenta un potencial significativo para la implementación de soluciones basadas en energías renovables, como sistemas de iluminación fotovoltaicos (IPSE, 2023). Aprovechar este recurso renovable no solo ofrece una solución técnica viable para el problema, sino que también contribuye a reducir la dependencia de fuentes de energía tradicionales y no sostenibles, alineándose con los principios de sostenibilidad y eficiencia energética.

### ***Relación entre Variables***

La interacción entre estas variables estratégicas y de apoyo resalta la naturaleza multifactorial del problema. La falta de iluminación pública en las vías terciarias de la Vereda San Pablo no es un problema aislado, sino el resultado de una combinación de factores técnicos, sociales, económicos y geográficos que se refuerzan mutuamente. Por ejemplo, las condiciones geográficas complican la implementación de sistemas convencionales, mientras que las limitaciones económicas de la comunidad restringen su capacidad para financiar alternativas. A su vez, estas condiciones perpetúan la inseguridad vial y limitan las oportunidades de desarrollo para los habitantes (Personería de Bogotá, 2022).

### **Necesidad de una Solución Integral**

Dado el carácter multifacético del problema, cualquier solución debe ser integral y adaptada a las condiciones específicas de la comunidad. Esto implica no solo abordar la falta de infraestructura de iluminación pública, sino también considerar las limitaciones geográficas, aprovechar los recursos naturales disponibles y ofrecer alternativas económicamente viables para los habitantes.

El diseño e implementación de un sistema de iluminación basado en energía solar fotovoltaica se presenta como una solución adecuada, ya que responde a las necesidades locales, es sostenible a largo plazo y permite mejorar la calidad de vida de la comunidad sin imponer cargas económicas adicionales (PDET Nariño, 2021). La experiencia de otras regiones de Nariño, como Tumaco y La Tola, donde se han instalado sistemas de iluminación solar con impacto positivo en la seguridad y el desarrollo comunitario, demuestra que estas soluciones pueden ser replicadas con éxito (IPSE, 2023).

### **Definición del comitente (Sponsor del proyecto)**

las organizaciones comunitarias de la Vereda San Pablo, particularmente la Junta de Acción Comunal (JAC). Estas entidades desempeñan un papel fundamental en la formulación, presentación y futura implementación del proyecto.

En este sentido, la comunidad y la Junta de Acción Comunal asumen el liderazgo inicial del proyecto, consolidando la información sobre las necesidades locales y las características técnicas necesarias para garantizar su viabilidad. Este esfuerzo comunitario permite estructurar una propuesta sólida que puede ser presentada ante diversas entidades públicas y privadas, como la Alcaldía Municipal, organizaciones no gubernamentales (ONG), instituciones gubernamentales de orden nacional e incluso agencias internacionales interesadas en el desarrollo rural sostenible.

Además, la Administración Municipal, como aliado clave, tendría la responsabilidad de apoyar en la búsqueda de financiamiento, supervisar la correcta ejecución de las etapas del proyecto y asegurar que este se alinee con los planes de desarrollo local y regional. Por su parte, la Junta de Acción Comunal, al ser un actor cercano a la comunidad, garantiza la participación de los habitantes en todas las fases del proyecto, promoviendo la apropiación del mismo y fortaleciendo el tejido social.

Esta colaboración entre actores institucionales y comunitarios busca no solo resolver un problema específico de iluminación pública, sino también empoderar a la comunidad para gestionar soluciones que impacten positivamente su calidad de vida y desarrollo económico. El enfoque participativo del proyecto es clave para lograr una ejecución eficiente y sostenible, consolidando la capacidad de la comunidad para gestionar futuros proyectos de infraestructura y desarrollo social.

### **Stakeholders del proyecto**

El éxito del proyecto "Propuesta de Sistema de Iluminación para Vías Terciarias de la Vereda San Pablo" depende de la colaboración y el compromiso de diversos stakeholders que tienen intereses, responsabilidades y roles específicos dentro de su ejecución. Estos actores son esenciales para garantizar que el sistema de iluminación solar fotovoltaico cumpla con los objetivos planteados y beneficie a la comunidad de manera sostenible. A continuación, se describen los stakeholders principales.

#### **Líderes comunitarios**

Los líderes comunitarios, incluyendo los representantes de la Junta de Acción Comunal (JAC), son actores fundamentales en el desarrollo del proyecto. Su rol principal es actuar como mediadores entre la comunidad y las instituciones responsables del proyecto. Participan activamente en la identificación de las necesidades, priorización de áreas críticas y en la toma de decisiones clave durante las diferentes fases del proyecto. Además, estos líderes supervisan la correcta implementación del sistema de iluminación y aseguran que los intereses de la comunidad sean representados y protegidos.

### **Residentes de la Vereda San Pablo**

Los habitantes de la vereda son los beneficiarios directos del proyecto. La mejora en la iluminación pública impactará positivamente en su seguridad vial, movilidad nocturna y calidad de vida en general. Además, los residentes tienen un papel participativo al compartir sus perspectivas y conocimientos sobre las zonas críticas que requieren atención prioritaria. Este enfoque participativo fomenta un sentido de pertenencia hacia el proyecto y asegura que la solución propuesta se adapte a las necesidades reales de la comunidad.

### **Administración Municipal**

La Administración Municipal de Ricaurte es un stakeholder estratégico, ya que tiene la responsabilidad de proporcionar apoyo institucional al proyecto. Esto incluye la aprobación formal del proyecto, la gestión de posibles fuentes de financiamiento y la supervisión general de su implementación. Además, el gobierno local juega un papel crucial en asegurar que el proyecto se alinee con los planes de desarrollo municipal y regional, y en garantizar la sostenibilidad del sistema una vez instalado.

### **Proveedores de tecnología solar**

Las empresas especializadas en tecnología fotovoltaica son responsables de suministrar los equipos necesarios para la instalación del sistema de iluminación, como paneles solares, baterías, luminarias y sistemas de soporte. Estas empresas no solo proporcionan los materiales, sino que también pueden ofrecer servicios de capacitación técnica para garantizar un mantenimiento adecuado del sistema. La selección de proveedores confiables es crucial para garantizar la calidad y durabilidad de la solución propuesta.

### **Organismos técnicos**

Los consultores y profesionales técnicos involucrados en el proyecto desempeñan un papel esencial en el diseño, planificación e implementación del sistema de iluminación solar. Este grupo incluye ingenieros eléctricos, especialistas en energía renovable y técnicos en geografía que realizan estudios detallados para garantizar que el diseño cumpla con los estándares técnicos y normativos, como los establecidos por RETILAP. Además, estos expertos brindan recomendaciones sobre la instalación y mantenimiento del sistema para garantizar su funcionamiento a largo plazo.

### **Organizaciones externas e instituciones de apoyo**

Organizaciones no gubernamentales (ONG), agencias internacionales de cooperación y otras instituciones externas interesadas en el desarrollo rural sostenible son stakeholders potenciales que podrían brindar financiamiento, asesoramiento técnico o apoyo logístico para la ejecución del proyecto. Estas organizaciones pueden colaborar estrechamente con la Administración Municipal y la comunidad para fortalecer el impacto del proyecto.

### **Instituciones educativas y de formación técnica**

Universidades y centros de formación técnica podrían participar como aliados estratégicos, proporcionando apoyo en áreas como la capacitación de la comunidad para el mantenimiento del sistema, el desarrollo de soluciones innovadoras y la evaluación de los impactos del proyecto. Esto también abre la posibilidad de establecer proyectos de investigación aplicada relacionados con la energía renovable en zonas rurales.

### **Relación y comunicación entre stakeholders**

Un plan de comunicación claro y un mecanismo de participación inclusiva garantizarán que todos los actores estén informados, comprometidos y alineados con los objetivos del proyecto,

porque forman parte de la coordinación efectiva entre estos stakeholders es esencial para el éxito del proyecto. Este enfoque colaborativo no solo asegura la sostenibilidad de la iniciativa, sino que también fortalece las capacidades locales para gestionar futuros proyectos de desarrollo.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Proponer un sistema de iluminación mediante el diseño de sistemas solares fotovoltaicos para las vías terciarias de la vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño, con el fin de mejorar la seguridad vial y satisfacer las necesidades de iluminación en la comunidad, aprovechando la energía solar como una fuente sostenible y eficiente.

### **Objetivos Específicos**

Realizar un diagnóstico detallado de las vías terciarias de la Vereda San Pablo para identificar las áreas críticas que requieren iluminación.

Desarrollar un diseño preliminar de un sistema de alumbrado público fotovoltaico que responda a las necesidades de la comunidad en términos de seguridad y visibilidad en las vías terciarias de la Vereda San Pablo.

Elaborar recomendaciones para la implementación del sistema de alumbrado fotovoltaico, considerando aspectos técnicos y comunitarios necesarios para su futura ejecución.

### **Solución del Problema para la Vereda San Pablo**

Para abordar la falta de iluminación en las vías terciarias de la Vereda San Pablo, en el Municipio de Ricaurte, se llevó a cabo un análisis de diversas alternativas tecnológicas y estratégicas. Este estudio consideró aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales con el propósito de garantizar una solución viable que responda a las necesidades de la comunidad, promoviendo a su vez la sostenibilidad y el desarrollo territorial (Gómez y Pérez, 2020).

El proceso de selección de la modalidad de solución inició con un diagnóstico detallado de la situación actual, seguido de consultas directas con los habitantes de la vereda. Durante este proceso, se analizaron diferentes opciones, evaluando su costo-beneficio, impacto ambiental y capacidad para fortalecer el tejido social. De esta manera, se identificaron tres alternativas principales: la extensión de la red eléctrica convencional, la implementación de generadores a combustible y el uso de sistemas solares fotovoltaicos (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

La primera alternativa consistía en extender la red eléctrica convencional hasta la vereda. Entre sus ventajas se encuentra la garantía de un suministro continuo de energía y su integración con la infraestructura eléctrica existente, lo que permitiría un mantenimiento más sencillo a cargo de las empresas locales (Urrutia et al., 2019). No obstante, los costos de instalación resultaban excesivamente elevados, oscilando entre 50 y 100 millones de pesos por kilómetro, además de implicar un impacto ambiental considerable debido a la deforestación necesaria para la construcción de la infraestructura (Martínez & Rodríguez, 2018). Asimismo, la distancia entre la vereda y la red principal generaría pérdidas de energía significativas durante la transmisión.

Otra opción analizada fue la instalación de generadores a combustible. Su principal ventaja radicaba en la facilidad de instalación y su rápida puesta en marcha, con una inversión inicial relativamente baja que oscilaba entre 5 y 10 millones de pesos por unidad (González et al., 2020). Sin embargo, su operación requería altos costos recurrentes, estimados en 4 a 6 millones de pesos anuales por unidad, además de presentar impactos negativos en el medio ambiente debido a las emisiones contaminantes y al ruido generado. Asimismo, la dependencia de combustibles fósiles suponía un riesgo en cuanto a la disponibilidad y variabilidad de los precios del mercado.

Finalmente, se evaluó la posibilidad de implementar sistemas solares fotovoltaicos, alternativa que fue seleccionada como la solución óptima. Estos sistemas ofrecen una fuente de energía limpia y renovable, con un impacto ambiental mínimo y bajos costos operativos, que oscilan entre 1 y 2 millones de pesos por sistema. A pesar de requerir una inversión inicial significativa, estimada entre 15 y 25 millones de pesos por sistema, su larga vida útil (20 a 25 años) y la reducción de costos en mantenimiento los convierten en una opción altamente sostenible (RETILAP, 2021). Además, la independencia energética que brindan estos sistemas y su adaptabilidad al entorno aseguran un suministro confiable, incluso en zonas rurales de difícil acceso.

**Tabla 1**

*Comparativa de Costos y Características*

<b>Alternativa</b>	<b>Inversión Inicial (COP)</b>	<b>Operación y Mantenimiento Anual (COP)</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Extensión de la red eléctrica convencional</b>	50-100 millones por km	3-5 millones por año	Conexión continua a la red, capacidad para soportar grandes demandas de energía.	Costos elevados en terrenos de difícil acceso, impacto ambiental por deforestación y obras civiles.
<b>Generadores a combustible</b>	5-10 millones por unidad	4-6 millones por unidad	Instalación rápida, independencia de la red eléctrica.	Altos costos de operación, contaminación ambiental, y dependencia de combustibles fósiles no renovables.
<b>Sistemas solares fotovoltaicos</b>	15-25 millones por sistema	1-2 millones por sistema	Sostenibles, energía limpia, bajos costos operativos, viables en áreas rurales con buena radiación solar.	Requieren inversión inicial y mantenimiento técnico especializado; limitados por días nublados o lluviosos.

Tras una evaluación comparativa, se determinó que la implementación de sistemas solares fotovoltaicos es la solución más adecuada para las condiciones específicas de la Vereda San Pablo. Esta alternativa no solo satisface las necesidades de iluminación de la comunidad, sino que también promueve el desarrollo sostenible, al estar alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), las normativas nacionales (como el RETILAP), y los principios de la triple restricción del proyecto: alcance, tiempo y costo.

Además, la selección de esta tecnología responde a las prioridades expresadas por la comunidad durante las consultas previas, fortaleciendo su sentido de pertenencia y compromiso con el proyecto. Este enfoque participativo, junto con la sostenibilidad técnica y ambiental del sistema solar, garantiza que la solución sea efectiva, duradera y beneficiosa para las generaciones presentes y futuras de la Vereda San Pablo.

## **Marco Conceptual**

### **Sistemas solares fotovoltaicos**

Iberdrola (2024) argumenta que la energía solar fotovoltaica se obtiene al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico. Se trata de un tipo de energía renovable, inagotable y no contaminante que puede producirse en instalaciones que van desde los pequeños generadores para autoconsumo hasta las grandes plantas fotovoltaicas.

### **Desarrollo sostenible**

De acuerdo con la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987), el desarrollo sostenible se refiere a la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

Esta definición es atribuida comúnmente al informe Nuestro Futuro Común, también conocido como el Informe Brundtland, publicado en 1987.

### **Energía renovable**

Según la International Renewable Energy Agency (IRENA, 2021), la energía renovable es aquella proveniente de fuentes naturales que son inagotables o que se regeneran en un tiempo relativamente corto, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y de biomasa.

### **Energía no renovable**

De acuerdo con la Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA, 2021), la energía no renovable proviene de fuentes naturales que se agotan con el tiempo y no pueden regenerarse a una velocidad comparable a su consumo, como los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y la energía nuclear.

### **Marco Teórico**

El proyecto "Propuesta de Sistema de Iluminación para Vías Terciarias de la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño, mediante Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Mejorar la Seguridad Vial y la Eficiencia Energética Comunitaria" se basa en un marco teórico que integra principios de sostenibilidad, energía solar fotovoltaica y su aplicación en el desarrollo de infraestructura para zonas rurales. Desde la perspectiva de la sostenibilidad, se entiende que es esencial reducir el impacto ambiental empleando fuentes de energía renovable en lugar de combustibles fósiles, promoviendo un enfoque que considera los beneficios sociales y ambientales (Martínez, 2017).

La energía solar fotovoltaica es una tecnología clave dentro de las energías renovables debido a su bajo impacto ambiental, disponibilidad en gran parte del mundo y su papel en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (González, 2019). A diferencia de los

recursos no renovables como el petróleo y el gas, la energía solar es inagotable y genera energía limpia, lo cual es fundamental en zonas donde no hay infraestructura de redes eléctricas tradicionales (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE, 2020). Este tipo de sistemas es ideal para áreas rurales o aisladas, ya que requieren poco mantenimiento y ofrecen una fuente confiable de energía, lo cual permite reducir costos a largo plazo y minimizar la dependencia de combustibles fósiles (Pérez et al., 2019).

Siendo, el desarrollo sostenible un concepto fundamental para el proyecto, pues busca el equilibrio entre el bienestar social, la economía y el medio ambiente. Otro punto importante, es la falta de infraestructura básica, la iluminación, que limita las oportunidades socioeconómicas en comunidades rurales y afecta directamente su calidad de vida (Torrejón et al., 2021). El acceso a servicios básicos mediante soluciones sostenibles contribuye al desarrollo de estas áreas, mejorando la seguridad y facilitando la movilidad y el comercio local (Rodríguez y Ramírez, 2018).

Además, de la seguridad vial y la accesibilidad en zonas rurales, siendo áreas de impacto clave en el proyecto, por la falta de iluminación que incrementa los riesgos de accidentes y restringe la movilidad nocturna, afectando tanto la seguridad de los habitantes como las actividades comerciales. Siendo así, la infraestructura de iluminación en vías rurales proyecta un impacto significativo en la reducción de accidentes y en la mejora de la calidad de vida, facilitando el desplazamiento seguro y promoviendo el desarrollo económico (Banco Interamericano de Desarrollo BID, 2019).

La propuesta de iluminación mediante sistemas solares fotovoltaicos para las vías terciarias de la Vereda San Pablo se justifica en la necesidad de mejorar la seguridad y accesibilidad vial, basándose en teorías de sostenibilidad y desarrollo energético renovable. Este marco conceptual

permite vislumbrar un desarrollo que integra sostenibilidad ambiental, eficiencia energética y fortalecimiento de la infraestructura en comunidades rurales.

## **Metodología**

### **Tipo de Estudio**

El estudio titulado "Propuesta de Sistema de Iluminación para Vías Terciarias de la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño, mediante Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Mejorar la Seguridad Vial y la Eficiencia Energética Comunitaria" es de tipo descriptivo, ya que busca analizar y caracterizar las condiciones actuales de iluminación en la zona de estudio sin manipular variables. Según Hernández et al. (2021), los estudios descriptivos tienen como objetivo detallar características de un fenómeno determinado mediante la recopilación de información, lo que permite comprender su comportamiento y plantear soluciones basadas en la evidencia. En este contexto, el proyecto se estructurará en tres fases: Diagnóstico y Recolección de Información, donde se evaluará la situación actual y las necesidades de la comunidad; Diseño del Sistema de Iluminación Fotovoltaico, en el que se establecerán los parámetros técnicos y operativos para su implementación; y finalmente, Formulación de Recomendaciones para su Implementación, con el propósito de proporcionar lineamientos para la ejecución del sistema en la comunidad (Hernández et al, 2021).

### **Enfoque**

Según Hernández et al. (2021), “el enfoque cualitativo se basa en la recolección de datos para su interpretación y análisis de manera generalizada, permitiendo comprender fenómenos en su contexto natural” (p.7). En este sentido, el presente estudio adopta un enfoque cualitativo, ya que analiza las fases que incluyen actividades de trabajo de campo y planificación técnica en la

Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño. Dicho análisis se realiza considerando una población reducida y factores específicos como las condiciones climáticas, geográficas y de seguridad, que influyen directamente en el desarrollo del proyecto y en la toma de decisiones para la implementación del sistema de iluminación fotovoltaico

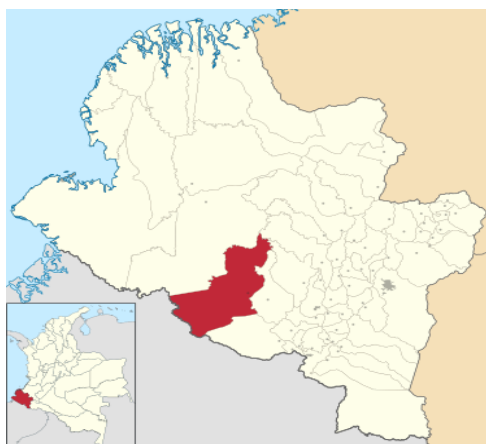
## **Población y Muestra**

### *Población*

Según las proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en 2024 el municipio de Ricaurte, ubicado en el departamento de Nariño, Colombia, cuenta con una población total de 20,676 habitantes: 10,236 mujeres (49.5%) y 10,440 hombres (50.5%). Los menores de 12 años representan el 25.4% de la población, mientras que los adolescentes entre 12 y 17 años constituyen el 11.5%. Las personas mayores de 18 años comprenden el 63.1% de la población, y los adultos mayores de 60 años o más representan el 10.2% del total de habitantes. **(Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2024).**

### **Figura 1**

*Municipio Ricaurte Nariño*



*Nota.* El gráfico representa el lugar en el cual se realizará el proyecto. Tomado de Enciclopedia Wikipedia.

### ***Muestra***

Según Hernández et al. (2021), el muestreo probabilístico se basa en la posibilidad de que cualquier individuo dentro de la población tenga la misma oportunidad de ser seleccionado para participar en la recolección de datos. Sin embargo, en este estudio se emplea un muestreo no probabilístico, ya que la muestra está compuesta por las 10 familias residentes en la Vereda San Pablo, Municipio de Ricaurte, quienes participan en el proceso de recolección de información sin condiciones de aleatoriedad. A través de su participación, se busca identificar factores clave como los niveles de inseguridad, las condiciones climáticas y la eficiencia energética en la región, permitiendo un análisis detallado de las necesidades de la comunidad para el diseño del sistema de iluminación fotovoltaico

### **Instrumentos de Recolección**

De acuerdo con Sampieri et al. (2018), los instrumentos de recolección de datos son herramientas clave para obtener información de los participantes, permitiendo analizar aspectos específicos del fenómeno estudiado. En este proyecto se emplearon dos técnicas principales:

Focus Group: Se llevaron a cabo grupos focales con los residentes y líderes comunitarios de la Vereda San Pablo, Municipio de Ricaurte, con el objetivo de identificar colectivamente las principales preocupaciones en materia de seguridad vial y evaluar las necesidades de iluminación (Sampieri et al, 2018).

### **Revisión de Literatura**

Según Godoy (2006), la investigación documental es una técnica de recolección de información basada en la consulta y análisis de fuentes escritas, lo que permite contextualizar y fundamentar el objeto de estudio. En este proyecto, se realizó una revisión de literatura enfocada en el uso de energía solar fotovoltaica para iluminación pública en zonas rurales.

La investigación incluyó el análisis de estudios previos sobre la implementación de sistemas de alumbrado solar en comunidades con baja densidad poblacional, así como la consulta de marcos regulatorios relevantes, como el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), que establece los lineamientos para la instalación de estos sistemas en vías de baja circulación.

Esta revisión permitió identificar los principales criterios técnicos y normativos que deben considerarse en el diseño del sistema de iluminación para la Vereda San Pablo, Municipio de Ricaurte (Godoy, 2006).

### ***Verificación Ocular de la Zona***

De acuerdo con Bocco et al. (2011), el diagnóstico de campo es una técnica esencial para la recolección de información en estudios territoriales, ya que permite observar directamente las condiciones del entorno y recopilar datos espaciales relevantes. En este estudio, se realizaron dos actividades fundamentales:

**Levantamiento de información en el sitio.** Se llevaron a cabo visitas de campo a la Vereda San Pablo, Municipio de Ricaurte, con el objetivo de evaluar el estado actual de las vías terciarias y la infraestructura existente, lo que permitió identificar las necesidades específicas de iluminación en la zona.

**Georreferenciación de puntos críticos.** Se realizó un mapeo detallado de los puntos donde la iluminación es esencial, priorizando intersecciones, curvas pronunciadas y áreas cercanas a viviendas o espacios públicos. Para ello, se utilizaron herramientas de georreferenciación que facilitaron la localización exacta de estos puntos estratégicos.

El desarrollo de estas actividades permitió generar información clave para el diseño del sistema de iluminación solar fotovoltaico, asegurando su adecuación a las necesidades reales de la comunidad.

## **Resultados**

### **Actividad N° 1 Inspección de campo (reconocimiento de la infraestructura existente)**

En el marco del proyecto "Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Iluminación de Vías Terciarias de la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño", se llevó a cabo una inspección de campo detallada para evaluar la infraestructura existente y determinar los puntos críticos que requieren iluminación. Esta actividad fue fundamental para recopilar datos precisos y relevantes que servirán de base para el diseño del sistema de iluminación solar.

Se realizó un recorrido exhaustivo de aproximadamente 2 kilómetros desde el inicio de la Vereda San Pablo hasta el final de la vía terciaria. Durante este recorrido, se documentaron las condiciones actuales de la infraestructura vial mediante un registro fotográfico detallado, capturando elementos como postes de luz, cableado y señalización. Esta documentación visual permitirá tener una referencia clara de las condiciones preexistentes y facilitará la planificación de las intervenciones necesarias.

Además, se tomaron puntos de georreferenciación de cada uno de los puntos críticos identificados a lo largo de la vía utilizando GPS. Esta georreferenciación precisa permitirá identificar exactamente las áreas que requieren intervención y priorizar la instalación de sistemas solares fotovoltaicos. Se analizaron también los puntos de riesgo, incluyendo curvas peligrosas, cruces peatonales y áreas con alta densidad de vegetación que podrían afectar la visibilidad, asegurando así una evaluación completa de la seguridad vial.

Por último, se identificaron las zonas con baja iluminación a lo largo de la vía terciaria. Estas áreas fueron marcadas como prioritarias para la implementación de los sistemas solares, con el objetivo de mejorar la seguridad y visibilidad en la vereda. Los resultados de esta inspección de campo proporcionan un panorama claro y detallado de la infraestructura existente, facilitando la planificación y el diseño efectivo de los sistemas solares fotovoltaicos para contribuir a una mejor calidad de vida en la Vereda San Pablo (Véase Anexo A).

### **Figura 2**

*Ricaurte – Nariño, Vereda San Pablo, Infraestructura*



*Nota.* El grafico representa los únicos puntos de infraestructura en la vía terciaria.

Durante el recorrido de 2 kilómetros en la vía terciaria de la Vereda San Pablo, se identificaron cuatro postes de luz como parte de la infraestructura existente. Sin embargo, se constató que tres de estos postes no contaban con iluminación funcional debido a la falta de

bombillas, lo que evidencia un déficit significativo en la infraestructura de iluminación actual.

Este hallazgo resalta la necesidad urgente de intervenir y mejorar las condiciones de iluminación para garantizar la seguridad y visibilidad en esta vía.

**Tabla 2**

*Evaluación de infraestructura de iluminación actual y áreas críticas.*

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estado Actual</b>	<b>Observaciones</b>
Postes de Luz (Total)	4 postes de luz documentados	1 funcional, 3 no funcionales	3 postes carecen de bombillas y no iluminan
Áreas con baja iluminación	Zonas identificadas con deficiencia en iluminación	5 zonas prioritarias	Estas áreas requieren atención inmediata para mejorar la visibilidad
Punto de Riesgo	Curvas peligrosas, cruces peatonales y zonas con vegetación densa	Identificados y marcados	Necesitan señalización adicional y mejora en iluminación

*Nota:* Esta tabla muestra el estado de la infraestructura y observaciones

### **Actividad N° 2 Focus Group y Entrevistas con la comunidad**

En el marco del proyecto "Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Iluminación de Vías Terciarias de la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño", se llevó a cabo 10 entrevistas verbales con los residentes de la vereda. Esta actividad tuvo como objetivo comprender las necesidades de la comunidad en cuanto a iluminación y obtener información valiosa sobre los puntos críticos que requieren atención. El enfoque comunitario permitió establecer una comunicación directa con los habitantes, lo que fue fundamental para entender sus preocupaciones y expectativas respecto al proyecto.

Se realizaron entrevistas verbales con las aproximadamente 10 familias residentes en la Vereda San Pablo. Durante estas entrevistas, se explicó detalladamente la importancia del proyecto de iluminación solar, destacando los beneficios potenciales, como la mejora de la

seguridad y la calidad de vida de los habitantes. Los entrevistadores describieron cómo el sistema solar fotovoltaico puede proporcionar una fuente de iluminación sostenible y eficiente, reduciendo los riesgos asociados a la falta de iluminación. Esta fase inicial fue crucial para establecer una comunicación abierta y transparente con la comunidad, generando confianza y receptividad hacia el proyecto.

Los miembros de la comunidad participaron activamente proporcionando información sobre los lugares que consideran prioritarios para la instalación de iluminación. Gracias a su conocimiento local, se pudieron identificar áreas específicas que carecen de iluminación adecuada y que representan riesgos significativos para los transeúntes y vehículos. Los residentes señalaron puntos críticos como curvas peligrosas, cruces peatonales y tramos de la vía con alta densidad de vegetación que dificultan la visibilidad. Esta colaboración permitió elaborar un mapa detallado de las zonas críticas que necesitan intervención, asegurando que las áreas más problemáticas sean priorizadas en el diseño del sistema de iluminación.

Además de brindar información valiosa, la comunidad facilitó la entrada y el acceso a diversas áreas de la vereda. Los residentes acompañaron al equipo de trabajo a lo largo de la vía, mostrando los puntos específicos que requerían atención y explicando las dificultades que enfrentan debido a la falta de iluminación. Esta cooperación fue esencial para que el equipo de trabajo pudiera realizar un reconocimiento más detallado y preciso de la infraestructura existente y de los puntos críticos que requieren iluminación. La disposición de los residentes a colaborar demostró su interés y compromiso con el proyecto, proporcionando un apoyo logístico invaluable.

Las entrevistas con la comunidad permitieron obtener una comprensión profunda de las necesidades locales en cuanto a iluminación y contribuyeron a identificar los puntos críticos de la

Vereda San Pablo. La interacción con la comunidad no solo permitió recopilar información detallada y relevante sobre las necesidades de iluminación, sino que también fortaleció el vínculo entre el equipo de trabajo y los residentes de la vereda. Esta relación de confianza y colaboración garantiza una mayor aceptación y sostenibilidad del proyecto de sistemas solares fotovoltaicos, asegurando que las soluciones implementadas realmente beneficien a la comunidad y mejoren su calidad de vida.

### **Familias Beneficiadas.**

Es importante resaltar que las 10 familias principales residentes en la vereda serán los beneficiarios directos del proyecto, mientras que el resto de la población, aproximadamente 340 personas, se verá beneficiada indirectamente. Entre ellos, se estima que alrededor de 36 personas participaron activamente en la reunión comunitaria que tuvo lugar el 29 de marzo de 2024 en la casa comunal de la Vereda San Pablo.

### **Aportes de la Comunidad Identificados.**

A continuación, se presenta una tabla con los principales aportes que hizo la comunidad en la identificación de los puntos críticos para el proyecto de iluminación.

**Tabla 3**

*Contribuciones comunitarias puntos críticos*

<b>Nº</b>	<b>Aporte de la Comunidad</b>	<b>Descripción</b>
1	Identificación de curvas peligrosas	Áreas con alta sinuosidad en la vía que requieren iluminación para prevenir accidentes.
2	Señalización de cruces peatonales	Puntos donde los peatones cruzan frecuentemente, destacando la necesidad de iluminación.
3	Priorización de puntos críticos	Asignación de importancia a los puntos más peligrosos que requieren intervención inmediata.
4	Provisión de acceso a las áreas críticas	Acompañamiento y guía a los equipos de trabajo a lo largo de la vía para evaluar las zonas de riesgo.

5	Descripción de dificultades diarias	Relato de problemas cotidianos debido a la falta de iluminación, fortaleciendo la justificación del proyecto.
6	Colaboración logística	Soporte en términos de movilización y acceso a lugares de difícil entrada.
7	Evaluación de la infraestructura existente	Observaciones sobre la infraestructura actual y cómo esta afecta la seguridad vial.
8	Propuestas de solución	Sugerencias de la comunidad sobre tipos de iluminación y puntos adicionales a considerar.

*Nota:* Esta tabla muestra el aporte realizado por la comunidad frente a aspectos de iluminación

### Figura 3

*Ricaurte – Nariño, Vereda San Pablo, Salón comunal.*



### Actividad 3. Análisis de datos geospaciales y de radiación

Para evaluar la infraestructura existente y determinar los puntos críticos que requieren iluminación en la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño, se han identificado y georreferenciado 40 puntos estratégicos con la colaboración de la comunidad local. Cada uno de estos puntos cuenta con un registro fotográfico detallado, lo que facilita una evaluación precisa de la infraestructura actual y las condiciones específicas de cada ubicación. Este enfoque participativo asegura que las

necesidades de la comunidad mencionadas anteriormente se integren en el diseño final del sistema de iluminación.

Las necesidades de la comunidad se centran en mejorar la seguridad vial y peatonal en áreas donde la visibilidad es limitada, especialmente en intersecciones de caminos, descensos pronunciados, y tramos de vía con curvas cerradas. Además, los residentes expresaron su preocupación por la falta de iluminación en zonas frecuentemente transitadas durante las horas nocturnas, lo que incrementa el riesgo de accidentes y situaciones de inseguridad. La comunidad también destacó la necesidad de contar con una fuente de iluminación confiable y sostenible, que no solo mejore la calidad de vida, sino que también promueva un entorno más seguro para todos los habitantes de la vereda. Estas necesidades han sido fundamentales en la planificación y diseño del sistema de iluminación solar fotovoltaico, asegurando que las soluciones implementadas sean efectivas y directamente alineadas con las prioridades de la comunidad.

El análisis de datos geoespaciales y de radiación solar es crucial para la planificación y ejecución de proyectos de energía solar fotovoltaica. En el caso específico de Ricaurte, Nariño, la información proporcionada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME (sf) incluye una colección de 13 mapas de radiación solar global sobre una superficie plana, uno para cada mes del año y un promedio anual. Estos mapas muestran la cantidad de energía solar que incide por metro cuadrado de superficie horizontal en Colombia, permitiendo una estimación precisa para el diseño de sistemas de energía solar (IDEAM y UPME, 2019). Es importante considerar que, en zonas de alta montaña, donde no se poseen mediciones directas del recurso, la información puede no ser completamente confiable debido a la presencia de niebla y nubosidad. Sin embargo, para áreas como Ricaurte, Nariño, con condiciones geográficas más estables y un promedio

multianual de radiación solar entre 3.5 y 4 kWh/m<sup>2</sup>/día, los datos proporcionados son lo suficientemente robustos para diseñar sistemas fotovoltaicos adecuados (IDEAM & UPME, 2019).

El análisis de los mapas de radiación solar destaca la influencia de las cordilleras y las zonas planas en la distribución de los valores de radiación solar en Colombia. En Ricaurte, Nariño, la radiación solar se mantiene en niveles óptimos para la implementación de sistemas solares durante todo el año, lo que favorece la eficiencia y el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos planificados. La utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el método de los vecinos cercanos ha mejorado la precisión de los datos de radiación solar, permitiendo identificar variaciones significativas en diferentes regiones y asegurando que las decisiones de diseño se basen en datos precisos y actualizados (IDEAM & UPME, 2019).

La luminaria seleccionada para el proyecto es una LED de 50 W, equipada con un control inteligente que ajusta el consumo de energía mediante temporizadores y un sensor de movimiento. Esta luminaria operará al 100% de su potencia nominal durante cinco horas y al 40% durante las siete horas restantes de la noche, garantizando así una iluminación eficiente y sostenible. La elección de esta luminaria se basa en su capacidad para satisfacer la demanda energética proyectada en la zona, respaldada por los datos del IDEAM (2019), que indican una radiación solar suficiente para soportar el funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos.

En términos de radiación, Ricaurte presenta condiciones favorables para la instalación de sistemas fotovoltaicos, con una capacidad estimada para generar 410 Wh/día por cada panel de 100 Wp (UPME, 2019). Esto es suficiente para cubrir la demanda energética de cada luminaria, que se estima en 400 Wh/día (250 Wh para cinco horas al 100% y 150 Wh para siete horas al 40%). La implementación de paneles solares de 100 Wp garantizará la carga diaria de la batería

LiFePO<sub>4</sub>, que tiene una capacidad de 768 Wh y proporciona hasta 46.1 horas de autonomía con el uso del sensor de movimiento (IDEAM & UPME, 2019).

El diseño del sistema de iluminación considera la autonomía de cada luminaria, eliminando la necesidad de redes eléctricas de distribución y asegurando un funcionamiento eficiente y fiable. Cada luminaria integrada incluye un controlador con múltiples protecciones (sobrecarga, sobrecalentamiento, sobretensión y sobredescarga), garantizando el uso racional y eficiente de los recursos de almacenamiento e iluminación (Ministerio de Minas y Energía, 2013).

Esta configuración no solo asegura una mayor eficiencia y menor pérdida eléctrica, sino que también se ajusta a las normativas del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, cumpliendo con los requisitos de diseño y seguridad establecidos (Ministerio de Minas y Energía, 2013). Además, el sistema se alinea con los estándares del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP, el cual establece los criterios de eficiencia energética, distribución lumínica y seguridad en la iluminación de espacios públicos (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

La implementación de luminarias LED con sistemas de control inteligente representa una solución sostenible, ya que reduce el consumo de energía en más del 60% en comparación con tecnologías convencionales, minimiza la contaminación lumínica y extiende la vida útil de los componentes eléctricos (International Energy Agency [IEA], 2021). Adicionalmente, la elección de baterías de litio LiFePO<sub>4</sub> frente a baterías de plomo-ácido permite un mejor rendimiento en condiciones ambientales extremas, mayor vida útil (hasta 10 años) y mayor eficiencia en los ciclos de carga y descarga (NREL, 2020).

#### **Actividad 4. Seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico para garantizar su adecuación y eficiencia**

El diseño de un sistema fotovoltaico para la iluminación de vías vehiculares en el Municipio de Ricaurte requiere un enfoque integral que garantice su eficiencia, sostenibilidad y cumplimiento normativo. Para ello, es necesario seleccionar los componentes adecuados y realizar un dimensionamiento preciso basado en las características específicas de las vías y las regulaciones establecidas en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

Este documento describe el proceso de selección de componentes del sistema fotovoltaico y el dimensionamiento necesario para cumplir con los requisitos de iluminación pública vehicular. A continuación, se describe el proceso de selección de componentes y dimensionamiento de la solución.

##### ***Clasificación de las Vías y Clases de Iluminación según RETILAP.***

Para garantizar una iluminación adecuada en las vías vehiculares, es fundamental clasificarlas según los criterios establecidos en el RETILAP. La clasificación se basa en dos factores principales: Velocidad de circulación de los vehículos ( $V$ , en km/h); Tránsito vehicular ( $T$ , en vehículos por hora - Veh/h). Estos dos factores determinan la clase de iluminación necesaria para cada vía, asegurando que las condiciones de visibilidad sean óptimas para conductores y peatones.

**Tabla 4***Clases de Iluminación para Vías Vehiculares según RETILAP*

<b>CLASE DE ILUMINACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA VÍA</b>	<b>VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN (KM/H)</b>	<b>TRÁNSITO DE VEHÍCULOS (VEH/H)</b>
<b>M1</b>	Autopistas y carreteras	$V \geq 80$	$T > 1000$
<b>M2</b>	Vías de acceso controlado y rápidas	$60 \leq V < 80$	$500 < T \leq 1000$
<b>M3</b>	Vías principales y ejes viales	$40 \leq V < 60$	$250 < T \leq 500$
<b>M4</b>	Vías colectoras	$30 \leq V < 40$	$100 < T \leq 250$
<b>M5</b>	Vías locales o residenciales	$V < 30$	$T \leq 100$

*Nota.* Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2024). RETILAP - Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, Tabla 3.3.1.1.a.

Con base en esta clasificación, las vías vehiculares del Municipio de Ricaurte, que presentan tráfico menor a 100 veh/h y velocidades de circulación inferiores a 30 km/h, se clasifican dentro de la categoría M5 (vías locales o residenciales).

*Criterios de Diseño del Sistema de Iluminación en la Vereda San Pablo*

El diseño del sistema de iluminación en la Vereda San Pablo se desarrolló mediante herramientas especializadas que permitieron calcular con precisión parámetros clave, como la altura óptima de los postes, el ancho de la vía y la cobertura de iluminación en función de la altura de los postes. Estos cálculos fueron fundamentales para definir la disposición óptima de los puntos de iluminación, garantizando una distribución uniforme y eficiente de la luz a lo largo de la vía.

En la tabla siguiente se presentan los criterios técnicos que guiaron el diseño del sistema de iluminación:

**Tabla 5***Criterios de Diseño del Sistema de Iluminación*

<b>Criterio</b>	<b>Especificación</b>	<b>Fuente</b>
<b>Clasificación de la vía</b>	M5 - Vía terciaria con tráfico nocturno < 100 vehículos/hora	RETILAP (MinEnergía, 2010)
<b>Altura de los postes</b>	6 - 8 metros según necesidades de cobertura	Cálculos del proyecto
<b>Distancia entre postes</b>	35 - 50 metros dependiendo de la distribución de la luz	Cálculos del proyecto
<b>Tipo de luminaria</b>	LED 50 W con panel solar integrado	Especificaciones RETILAP
<b>Nivel de iluminación</b>	Cumple con los valores mínimos para vías M5	RETILAP (MinEnergía, 2010)
<b>Eficiencia energética</b>	Alimentación solar con almacenamiento en baterías	Diseño del sistema fotovoltaico

*Nota.* Esta tabla de elaboración propia contiene información base de RETILAP (MinEnergía, 2010)

Dado que el tráfico vehicular nocturno en las veredas del Municipio de Ricaurte es inferior a 100 vehículos por hora, estas vías se clasifican como terciarias (M5), conforme a los estándares establecidos en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP, sf). Esto significa que el sistema de alumbrado debe cumplir con requisitos específicos en términos de niveles de iluminación, distribución de luminarias y eficiencia energética, garantizando condiciones óptimas para la seguridad de conductores y peatones.

El diseño propuesto para la Vereda San Pablo considera la instalación de luminarias solares LED, con postes de 6 a 8 metros de altura, ubicados a una distancia de 25 a 35 metros entre sí, dependiendo de la topografía y de la cobertura de iluminación necesaria. Además, se priorizó la instalación en puntos estratégicos, como curvas cerradas, intersecciones y zonas con mayor riesgo de visibilidad reducida.

Siguiendo los lineamientos de RETILAP, la iluminación en vías M5 debe ajustarse a la cantidad de tráfico y a la presencia de diferentes usuarios, como peatones y ciclistas. En horarios

de menor tráfico, el sistema podrá operar con niveles reducidos de iluminación sin comprometer la seguridad.

En conclusión, el sistema de iluminación propuesto no solo cumple con las regulaciones técnicas vigentes, sino que también contribuye a la seguridad vial y al bienestar de la comunidad, asegurando un uso eficiente de la energía a través de fuentes renovables.

### ***Dimensionamiento del Panel Solar para el Sistema Autónomo.***

Para dimensionar adecuadamente el sistema de alumbrado público solar autónomo, es fundamental comprender la demanda energética de las luminarias y garantizar una fuente de energía confiable. En este proyecto, se emplean luminarias LED de 50 W programadas para ajustar su consumo energético automáticamente: durante las primeras cinco horas nocturnas operan al 100% de su capacidad, proporcionando máxima iluminación; en las siguientes siete horas, reducen su potencia al 40%, permitiendo un ahorro significativo de energía. Además, incorporan sensores de movimiento que incrementan la iluminación al 100% cuando se detecta presencia, asegurando visibilidad cuando es necesario.

### ***Demanda de Energía y Potencia a Instalar***

Para garantizar que cada luminaria funcione de manera óptima durante la noche, es esencial calcular su consumo energético diario y dimensionar adecuadamente los paneles solares. A continuación, se presenta la proyección de la demanda de energía por luminaria:

**Tabla 6**

*Proyección demanda de energía y la potencia a instalar*

<b>PERIODO DE OPERACIÓN</b>	<b>HORAS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>POTENCIA (W)</b>	<b>CONSUMO ENERGÉTICO (Wh/DÍA)</b>
<b>ILUMINACIÓN AL 100%</b>	5 horas	50 W	250 Wh
<b>ILUMINACIÓN AL 40%</b>	7 horas	20 W	140 Wh
<b>TOTAL DIARIO</b>	12 horas	-	<b>390 Wh</b>

*Nota.* Esta tabla hace referencia a la proyección de demanda de energía solar y potencia a instalar. Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME, 2020).

Para satisfacer esta demanda, se requiere un panel solar capaz de generar al menos 390 Wh diarios por luminaria. Considerando factores como la eficiencia del sistema y posibles pérdidas, se ha determinado que un panel solar de 100 Wp es adecuado, ya que puede generar aproximadamente 410 Wh diarios en condiciones óptimas. Este cálculo se basa en una irradiación solar promedio de 4,1 kWh/m<sup>2</sup>/día, típica en diversas regiones.

El método de dimensionamiento del sistema fotovoltaico se basa en garantizar el suministro energético para el funcionamiento diario de las luminarias LED seleccionadas. En Colombia, debido a su cercanía a la latitud ecuatorial, la duración del día y la noche varía mínimamente a lo largo del año. Durante los meses de verano, el sol se desplaza ligeramente hacia el norte, mientras que en invierno se mueve hacia el sur, aunque con una diferencia de solo 30 minutos en promedio entre los días más largos y los más cortos (IDEAM, 2020). Esta variabilidad resulta en períodos nocturnos de entre 11 y 11.5 horas, lo que determina el tiempo de operación de las luminarias solares.

El sistema de iluminación diseñado cumple con los estándares del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y está basado en luminarias LED con tecnología fotovoltaica integrada. Cada luminaria opera de manera autónoma, eliminando la necesidad de infraestructura

eléctrica convencional y optimizando la eficiencia energética (Ministerio de Minas y Energía MME, 2023).

Las luminarias seleccionadas tienen una potencia de 50 W y una eficiencia lumínica de 175 lm/W, asegurando una iluminación adecuada para la vía. Para su almacenamiento energético, se emplean baterías de fosfato de hierro y litio (LiFePO<sub>4</sub>), que proporcionan hasta 13.8 horas de autonomía a máxima potencia y hasta 46.1 horas en modo de bajo consumo mediante sensor de movimiento (UPME, 2021). Este sistema garantiza un funcionamiento continuo durante toda la noche y permite enfrentar condiciones climáticas adversas, como días nublados o de baja radiación solar.

El dimensionamiento del panel solar se ha realizado bajo el criterio de triplicar la potencia del módulo LED, lo que permite una recarga completa de la batería cada día, incluso bajo variaciones en la radiación solar diaria. Este enfoque garantiza un suministro energético estable y reduce la probabilidad de fallas operativas (Borges et al., 2019).

Además, el sistema cuenta con un controlador de carga inteligente, que cumple múltiples funciones, entre ellas; protección de la batería contra sobrecargas y descargas profundas; optimización del consumo energético mediante ajustes de intensidad lumínica según la hora del día y la actividad detectada por sensores de movimiento PIR; maximización de la vida útil del sistema al gestionar el uso eficiente de la energía almacenada.

Este diseño robusto y eficiente permite que el sistema funcione de manera óptima incluso en condiciones climáticas variables, asegurando su sostenibilidad y fiabilidad a largo plazo. Además, promueve el uso responsable de los recursos energéticos, beneficiando tanto a la comunidad como al medio ambiente (García & Hernández, 2022).

### **Baterías.**

Para garantizar la autonomía del sistema durante períodos prolongados sin disponibilidad de energía solar, es crucial seleccionar baterías que puedan soportar la demanda de energía durante hasta treinta horas. En el proceso de dimensionamiento del banco de baterías, se parte de los requerimientos energéticos del sistema. Es esencial utilizar baterías de descarga profunda en instalaciones solares, las cuales están diseñadas para manejar descargas más intensas sin comprometer su vida útil. Esto implica evaluar la capacidad máxima de descarga de las baterías y la cantidad de ciclos de carga y descarga que pueden soportar de manera efectiva y duradera.

**Tabla 7**

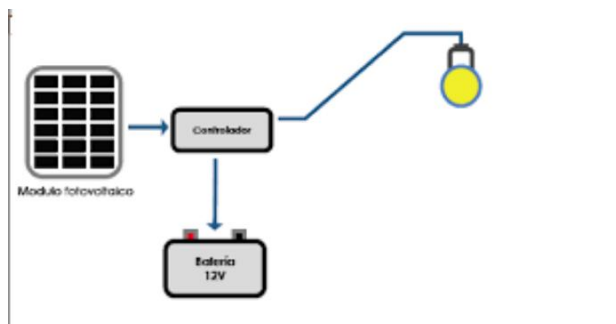
*Características de la batería LiFePO4 de 12V y 24Ah*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>
<b>TIPO DE BATERÍA</b>	LiFePO4 (Fosfato de hierro y litio)
<b>VOLTAJE NOMINAL</b>	12.8 V
<b>CAPACIDAD</b>	24 Ah
<b>ENERGÍA ALMACENADA</b>	307.2 Wh
<b>CICLOS DE VIDA</b>	Hasta 4000 ciclos al 80% de DOD
<b>PROFUNDIDAD DE DESCARGA</b>	80%
<b>DIMENSIONES</b>	181 x 77 x 167 mm
<b>PESO</b>	2.9 kg

*Nota.* Esta tabla genera una comprensión frente a la relación parámetro-valor de la batería. (Junlee, s.f.)

Con base en lo anterior, para soportar la carga durante un periodo de treinta horas, se recomienda utilizar un banco de baterías a 12 V y con una capacidad mínima de 24 Ah.

Ahora bien, la siguiente figura presenta de manera esquemática la solución propuesta.

**Figura 4***Sistema Fotovoltaico*

Para asegurar la adecuación y eficiencia del sistema fotovoltaico seleccionado, es fundamental considerar varios aspectos clave. Primero, el dimensionamiento preciso del panel solar, en este caso de 100 Wp, asegura que se genere suficiente energía para cubrir la demanda de las luminarias LED seleccionadas. Estas luminarias, operando a diferentes niveles de potencia a lo largo de la noche, están equipadas con controles inteligentes que optimizan el consumo de energía.

Además, la elección de baterías de descarga profunda, como las LiFePO4 con capacidad de 768 Wh, garantiza una autonomía suficiente para hasta 30 horas, lo cual es crucial en sistemas autónomos. El controlador integrado no solo protege el sistema contra sobrecargas y otros riesgos eléctricos, sino que también gestiona eficientemente el almacenamiento y uso de la energía solar.

En conjunto, estos componentes aseguran un diseño robusto y eficiente, adecuado para el entorno específico de las veredas en Ricaurte, Nariño. Este enfoque no solo cumple con los estándares técnicos y normativos, como el RETIE, sino que también promueve el uso racional y

sostenible de la energía, contribuyendo al desarrollo energético sostenible y seguro de la comunidad

Para explicarlo mejor, el sistema de alumbrado solar necesita funcionar incluso en esas noches en las que no hubo suficiente sol durante el día. Para lograr esto, el sistema utiliza unas baterías especializadas que almacenan la energía solar recolectada y la liberan durante la noche, manteniendo las luces encendidas.

Estas baterías se llaman baterías de descarga profunda, y están diseñadas para soportar descargas prolongadas y frecuentes sin comprometer su vida útil. A diferencia de las baterías comunes, que se desgastarían rápidamente si se usaran y recargarán todos los días, las de descarga profunda están hechas específicamente para este tipo de trabajo en sistemas solares. En términos sencillos, son baterías que aguantan bien el trajín de cargarse y descargarse muchas veces.

Para asegurar que las luces se mantengan encendidas durante toda la noche y, si es necesario, hasta 30 horas seguidas sin sol, se requiere un banco de baterías bien dimensionado. En este caso, hablamos de un banco de baterías a 12 voltios con una capacidad mínima de 24 amperios-hora (Ah). Esto es suficiente para mantener la iluminación funcionando de manera confiable, incluso si el día fue nublado y la energía solar recolectada fue menor de lo habitual

El sistema también incluye un controlador de carga que tiene la tarea de proteger las baterías contra problemas como la sobrecarga o el sobrecalentamiento. Este controlador gestiona la distribución de la energía almacenada en las baterías, asegurando que se use de manera eficiente. Además, regula la intensidad de la luz según sea necesario, optimizando el consumo de energía y prolongando la vida útil de las baterías. Por ejemplo, si no hay movimiento en la calle, la luz se puede atenuar para ahorrar energía.

Las baterías de descarga profunda son el corazón de este sistema de iluminación solar. Su capacidad para almacenar y gestionar la energía asegura que las luces funcionen de manera continua y eficiente, incluso en las noches más oscuras y durante los días menos soleados. Este enfoque técnico garantiza que el sistema no solo sea confiable y duradero, sino también adecuado para las necesidades específicas de la comunidad, manteniendo siempre un uso sostenible de la energía.

### **Actividad 5 Planos y especificaciones técnicas detalladas del sistema de alumbrado público**

#### ***Planos y Especificaciones Técnicas del Sistema de Alumbrado Público.***

En la planificación del sistema de iluminación para la vía terciaria en la Vereda San Pablo, se realizó un meticuloso trabajo de selección y georreferenciación de cuarenta puntos estratégicos a lo largo de los 2,100 metros de la placa huella. Este proceso se llevó a cabo en estrecha colaboración con la comunidad local, asegurando que cada decisión tomada reflejara tanto las necesidades técnicas como las preocupaciones de los residentes.

La selección de estos puntos no se limitó a considerar la distancia entre ellos, sino que también tuvo en cuenta aspectos cruciales de seguridad. Se dio especial atención a las áreas con curvas cerradas y tramos particularmente oscuros, ya que estos lugares representan riesgos significativos para la seguridad vehicular y peatonal. En estas zonas, la iluminación es fundamental para evitar accidentes y mejorar la visibilidad durante la noche. Además, se evaluaron las viviendas situadas a lo largo de la vía para garantizar que el alumbrado proporcionado también beneficie a los residentes, aumentando la seguridad en sus alrededores y contribuyendo a una mejor calidad de vida.

El plano detallado del proyecto incluye especificaciones técnicas exhaustivas para la instalación del sistema de iluminación. Estas especificaciones abarcan la altura de los postes de

luz, los materiales a utilizar, y la disposición precisa de cada componente del sistema. Este nivel de detalle asegura que el diseño no solo cumpla con los estándares técnicos requeridos, sino que también proporcione una cobertura óptima a lo largo de toda la vía (Véase Anexo B).

Además, se ha desarrollado un presupuesto detallado que se encuentra en los anexos del documento. Este presupuesto ofrece una visión clara y completa de los costos asociados con el proyecto, incluyendo los recursos necesarios para la implementación efectiva del sistema de iluminación.

La planificación del sistema de alumbrado para la vía terciaria en la Vereda San Pablo refleja un compromiso con la seguridad y el bienestar de la comunidad. Al elegir cuidadosamente los puntos de instalación y considerar las necesidades específicas de la vía y de los residentes, el proyecto busca mejorar significativamente las condiciones de tránsito y la seguridad nocturna en la vereda. Este enfoque integral demuestra un esfuerzo por abordar de manera efectiva las preocupaciones de los residentes y proporcionar una solución que beneficie a toda la comunidad.

#### **Actividad 6, Elaboración de cronograma**

Se elabora un cronograma detallado que establezca las fechas y actividades específicas para la adquisición de materiales, la instalación de los sistemas y la capacitación del personal, garantizando una planificación eficiente y oportuna.



## **Actividad 7 Elaborar un documento que consolide el plan de implementación**

### ***Plan de Implementación del Proyecto.***

Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Iluminación de Vías Terciarias de la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño

**Objetivo General.** Implementar un sistema de iluminación pública mediante energía solar fotovoltaica en las vías terciarias de la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño, asegurando eficiencia energética y sostenibilidad.

#### **Objetivos Específicos.**

Evaluar y georreferenciar los puntos críticos que requieren iluminación.

Instalar sistemas fotovoltaicos autónomos y luminarias LED en puntos estratégicos.

Capacitar a la comunidad en el mantenimiento básico y operación del sistema.

**Alcance del Proyecto.** Vereda San Pablo, Municipio de Ricaurte, Departamento de Nariño, Colombia.

**Componentes del Proyecto.** Evaluación y georreferenciación de 40 puntos estratégicos para la instalación de luminarias. Instalación de sistemas fotovoltaicos autónomos con luminarias LED en los puntos seleccionados. Y capacitación de la comunidad local en el mantenimiento y operación del sistema.



## **Responsables del Proyecto**

### ***Equipo Administrativo***

**Un Coordinador General del Proyecto.** Las responsabilidades a las cuales tendrá que acogerse el coordinador serán; mantener una comunicación efectiva con todas las partes interesadas, organizando reuniones regulares y elaborando informes periódicos sobre el progreso del proyecto para asegurar que todos estén informados y alineados con los objetivos del proyecto. Monitorear continuamente el progreso del proyecto en comparación con el cronograma y el presupuesto, gestionando recursos y optimizando costos, además de identificar y mitigar riesgos para mantener el proyecto en camino. Asegurar que todas las actividades del proyecto cumplan con las normativas y estándares relevantes, implementando controles de calidad y resolviendo problemas de manera efectiva para garantizar el éxito del proyecto.

### ***Equipo Técnico***

**Un Ingeniero Electricista.** Entre sus responsabilidades esta la entrega del sistema fotovoltaico, supervisión de la instalación y configuración de los sistemas. Capacitación a los miembros de la comunidad en mantenimiento básico y operación del sistema.

**Un Técnico Electricista.** Responsabilidades tales como instalación y conexión de luminarias y paneles solares, pruebas y ajustes del sistema.

**Un Personal de Logística y/o Almacenista.** Entre sus responsabilidades esta el control y manejo de los materiales y equipos necesarios para la correcta ejecución del proyecto. Entre sus principales tareas está mantener un inventario preciso y actualizado de todos los insumos, asegurando que haya suficiente disponibilidad y que estos estén almacenados adecuadamente. Este rol implica la organización y supervisión de la recepción, inspección, y distribución de

materiales y equipos, garantizando que lleguen a los sitios de trabajo en el momento justo y en óptimas condiciones, evitando así cualquier tipo de retraso en el proyecto.

Además, este personal se encargará de llevar un registro detallado y actualizado de todos los movimientos de materiales y equipos, junto con la documentación correspondiente, como facturas, órdenes de compra y recibos. Esto asegura una gestión del almacén transparente y eficiente, donde cada recurso se maneja con responsabilidad.

Como parte del apoyo de la comunidad al proyecto, se obtendrá una bodega en arriendo para el almacenamiento de los materiales de obra. Esta bodega será aportada por la comunidad en contraprestación, demostrando su compromiso con el desarrollo del proyecto y asegurando que los materiales estén resguardados adecuadamente y disponibles cuando se necesiten.

**Un Maestro de obra civil.** Asegurar que el terreno esté nivelado y preparado para la instalación de postes de iluminación y montaje de postes: Supervisar y garantizar que los postes se instalen correctamente y de manera segura.

**Mano de obra no calificada.** Se considera necesario vincular a tres personas para asistir en la limpieza, nivelación y preparación del terreno para la instalación de postes de iluminación. Ayudar en el levantamiento y posicionamiento de los postes según las indicaciones de los maestros de obras civil. Apoyar en la instalación de los sistemas fotovoltaicos, paneles solares y luminarias LED bajo la supervisión de técnicos y maestros de obra. Cargar, mover y organizar los materiales y equipos necesarios para las diferentes etapas del proyecto.

**Personal extra.** Se considera necesario vincular a cuatro personas extra que puedan estar presentes en cada etapa de la implementación del proyecto.

**Tabla 10***Cronograma de actividades por profesional*

<b>Actividades</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>
Evaluación detallada de los 40 puntos estratégicos.	Coordinador General del Proyecto, Ingeniero Electricista, Técnico Electricista		
Adquisición de materiales y Preparación del terreno para la instalación de postes y sistemas fotovoltaicos.	Coordinador General del Proyecto, Ingeniero Electricista, Técnico Electricista, Personal de Logística y/o Almacenista, Maestro de obra civil, Mano de obra no calificada		
Montaje e instalación inicial de postes de iluminación.	Coordinador General del Proyecto, Ingeniero Electricista, Técnico Electricista, Personal de Logística y/o Almacenista, Maestro de obra civil, Mano de obra no calificada		
Instalación de luminarias LED solar Fotovoltaica		Coordinador General del Proyecto, Ingeniero Electricista, Técnico Electricista, Personal de Logística y/o Almacenista, Maestro de obra civil, Mano de obra no calificada	
Ajuste y configuración de controles inteligentes y sensores de movimiento.		Coordinador General del Proyecto, Ingeniero Electricista, Técnico Electricista, Personal de Logística y/o Almacenista.	
Capacitación inicial a la comunidad sobre el		Coordinador General del Proyecto, Ingeniero Electricista, Técnico	

mantenimiento básico.	Electricista	
Pruebas, ajustes finales Y Puesta en marcha del sistema completo.		Coordinador General del Proyecto, Ingeniero Electricista, Técnico Electricista
Transferencia de conocimientos sobre operación y gestión del sistema.		Coordinador General del Proyecto, Ingeniero Electricista
Implementación de sistema de monitoreo inicial.		Coordinador General del Proyecto, Ingeniero Electricista

### **Actividad 8.**

Establecer un presupuesto preliminar que incluya los costos de los materiales, transporte, instalación y posibles mantenimientos (Véase Anexo C).

### **Conclusiones**

El proyecto "Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Iluminación de Vías Terciarias de la Vereda San Pablo, Ricaurte, Nariño" se ha consolidado como un ejemplo exitoso de cómo la tecnología puede ser aplicada de manera efectiva para satisfacer las necesidades específicas de comunidades rurales. La metodología utilizada, que incluyó una evaluación exhaustiva de la infraestructura existente, un diseño cuidadoso del sistema fotovoltaico y una implementación detallada ha permitido alcanzar los objetivos planteados con un enfoque integral.

Desde el inicio, el proyecto involucró a la comunidad local en la identificación de puntos críticos que requerían iluminación, lo que aseguró que las soluciones propuestas fueran realmente útiles y relevantes para los residentes. La selección de luminarias LED y paneles

solares de alta eficiencia no solo se alineó con las condiciones geográficas y climáticas de la región, sino que también garantizó la durabilidad y el rendimiento óptimo del sistema. Este enfoque ha permitido crear un sistema de iluminación autónomo, que reduce la dependencia de fuentes de energía tradicionales y promueve la sostenibilidad ambiental.

La capacitación del personal local en la instalación y el mantenimiento del sistema ha sido un componente clave para el éxito del proyecto. No solo ha facilitado una implementación eficiente, sino que ha empoderado a la comunidad, proporcionándoles las herramientas y el conocimiento necesario para gestionar y mantener el sistema a largo plazo. Esto asegura que los beneficios del proyecto perduren en el tiempo, fortaleciendo la autosuficiencia de la comunidad.

La ejecución del proyecto, ajustada a un cronograma preciso y coordinado, resultó en una instalación que ha mejorado significativamente la seguridad y la movilidad en las vías terciarias de la Vereda San Pablo. Los resultados son evidentes: una mayor seguridad para peatones y vehículos, especialmente en zonas previamente oscuras y peligrosas, y una mejora notable en la calidad de vida de los habitantes.

Además, durante el proceso de implementación se han identificado importantes lecciones que pueden aplicarse en futuros proyectos. Por ejemplo, la necesidad de adaptar aún más el diseño a condiciones climáticas extremas refuerza la importancia de la personalización y la atención al detalle en proyectos de este tipo.

En conclusión, el proyecto no solo ha alcanzado sus metas técnicas, sino que también puede generar un impacto positivo y duradero en la comunidad. Se ha demostrado que los sistemas solares fotovoltaicos son una solución viable, eficiente y sostenible para la iluminación de vías terciarias en zonas rurales, proporcionando un modelo que puede ser replicado en otras comunidades con necesidades similares. Este proyecto representa un avance significativo hacia

el desarrollo sostenible de la Vereda San Pablo y un ejemplo inspirador de cómo la tecnología, cuando se implementa con un enfoque centrado en la comunidad, puede transformar vidas.

## Anexos

### Anexo A. Presupuesto básico



PRESUPUESTO  
BASICO.xlsx

### Anexo B. Puntos críticos



PUNTOS CRITICOS  
SELECCIONADOS.xls

### Anexo C. Plano y características



PLANO Y  
CARACTERISTICAS.ppt

## Referencias

- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2023). Informe anual de siniestralidad en carreteras rurales de Colombia. <https://ansv.gov.co>
- Banco Interamericano de Desarrollo BID. (2019). *Infraestructura para la seguridad vial en América Latina*.
- Bocco, G., Mendoza, M., & Velázquez, A. (2011). Métodos de observación y análisis territorial. {Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México}
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2021). *Informe sobre la brecha de infraestructura rural en Colombia*. Bogotá, Colombia. DNP.
- Departamento Nacional de Planeación. (2021). Impacto de la falta de infraestructura en el desarrollo rural de Colombia. <https://www.dnp.gov.co>
- Desarrollo, C. (1987). *Our common future*. Oxford: University Press.
- EIA. (2024). Independent Statistics And Analysis. <https://www.eia.gov/>
- Evolti. (2024). Parque Solar Naos 1 en Nariño. <https://evolti.co>
- García, M., & López, J. (2020). Proyecto Solar Rural en Guajira: Transformando comunidades con energía renovable. *Revista de Energías Sustentables*, 15(3), 98-112.
- García, P. & López, S. (2021). Energías renovables y desarrollo sostenible en comunidades rurales. *Revista de Energía y Sostenibilidad*, 5(3), 45-57.
- Gobernación de Nariño. (2019). Implementación de paneles solares en Nulpe Medio. <https://narino.gov.co>
- Godoy, (2006). *Introducción a la investigación documental: Fundamentos y metodología*. Trillas.
- González, M. (2019). *Energía solar fotovoltaica y su impacto en la sostenibilidad ambiental*. Editorial Científica.

- González, M. (2019). Energías renovables en zonas rurales: un enfoque para Colombia. *Revista de Energías Limpias*, 12(4), 45-58.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2021). *Metodología de la investigación* (7ª ed.). McGraw-Hill.
- Iberdrola. (2024). Funcionamiento energía solar fotovoltaica. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). Atlas de radiación solar en Colombia. IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM (2019). Atlas de radiación solar de Colombia. <https://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>
- Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas IPSE. (2023). Proyectos de energía solar en comunidades rurales de Nariño. <https://ipse.gov.co>
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2022). Análisis de accidentalidad vial en Colombia. <https://www.medicinalegal.gov.co>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. (2020). Guía para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos en entornos rurales. IDAE.
- International Energy Agency (IEA). (2021). Energy efficiency 2021: Analysis and outlook to 2024. <https://www.iea.org>
- IRENA. (2024). IRENA. <https://www.irena.org/>
- Junlee Power. (s.f.). Batería LiFePO4 de ciclo profundo de fosfato de hierro y litio 12,8V 24Ah. <https://www.junleepower.com/es/products/lithium-iron-phosphate-12-8v-24ah-deep-cycle-lifepo4-battery>

- Martínez, J. (2017). Economía ecológica y sostenibilidad. Alianza Editorial.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). Acceso a energía y productividad agrícola en Colombia. <https://www.minagricultura.gov.co>
- Ministerio de Minas y Energía. (2010). Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILA. <https://www.minenergia.gov.co>
- Ministerio de Minas y Energía. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. <https://www.minenergia.gov.co>
- Ministerio de Minas y Energía. (2018). Plan de energía renovable para zonas no interconectadas. Bogotá, Colombia: Ministerio de Minas y Energía.
- Ministerio de Minas y Energía. (2022). Costos y proyectos de electrificación rural en Colombia. <https://www.minenergia.gov.co>
- National Renewable Energy Laboratory NREL. (2020). Battery storage for solar applications: Performance and economic analysis. <https://www.nrel.gov>
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). Objetivos de Desarrollo Sostenible: Energía asequible y no contaminante. Nueva York.
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). Objetivos de Desarrollo Sostenible: Energía asequible y no contaminante.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI. (2020). Energías renovables para comunidades rurales. <https://www.unido.org>
- Pérez L., Ortiz, J., & Pout, C. (2019). Eficiencia energética en sistemas fotovoltaicos para comunidades rurales. *Revista Internacional de Energía Renovable*, 12(4), 25-39.
- Personería de Bogotá. (2022). Iluminación deficiente en corredores viales y su impacto en la seguridad. <https://www.personeriabogota.gov.co>

Personería de Bogotá. (2022). Informe sobre percepción de inseguridad en zonas rurales.

<https://www.personeriabogota.gov.co>

Programa de Desarrollo con Enfoque Territorial PDET Nariño. (2021). Estudio técnico proyecto

sistema fotovoltaico. <https://pdtnarino.org>

Rodríguez, C., & Ramírez, F. (2018). Desarrollo rural y energías renovables en Latinoamérica.

Editorial Iberoamericana.

Rodríguez, L., & Ramírez, P. (2018). Desarrollo sostenible en regiones rurales de Colombia.

*Revista de Economía y Sociedad*, 10(2), 123-140.

Sampieri, R., Collado, C. y Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-

Hill.

Tierra Grata. (2024). Proyectos de energía solar para comunidades rurales. <https://tierragrata.org>

Torrejón, F., Contreras, M., & Soto, G. (2021). Infraestructura sostenible en comunidades

rurales: Un enfoque para el desarrollo social. *Revista de Estudios Rurales*, 18(2), 67-83.

Twidell, J., y Weir, T. (2015). *Renewable energy resources* (3rd ed.).

Routledge. [https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315766416/renewa](https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315766416/renewable-energy-resources-john-twidell-tony-weir)

[ble-energy-resources-john-twidell-tony-weir](https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315766416/renewable-energy-resources-john-twidell-tony-weir)

Unidad de Planeación Minero-Energética UPME. (2019). Plan energético nacional 2019-

2050. [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN\\_documento\\_para\\_consulta.p](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf)

[df](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf)

Unidad de Planeación Minero Energética. (2020). Guía para la implementación de alumbrado

público eficiente en Colombia. UPME. <https://www.upme.gov.co>

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable

Development. United Nations. <https://sdgs.un.org/2030agenda>