



UNIVERSIDAD
SANTOTOMÁS

DESCRIBIR EL ALCANCE DE LA COBERTURA DE ENERGIA ELÉCTRICA EN
LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SOTAQUIRA

REALIZADO POR:

ADRIANA KATHERINE SAAVEDRA GONZÁLEZ

DOCENTE:

NORHA CASTILLO CASTRO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EMPRESARIAL

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

Bogotá, Colombia

2024

DESCRIBIR EL ALCANCE DE LA COBERTURA DE ENERGIA ELÉCTRICA EN LA
ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SOTAQUIRA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

ESPECIALISTA EN GERENCIA EMPRESARIAL

REALIZADO POR:

ADRIANA KATHERINE SAAVEDRA GONZÁLEZ

DOCENTE:

NORHA CASTILLO CASTRO

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EMPRESARIAL

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

Bogotá, Colombia

2024



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3. JUSTIFICACIÓN	12
4. OBJETIVOS	14
4.1. Objetivo General	14
4.2. Objetivos Específicos.....	14
5. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS SIN INTERCONEXIÓN	15
5.1. Avendaño	16
5.2. Carrizal.....	17
5.3. Chonquirá.....	18
5.4. Espinal y soconsuca de blancos	19
5.5. Pueblo viejo.....	20
6. DETERMINAR LA ACCESIBILIDAD DE LAS REDES ELECTRICAS EXISTENTES	24
6.1. Redes de distribución eléctrica.....	25
6.2. Subestaciones eléctricas	25
6.3. Postes y cables	26
6.4. Medidores eléctricos	26
7. SOLUCIONES DE ENERGIAS ALTERNATIVAS	27
7.1. Energía solar	30
7.2. Energía Eólica	35
7.3. Hidroeléctrica.....	36
7.4. Energía Biomasa	37
7.5. Presupuesto	40
7.6. Marco Normativo	40
8. CARACTERIZACION DE LA ZONA	43
8.1. Hidrografía.....	44
8.2. Clima.....	45
8.3. Riesgos naturales y amenazas	45
9. CONCLUSIONES	47
10. RECOMENDACIONES	47
11. REFERENCIAS	49



12.	ANEXOS	54
	Anexo 1. Presupuesto.....	54

LISTA DE TABLAS

Tabla.1 Distribución del municipio por extensión territorial y área de residencia, Municipio de Sotaquirá	15
Tabla 2 Demanda anual de energía y paneles solares para diferentes usos	31
Tabla 3. Cantidad de paneles necesarios para cubrir la demanda energía eléctrica	32
Tabla 4. Implementación de Energías Renovables en Veredas Rurales: Avendaño, Carrizal, Chonquirá, Espinal, Soconusco de Blancos y Pueblo Viejo	38

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación geográfica Sotaquirá	22
Mapa 2 Hidrografía, Municipio de Sotaquirá, Boyacá	42
Mapa 3. Zonas de riesgos, Municipio de Sotaquirá, Boyacá	43

RESUMEN

El artículo de investigación abordar diversos aspectos relacionados con la adopción y el aprovechamiento de la energía solar en áreas rurales, con un enfoque en el desarrollo sostenible e integral. Inicialmente, se identifican zonas sin conexión eléctrica, revelando a través de un estudio técnico la falta de servicio en seis veredas específicas. Posteriormente, se analizan los parámetros para la instalación de paneles solares en áreas residenciales y los requisitos esenciales para el desarrollo exitoso de huertos solares.

La investigación también explora programas de electrificación rural y destaca los beneficios de la electrificación para el desarrollo integral de las comunidades. Se enfatiza la capacitación como un componente crucial para mejorar la empleabilidad y promover el desarrollo profesional en áreas rurales, con particular atención a la formación en energía solar. Además, se discute el papel de las microfinanzas como herramienta para el desarrollo rural sostenible, permitiendo a las comunidades obtener préstamos para invertir en tecnología solar. La integración de la energía solar en la infraestructura educativa es otro aspecto clave, subrayando la importancia de capacitar a los docentes para una educación sostenible y establecer alianzas estratégicas para fomentar la enseñanza en energía solar.

El artículo también analiza la diversificación económica a través de la energía solar para agricultores y empresas rurales, así como la optimización agrícola mediante el uso de sistemas solares para riego, iluminación y otros fines. Finalmente, se destaca como la energía solar puede impulsar el desarrollo comunitario y ofrecer oportunidades de progreso socioeconómico en entornos rurales.

Palabras claves: Energía renovable, plan desarrollo territorial¹, paneles solares

¹ Raúl Puente Martínez, “planeación y gestión del desarrollo urbano y regional” (2007), proporciona que es un instrumento de planificación que establece las políticas, estrategias y acciones para orientar el crecimiento y la

1. INTRODUCCIÓN

Raúl Puente Martínez² menciona que, el Plan de Desarrollo Territorial de un municipio es un documento fundamental que traza la ruta hacia un crecimiento sostenible y equitativo en un periodo de tiempo definido, generalmente cuatro años. Este plan estratégico establece las directrices, objetivos, políticas y acciones necesarias para guiar el desarrollo integral de la localidad, abordando aspectos cruciales como el desarrollo económico, social, ambiental, cultural e infraestructural. En el caso específico del municipio de Sotaquirá, la carencia de una cobertura eléctrica adecuada en sus áreas rurales emerge como un desafío significativo que impacta negativamente en la calidad de vida y las oportunidades de progreso de sus habitantes.

Esta situación, identificada y abordada en su Plan de Desarrollo Territorial subraya la urgencia de encontrar soluciones innovadoras y sostenibles que garanticen un suministro eléctrico confiable y accesible en todas las regiones, independientemente de su ubicación geográfica. La integración de energía renovable, especialmente a través de la instalación de paneles solares, no busca proporcionar acceso a la electricidad, sino que también tiene un impacto transformador en diversas áreas. En primer lugar, desde un punto de vista socioeconómico, la electrificación rural mediante energía solar impulsa la creación de microempresas locales, generando empleo y fomentando el desarrollo de capacidades técnicas dentro de la comunidad, lo que promueve la autogestión y el empoderamiento económico.

Por otro lado, Kreith (2001)³ menciona que, en términos de educación y salud, la disponibilidad de electricidad confiable proveniente de la energía solar facilita el acceso a servicios básicos, permitiendo la mejora de la calidad educativa a través de la implementación de centros educativos equipados con tecnología y acceso a internet. En cuanto al desarrollo agrícola la energía solar puede ser aprovechada para sistemas de riego, aumentando la

gestión del territorio de manera integral y sostenible.

² Raúl Puente Martínez, “planeación y gestión del desarrollo urbano y regional” (2007)

³ Frank Kreith, “principles of solar engineering” (2001), aborda aspectos fundamentales de la energía solar, incluyendo diversas aplicaciones y tecnologías asociadas para el beneficio de la comunidad

productividad agrícola y permitiendo la diversificación de cultivos, además de respaldar la implementación de tecnologías agrícolas modernas que optimizan los procesos y aumentan la eficiencia en la producción de alimentos.

Desde una perspectiva ambiental y climática, la adopción de energía renovable contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la disminución de la huella de carbono, además de mejorar la seguridad energética a largo plazo al disminuir la dependencia de combustibles fósiles, lo que promueve la resiliencia climática y el desarrollo sostenible.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El gobierno municipal de Sotaquirá elabora el Plan de Desarrollo Territorial con vigencia del año 2020-2023. Este plan otorga especial importancia a las energías renovables⁴, destacando su relevancia en la línea estratégica territorial “desarrollo de infraestructura productiva” (ítem 4.4) y específicamente en el apartado 4.4.6 denominado Energías Alternativas, que enfatiza la implementación de energías renovables como los paneles solares⁵. Además, en la línea estratégica número 24, el plan de desarrollo territorial articula con programas de la organización de las naciones unidas, el gobierno nacional, el gobierno departamental y Corpoboyacá, subrayando el pacto por la calidad y eficiencia de servicios públicos de agua y energía para promover la competitividad y el bienestar general y garantizar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas.

En continuidad con estos esfuerzos, el Plan de Desarrollo con vigencia del 2024-2027, enfatiza aún más la importancia de las energías renovables como parte de su estrategia para fomentar el desarrollo sostenible. Este plan se enmarca dentro de la estrategia “Tierra verde y biodiversa”, la cual busca integrar el uso de fuentes de energía limpias y sostenibles para reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar el cambio climático. Se espera que

⁴ Pérez Arriaga, “energía y medio ambiente: la solución nuclear” (2008), proporciona la energía renovable como aquella que proviene de fuentes naturales que se regeneran continuamente, como la energía solar, etc.

⁵ Richard Corkish, “solar electricity” (2014), dispositivo diseñado para capturar la energía del sol y convertirla en electricidad utilizable.

esta transición no solo promueva la competitividad y el bienestar general de la región, sino que también asegure el acceso a energías asequibles, fiables y modernas para todos los habitantes del municipio

En este contexto, detectaron una problemática en sectores específicos del corregimiento municipal, este problema está definido como “describir el alcance de la cobertura de energía eléctrica en la zona rural del municipio de sotaquirá”. La zona rural del municipio está compuesta por un total de 26 veredas, de las cuales 6 (Avendaño, Carrizal, Chonquirá, Espinal, Pueblo viejo y Sonsuca de viejos) son afectadas por esta dificultad. Por lo tanto, la magnitud del problema de las veredas que no cuentan con energía eléctrica es del 24%.

Por otro lado, el municipio cuenta con 2.423 viviendas de las cuales, alrededor de 122 viviendas se están viendo afectadas por la falta de energía eléctrica, estas viviendas están ubicadas en las diferentes veredas del municipio, que además no cuentan con las mejores condiciones topográficas lo que genera repercusión con respecto a la deficiente cobertura de energía, de acuerdo con el censo nacional de población y vivienda realizado por el DANE⁶ en el año 2018. Siendo esto una causa de gran magnitud, por tanto, el 5.3% de las viviendas presentan limitaciones al acceso de las redes de energía eléctrica.

La gestión en el municipio de Sotaquirá ha sido crucial en el incremento significativo de la problemática relacionada con el déficit de energía a lo largo de los años. La falta de inversión adecuada en infraestructura eléctrica ha resultado en un déficit de servicio eléctrico que afecta directamente al 8,16% de la población educativa, limitando sus oportunidades de desarrollo. Esta situación se agrava por los problemas generalizados de conectividad a internet en toda la región, exacerbados en las seis veredas más afectadas que carecen de acceso a energía eléctrica.

Como resultado, el 97,1% de la población de Sotaquirá enfrenta dificultades para acceder al

⁶ El DANE es la entidad encargada de recopilar, procesar, analizar y difundir información estadística oficial en Colombia, DANE - Inicio. (Dakota del Norte). Gobernador.co. Recuperado el 5 de junio de 2024 de <https://www.dane.gov.co/>

conocimiento tecnológico necesario para el aprendizaje y el desarrollo comunitario. Esta falta de acceso no solo afecta la educación, sino también la salud, al restringir el funcionamiento adecuado de equipos médicos y la conservación de medicamentos. Económicamente, la carencia de energía eléctrica dificulta el funcionamiento de negocios y la implementación de proyectos productivos, lo cual obstaculiza la atracción de inversiones y la creación de empleos en la región

Eventualmente lo antes descrito provoca a la vez complejidad al acceso tecnológico ya que no solo en las veredas afectadas hay problemas de conectividad a redes como internet, pues en otras zonas rurales también existe la falta de conectividad, que permiten y facilitan el conocimiento tecnológico de los habitantes de la región. Por consiguiente, se observa desaprovechamiento de oportunidades económicas dado que 43 productores de 338, es decir el 12% de ellos no pueden obtener beneficio de oportunidades económicas, ya que sin luz les es difícil utilizar equipos que apoyen y favorezcan su producción agropecuaria.

En consecuencia, la carencia de cobertura de energía eléctrica en las zonas rurales del municipio de Sotaquirá ocasiona retraso social, económico y productivo. Esto se debe a que la energía eléctrica es un servicio público básico al que toda sociedad debería acceder por derecho. Además, influye en la cobertura de las necesidades básicas y de desarrollo de las personas, promoviendo mejores condiciones de vida.

Para abordar esta problemática de manera efectiva, es crucial que el municipio de Sotaquirá revise y realice una gestión más efectiva de su presupuesto, priorizando la inversión en infraestructura eléctrica y tecnológica que permita mejorar la calidad de vida de sus habitantes y promover un desarrollo sostenible y equitativo en toda la comunidad

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta el municipio de Sotaquirá en cuanto a la cobertura de energía eléctrica en su zona rural?

3. JUSTIFICACIÓN

La energía es un factor primordial que impulsa el desarrollo económico, social y ambiental tanto en comunidades urbanas como rurales. En el contexto rural, la disponibilidad y la calidad de la energía eléctrica son críticas para mejorar la calidad de vida de los habitantes y para el desarrollo de infraestructuras básicas como salud, educación, comunicaciones y transporte. Un acceso adecuado a la energía eléctrica no solo facilita la prestación de servicios esenciales, sino que también promueve la inclusión económica la permitir el funcionamiento de pequeñas y medianas empresas, la adopción de tecnologías modernas y la creación de empleos locales.

Desde una perspectiva teórica, es esencial entender como la energía no solo es un servicio básico, sino también un facilitador del desarrollo humano y económico. La falta de acceso a la energía eléctrica limita las oportunidades de crecimiento y perpetúa la pobreza energética, afectando desproporcionadamente a las comunidades rurales que a menudo quedan marginadas de las inversiones en infraestructura energética. Además, es crucial explorar soluciones energéticas sostenibles que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y promuevan la resiliencia climática a nivel local.

Para alcanzar el objetivo de describir el alcance de la cobertura de energía eléctrica en la zona rural del municipio de Sotaquirá, se adoptará un enfoque metodológico multifacético que integre varias técnicas de recolección y análisis de datos. Se utilizarán tecnologías de mapeo satelital y sistemas de información geográfica para cartografiar la infraestructura eléctrica existente e identificar áreas con deficiencias de cobertura. Además, se llevarán a cabo inspecciones directas en terreno para evaluar la calidad de las conexiones eléctricas, la disponibilidad de servicios y las condiciones de acceso en las comunidades rurales específicas.

Se realizarán entrevistas estructuradas y consultas con líderes comunitarios, autoridades

locales y expertos en energía para recabar información cualitativa sobre las necesidades energéticas locales y las percepciones sobre el servicio actual. Este enfoque metodológico permitirá no solo recolectar datos precisos y detallados sobre la situación energética en Sotaquirá, sino también comprender las dinámicas locales, los desafíos específicos y las oportunidades potenciales para la implementación de mejoras en la infraestructura y la adopción de tecnologías energéticas renovables.

En términos aplicados, este estudio busca proporcionar información relevante y práctica que pueda ser utilizada por las autoridades locales, empresas energéticas y la comunidad en general para tomar decisiones informadas. Las recomendaciones y propuestas derivadas de este estudio pueden guiar la formulación de políticas públicas, la asignación de recursos y la implementación de proyectos orientados a mejorar la cobertura de energía eléctrica en las zonas rurales de Sotaquirá. Esto no solo beneficiará directamente a la población local al mejorar su calidad de vida y oportunidades económicas, sino que también contribuirá al desarrollo sostenible y al cumplimiento de metas ambientales a nivel regional y nacional.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Describir el alcance de la cobertura de energía eléctrica en la zona rural del municipio de Sotaquirá, puntualizando calidad y accesibilidad; además, proponer soluciones alternativas.

4.2. Objetivos Específicos

- a.** Identificar las zonas sin interconexión con ausencia de atención por parte de la empresa prestadora del servicio
- b.** Determinar la accesibilidad de las redes eléctricas existentes
- c.** Proponer soluciones viables y sostenibles en energías alternativas para complementar o sustituir la energía eléctrica convencional

5. IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS SIN INTERCONEXIÓN

El municipio de Sotaquirá, ubicado en la provincia de Ricaurte, en el departamento de Boyacá, Colombia, destaca por su variada geografía y abundantes recursos naturales. A unos 32 kilómetros al noroeste de Tunja, la capital departamental, este municipio se encuentra a una altitud media de aproximadamente 2,600 metros sobre el nivel del mar, lo que le otorga un clima templado.

Su topografía diversa abarca desde llanuras hasta majestuosas montañas en la cordillera oriental de los Andes, ofreciendo paisajes escénicos y valles fértiles irrigados por una red de ríos y quebradas. Estos recursos hídricos son esenciales para la agricultura y el suministro de agua potable.

Sotaquirá está geográficamente situado en el Departamento de Boyacá, en la provincia del centro, al noroeste de Tunja, a una distancia de aproximadamente 39 kilómetros. Se extiende sobre 288.65 km² con una altitud promedio de 2,680 metros sobre el nivel del mar y una temperatura media de 14 grados centígrados. Limita con los municipios de Tuta al este, Paipa al norte, Gámbita (Santander) al oeste y Cómbita al sur. Este municipio se compone de 26 veredas que incluyen Amézquita, Angostura, Avendaño, Bosiga, Carreño, Carrizal, Catoba, Cedro, Chonquirá, Cortadera Chiquita, Cortadera Grande, Espinal, Gaunza, Guaguani, Llano Grande, Monte de Vargas, Monterredondo, Moral, Pueblo Viejo, Salitre, Siatoca, Soconsuca de Blancos, Soconsuca de indios, Sotaquirá Rural, Tierra Negra.

La energía eléctrica es un recurso esencial para el desarrollo económico⁷ y social de cualquier comunidad. Sin embargo, el municipio está compuesto por un total de 26 veredas, de las cuales 6(Avendaño, Carrizal, Chonquirá, Espinal, Soconsuca de blancos, pueblo viejo) son afectadas por esta dificultad. Por lo tanto, la magnitud del problema de las veredas que no

⁷ Álvarez, J. C. P. (s/f). GUÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS Y APLICACIÓN DE LA RESOLUCIÓN CREG 030 DE 2018 PARA INYECTAR EXCEDENTES DE ENERGÍA A LA RED. Edu.co. Recuperado el 20 de junio de 2024, de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15377/1/PerezJuan_2019_GuiaDimensionamientoSistemas.pdf

cuentan con energía eléctrica es del 24%.

Por otro lado, el municipio cuenta con 2.423 viviendas de las cuales, alrededor de 122 viviendas enfrentan importantes desafíos debido a la falta de cobertura eléctrica. Esta situación no solo limita el acceso de los habitantes a servicios básicos, sino que también impide el progreso en áreas clave como la educación, la salud y la producción agropecuaria.

Cervantes, en su libro “Sistemas de distribución de energía eléctrica”⁸. En este contexto, la identificación eléctrica se convierte en una prioridad fundamental para diseñar e implementar soluciones efectivas. Este análisis busca proporcionar una visión detallada de las áreas rurales que carecen de acceso a la red eléctrica, incluyendo los hogares, escuelas y asociaciones de productores afectados.

Tabla 1. Distribución de la Extensión Territorial de Sotaquirá: Urbana y Rural

Municipio	Extensión urbana		Extensión rural		Extensión total	
	Extensión	porcentaje	Extensión	porcentaje	Extensión	porcentaje
SOTAQUIRA	0.3072km	0,11 %	277.1287km	99.89%	277.4359	100%

Fuente: sistema de información MPS-SISPRO

Para abordar de manera integral la falta de interconexión eléctrica, se realizará una identificación de las principales veredas afectadas.

5.1. Avendaño

La comunidad de la vereda Avendaño, ubicada en una zona alejada, enfrenta dificultades para mejorar las condiciones de vida de las familias y a las características topográficas y geográficas que la distancian del casco urbano, enfrenta serias limitaciones en cuanto a servicios básicos que afectan directamente la calidad de vida de sus habitantes. Con una población de aproximadamente 500 personas, la falta de energía eléctrica ha sido uno de los desafíos más significativo. Actualmente, la escuela local cuenta con una planta eléctrica la

⁸ Cervantes, JDJ. Sistemas de distribución de energía eléctrica. Core.ac.uk. Obtenido el 28 de mayo de 2024 de <https://core.ac.uk/download/pdf/48392416.pdf>

capacidad limitada que solo puede ser utilizada en ocasiones especiales para proporcionar iluminación.

Para abordar esta situación, la empresa de energía de Boyacá⁹ ha iniciado un proyecto crucial. Este proyecto implica la construcción de una red en media tensión que se extenderá desde la vereda de Siatoca hasta las cercanías de la escuela en el sector bajo de Avendaño. Esta iniciativa tiene como objetivo principal abastecer de electricidad a 88 de las 98 familias registradas en la comunidad, ya que solo 10 familias cuentan con ese servicio. Esto representa un avance significativo hacia la mejora de la calidad de vida y el desarrollo sostenible en Avendaño, proporcionando acceso regular y confiable a electricidad para actividades cotidianas, educativas y productivas.

La implementación de esta red eléctrica no solo beneficiará directamente a las familias residentes, sino que también potenciará el desarrollo económico local al facilitar la operación de pequeños negocios y mejorar las condiciones de trabajo en la agricultura y otras actividades productivas. Además, el acceso a energía eléctrica mejorará las condiciones de salud al permitir un mejor manejo de servicios médicos y sanitarios

5.2. Carrizal

La vereda de Carrizal, ubicada en una región apartada, con una baja densidad de población, enfrenta desafíos significativos en cuanto a la disponibilidad de servicios públicos, donde las viviendas están más dispersas y las comunidades son más pequeñas. En caso de Carrizal, con 152 habitantes distribuidos en 38 familias.

Debido a su aislamiento geográfico, la provisión de servicios básicos como agua potable, alcantarillado y recolección de residuos sólidos es limitada. Solo un reducido número de familias tiene acceso a estos servicios esenciales, lo que repercute negativamente en la calidad de vida de los habitantes.

En el ámbito del suministro de energía eléctrica, recientemente se ha logrado un avance significativo. De las 38 familias que residen en Carrizal la inscripción para recibir el servicio

⁹ EBSA puede desempeñar un papel crucial a través de servicios eléctricos confiables y el fomento de energía renovable, contribuyendo el crecimiento económico, social y ambiental de la región <https://www.ebsa.com.co/>

eléctrico, lo que representa aproximadamente el 74% de la población total. Esto significa que 10 familias, equivalentes al 26% de la población, aun no cuentan con acceso al servicio eléctrico. Las razones de esta falta de acceso varían entre la no solicitud de la conexión y las limitaciones económicas que impiden a algunas familias asumir los costos asociados.

La mejora en el suministro de energía eléctrica es un paso importante para la comunidad de carrizal, pero aún quedan desafíos por superar para garantizar que todos los habitantes puedan disfrutar de una calidad de vida digna y de acceso completo a los servicios públicos básicos. Es crucial continuar con los esfuerzos para ampliar la cobertura de los servicios de saneamiento y encontrar soluciones para que todas las familias puedan acceder a la electricidad, independientemente de sus limitaciones económicas.

5.3. Chonquirá

La vereda Chonquirá se encuentra entre aquellas que se benefician de los servicios proporcionados desde el casco urbano, especialmente en términos de expansión urbana y disponibilidad de servicios básicos. Esta vereda cuenta con una población total de aproximadamente 200 habitantes.

En los últimos años, ha habido esfuerzos significativos para mejorar la infraestructura y los servicios en Carrizal. Uno de los avances más notables ha sido en el suministro de energía eléctrica. La cobertura del servicio de energía eléctrica en esta zona alcanza el 65%, lo que significa que alrededor de 130 de sus habitantes tienen acceso a este servicio esencial.

Sin embargo, el 35% restantes de la población, aproximadamente 70 personas, aun no tiene acceso a la energía eléctrica. Las razones para esta falta de acceso varían: algunos habitantes no han solicitado la conexión, mientras que otros enfrentan limitaciones económicas que les impiden pagar por la instalación y el consumo del servicio.

La empresa de energía ha logrado una amplia cobertura en este sector, y continúa trabajando para llegar a todas las familias de la vereda. Este esfuerzo es crucial para mejorar la calidad de vida de los habitantes, ya que el acceso a la electricidad es fundamental para el desarrollo y el bienestar de la comunidad.

Además del suministro eléctrico, la expansión urbana también ha facilitado la mejora en otros servicios básicos como el agua potable y el saneamiento, aunque aún queda trabajo por hacer para alcanzar una cobertura completa en estos ámbitos. La mejora continua de la infraestructura y los servicios es esencial para asegurar que todos los habitantes de la vereda de carriza puedan disfrutar de una vida digna y confortable

5.4. Espinal y soconsuca de blancos

Considerando la proximidad geográfica y las similitudes en las características entre estas veredas y sus vecinas, se ha optado por analizarlas conjuntamente en el estudio de servicios básicos. La vereda de espinal y soconsuca de blancos, con una población de aproximadamente 200 habitantes, junto con otras veredas adyacentes, comparte muchas de las mismas necesidades y desafíos.

En lo que respecta al suministro de energía eléctrica, estas veredas se abastecen a través del sistema de Termo-Paipa. Este sistema ha sido una fuente esencial de energía para la región, permitiendo que aproximadamente el 60% de la población total tenga acceso a la electricidad. En números concretos, esto significa que alrededor de 120 habitantes de espinal y soconsuca de blancos cuentan con suministro eléctrico.

Sin embargo, a pesar de esta cobertura, un significativo 40% de los residentes de la vereda, aproximadamente 80 personas, experimentan deficiencias en el servicio de energía eléctrica. Estas deficiencias pueden manifestarse en forma de interrupciones frecuentes, baja calidad del suministro o inadecuada capacidad para satisfacer las necesidades de los hogares.

Las razones detrás de estas deficiencias varían. En algunos casos, las limitaciones económicas impiden a las familias realizar las conexiones necesarias o pagar por un servicio de calidad. En otros, la infraestructura existente no es suficiente para cubrir la demanda creciente, o la distancia y el difícil acceso a ciertas zonas complican la distribución eficiente de la electricidad.

El análisis conjunto de estas veredas es crucial para desarrollar estrategias más efectivas que aborden las necesidades de la comunidad en su totalidad. Mejorar la infraestructura eléctrica, aumentar la cobertura y asegurar la calidad del servicio son pasos esenciales para garantizar que todos los habitantes de estas veredas puedan disfrutar de los beneficios de la energía

eléctrica de manera confiable y sostenida. Además, es fundamental identificar y atender las causas específicas de las deficiencias del servicio¹⁰ para implementar soluciones duraderas que mejoren la calidad de vida de los residentes.

5.5. Pueblo viejo

La vereda de Pueblo Viejo, con una población de aproximadamente 120 habitantes, se caracteriza por sus condiciones topográficas accidentadas, lo que contribuye a una baja densidad de población. Esta vereda está principalmente compuesta por bosques y praderas destinadas al pastoreo de ganado, lo que define su economía y modo de vida. La disponibilidad de servicios básicos en pueblo viejo es mínima, siendo un desafío significativo para los residentes. En particular, el servicio de energía eléctrica es escaso. Actualmente, el 64% de los habitantes, es decir, alrededor de 77 personas, carecen de acceso al servicio de energía eléctrica. Esta carencia ha generado una demanda urgente para la electrificación de la zona, ya que la electricidad es fundamental para mejorar la calidad de vida y las oportunidades de desarrollo.

Es importante destacar que la falta de acceso al servicio eléctrico por parte de algunos usuarios no se debe a limitaciones en la capacidad instalada del sistema eléctrico local. Mas bien, la principal razón es la falta de solicitud del servicio por parte de los residentes. Esta situación puede estar influenciada por varios factores, incluyendo desconocimiento del proceso de solicitud, desinterés o prioridades diferentes entre la población, y barreras económicas que dificultan la formalización de la solicitud y la instalación del servicio.

A pesar de estos desafíos, la electrificación¹¹ de la vereda de Pueblo Viejo es una prioridad para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. La implementación de programas de sensibilización y apoyo económico podría facilitar el proceso de solicitud y conexión al servicio eléctrico, asegurando que más residentes puedan beneficiarse de esta infraestructura

¹⁰ El DANE

¹¹ Amartya Sen, argumenta que la electrificación rural no solo proporciona acceso servicios básicos como la iluminación y la calefacción, sino que también puede mejorar la productividad agrícola, facilitar el acceso a la educación y el desarrollo de pequeñas empresas y actividades económicas.

<https://acento.com.do/opinion/desarrollo-sostenible-en-amartya-sen-1-9204213.html>

esencial. Además, la mejora en el acceso a la electricidad podría impulsar el desarrollo económico de la vereda, permitiendo el uso de tecnologías que mejoren la productividad agrícola y la calidad de vida en general.

Según Fonseca (2000)¹², los programas de electrificación rural en Latinoamérica y Colombia se puede dividir cronológicamente en tres periodos históricos distintos. El primero ocurrió en la década de 1970, cuando el Estado tenía el control y la propiedad de los servicios públicos domiciliarios, y también implementó la cobertura del 15% al 40%. Estos programas tenían como objetivos mejorar la calidad de vida en las áreas rurales, promover el desarrollo agrícola, sustituir el uso de fuentes de energía costosas como el Diesel y el petróleo, reducir la migración hacia las ciudades y disminuir el consumo de leña.

Durante este periodo, las tarifas eléctricas estaban subsidiadas, especialmente beneficiando a los estratos socioeconómicos más bajos. Sin embargo, las empresas de energía eléctrica¹³ que proporcionaban conexiones en zonas con población dispersa experimentaron un aumento en sus costos internos, lo que eventualmente condujo a una crisis económica. Durante esta fase, las aplicaciones de energía solar fotovoltaica en áreas rurales eran limitadas, principalmente utilizadas para el bombeo de agua en pequeñas comunidades rurales.

En este tiempo se comienza a familiarizar con los sistemas solares y a probar su funcionamiento; estos llegan a las áreas rurales mediante donaciones y sin ningún plan de formación para los residentes locales; además, aquellos que reciben el servicio no se identifican como propietarios ni asumen responsabilidad sobre los sistemas, lo que podría resultar en el abandono de esta tecnología.

En la década de los años ochenta¹⁴, se desarrolla un segundo periodo marcado por una

¹² Fonseca, (2000), refleja la evolución en la forma que se ha abordado la electrificación rural en Latinoamérica y específicamente en Colombia, desde un enfoque inicialmente centralizado hasta un enfoque más inclusivo y sostenible que reconoce las necesidades y realidades de las comunidades rurales.
<http://www2.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/4generacion.pdf>

¹³ EBSA, puede realizar inversiones significativas en infraestructura y adoptar estrategias específicas para optimizar la eficiencia operativa y controlar los costos. <https://www.ebsa.com.co/>

¹⁴ Amory Lovins, aborda el tema de la industria eléctrica de los años ochenta donde fue un periodo de desafíos económicos y cambios en la industria energética, con la recesión económica mundial y el aumento en el precio

recesión económica mundial y un aumento en el precio del petróleo, lo que coincide con la crisis económica experimentada por las empresas proveedoras de servicios eléctricos. Esta crisis se manifestó en forma de inflación y aumentos en los costos de administración operación y mantenimiento de los sistemas, lo que resultó en a paralización de los proyectos de electrificación rural. Durante este tiempo, hubo una amplia difusión de los sistemas solares fotovoltaicos, y se llevaron a cabo análisis de la demanda en las áreas rurales. Se observó que las áreas sin conexión a la red eléctrica y con población dispersa requerían solo pequeñas cantidades de energía para uso doméstico, principalmente para la iluminación y electrodomésticos. Esta nueva perspectiva llevó a los comerciantes y empresarios de esta tecnología a capacitar a técnicos y usuarios, lo que permitió que la implementación de estos sistemas comenzar a recibir apoyo financiero inicial.

El tercer periodo corresponde a los años noventa: en línea con el modelo Neoliberal y el consenso de Washington como lo indica Vélez (2006)¹⁵, el estado inicia el proceso de privatización de los servicios públicos, especialmente el sector energético, mediante la promulgación de las leyes 142 y 143 de 1994 (Senado de la República de Colombia. 1994). las compañías energéticas privadas ingresan al país con el objetivo de obtener ganancias a través de la prestación del servicio. En este momento, la energía para las áreas rurales remotas y no conectadas a la red convencional no puede resolver los problemas energéticos. Además, a estas empresas no les interesa promover el uso de energías renovables en los países latinoamericanos, debido a las barreras económicas y políticas que enfrentan

Mas adelante, según lo indicado por Fonseca (2000)¹⁶, los servicios públicos de cuarta generación, basados en el capital social, se centrarán en las comunidades, las cuales, al

del petróleo ejerciendo presión sobre las empresas proveedoras de servicios eléctricos.
<https://energiaqueinova.com/es/publicacoes/amory-lovins-e-a-energia-do-futuro-mais-renovavel-e-mais-eficiente/>

¹⁵ Vélez, (2006), tuvo como objetivo mejorar la eficiencia, la calidad y la cobertura de los servicios eléctricos, así como fomentar la inversión privada en infraestructura energética.

http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-57&p_options=energética

¹⁶ Fonseca, (2000), fortalece las capacidades de las comunidades para gestionar los servicios públicos de manera efectiva, así como garantizar la equidad y la inclusión en la toma de decisiones y el acceso a los servicios.

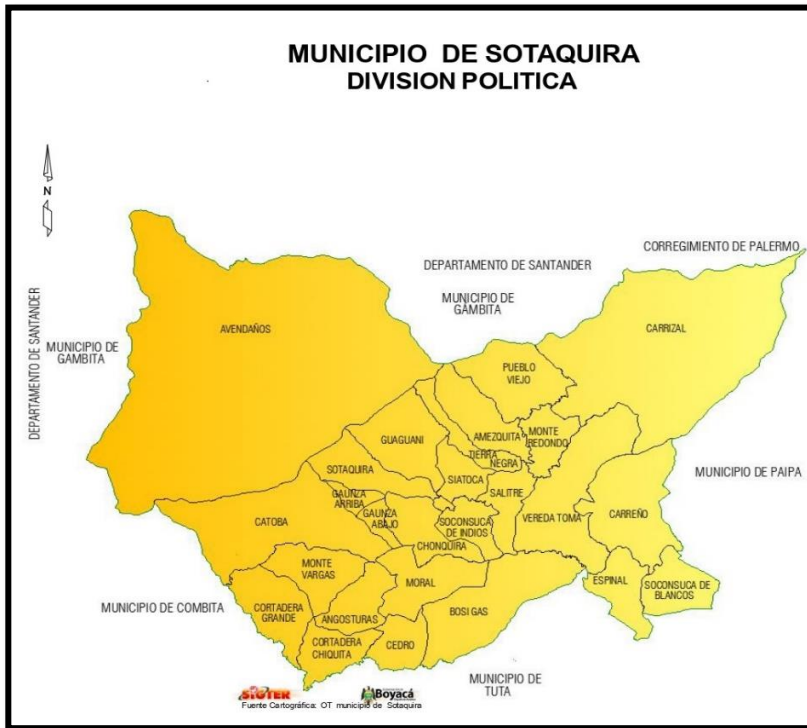
<http://www2.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/4generacion.pdf>

asociarse, serán tanto usuarios como propietarios de los servicios públicos domiciliarios. En el caso de la energía fotovoltaica, se planea establecer huertos solares equipados con paneles solares, baterías y reguladores propios, los cuales proporcionarán energía limpia a las comunidades. Además, se espera que se generen excedentes de energía eléctrica que puedan ser suministrados a la red nacional. Aunque existen precedentes y experiencias en países latinoamericanos, incluyendo Colombia según lo documentado por la unidad de planeación Minero-Energético (UPME), que demuestran que es posible impulsar el desarrollo rural a través de la energía solar

Mapa 1. Ubicación geográfica Sotaquirá



Fuente: http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=1970



Fuente: http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=1970

6. DETERMINAR LA ACCESIBILIDAD DE LAS REDES ELECTRICAS EXISTENTES

Para abordar de manera integral la accesibilidad a las redes eléctricas en las zonas rurales del municipio de sotaquirá, es crucial comprender la importancia de este servicio fundamental en la mejora de la calidad de vida y el desarrollo socioeconómico de las comunidades¹⁷. Las redes eléctricas no solo proporcionan acceso a la electricidad, sino que también son la columna vertebral de infraestructuras que permiten el funcionamiento de escuelas, centros de salud, y facilitan la implementación de proyectos agrícolas y empresariales.

La accesibilidad implica no solo determinar la presencia física de infraestructuras como postes, cables y subestaciones, sino también analizar su capacidad para satisfacer la demanda actual de electricidad. Esta evaluación se enfocará en identificar las áreas con deficiencias y proponer soluciones viables y sostenibles que garanticen un acceso equitativo y confiable a la

¹⁷ Muhammad Yunus, ha argumentado que la falta de acceso a servicios financieros, como créditos y ahorros, es uno de los principales obstáculos para el desarrollo económico de las comunidades rurales y que la promoción de la inclusión financiera puede ayudar a superar esta barrera. <https://www.cmfchile.cl/educa/621/w3-article-27485.html>

electricidad en todas la veredas y comunidades rurales de sotaquirá.

Este análisis es fundamental para diseñar intervenciones efectivas que promuevan un desarrollo inclusivo y sostenible, asegurando que ninguna comunidad quede rezagada en términos de acceso a servicios básicos y oportunidades de crecimiento

6.1. Redes de distribución eléctrica

En sotaquirá, las redes de distribución eléctrica son esenciales para transportar la electricidad desde las centrales generadoras hasta los consumidores finales en las comunidades rurales. Una de las principales centrales generadoras que abastece energía a esta región es la central Hidroeléctrica de Chivor, ubicada en el departamento de Boyacá. Esta red interconectada atraviesa áreas geográficas extensas y está compuesta por líneas de transmisión, postes y torres que soportan cables conductores. Actualmente, 20 veredas de Sotaquirá ya cuentan con distribución eléctrica: Amézquita, Angostura, Bosiga, Gaunza, Guaguani, Llano grade, Monte de Vargas, Monterredondo, Moral, Salitre, Siatoca, Soconsuca de indios, Sotaquirá rural y Tierra negra. No obstante, seis veredas que fueron mencionadas anteriormente, aun no disponen de este servicio, lo que representa una limitación significativa para su desarrollo y acceso a las comodidades modernas que proporciona la electricidad

6.2. Subestaciones eléctricas

En Sotaquirá, la infraestructura de subestaciones eléctricas desempeña un papel crucial en la transformación y distribución de la electricidad para satisfacer las necesidades locales. La subestación principal del municipio actúa como un nodo central dentro del sistema de distribución eléctrica, desde donde se gestiona y controla el flujo de energía hacia aproximadamente 20 veredas conectadas.

Una de estas veredas beneficiadas es Monte de Vargas, donde se encuentra ubicada esta subestación principal. Desde aquí, la electricidad se transforma de alta a baja tensión antes de ser distribuida a los consumidores finales en las diversas comunidades rurales de sotaquirá.

Estas subestaciones no solo facilitan la transformación de la electricidad para adaptarla a los diferentes voltajes requeridos, sino que también están equipadas con avanzados dispositivos de control y protección. Estos dispositivos monitorean constantemente el estado de la red

eléctrica, regulan el flujo de energía y protegen el sistema contra sobrecargas y fallas, asegurando así un suministro eléctrico seguro, confiable y eficiente para todos los habitantes del municipio.

6.3. Postes y cables

los postes y cables constituyen la infraestructura clave de la red de distribución eléctrica en las zonas rurales. Estos elementos, ya sean de madera o cemento, son esenciales para sostener los cables conductores que llevan la electricidad desde las subestaciones hasta las viviendas, granjas y negocios dispersos por las 20 veredas del municipio. La extensión de 277.1287 km representa la superficie total de la población rural en la zona de Sotaquirá. Se estima que cada vereda suma aproximadamente 400 postes de madera y 200 postes de cemento en total. Estos postes están diseñados para resistir condiciones climáticas adversas y asegurar un suministro eléctrico confiable a lo largo de distancias significativas en el entorno rural de Sotaquirá.

6.4. Medidores eléctricos

En Sotaquirá, los medidores eléctricos instalados en cada propiedad juegan un papel crucial en la gestión del consumo de electricidad. Estos dispositivos permiten a las empresas de servicios eléctricos registrar con precisión la cantidad de electricidad consumida por cada usuario, facilitando así el cálculo preciso de las facturas correspondientes. Esta información es fundamental para ajustar la planificación y expansión de la infraestructura eléctrica, adaptándose a los patrones de consumo de residentes y negocios rurales en las 20 veredas del municipio. Entre las veredas que tienen estos medidores y que en conjunto consumen 247.775 kWh anuales se encuentran: Amézquita, Angostura, Bosiga, Gaunza, Guaguani, Llano grade, Monte de Vargas, Monterredondo, Moral, Salitre, Siatoca, Soconsuca de indios, Sotaquirá rural y Tierra negra. Este sistema de medición contribuye significativamente a asegurar un suministro eléctrico eficiente y confiable para todas estas comunidades rurales

7. SOLUCIONES DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Para abordar los desafíos energéticos en comunidades como Avendaño, Carrizal, Chonquirá, Espinal, Pueblo Viejo y Soconsuca de Blancos, 2 escuelas rurales¹⁸ y 3 asociaciones de agricultores, donde actualmente no hay servicio eléctrico, es crucial desarrollar soluciones en energías alternativas. Estas soluciones no solo buscan complementar, sino también sustituir la energía eléctrica convencional¹⁹, que en muchos lugares enfrenta limitaciones de acceso y sostenibilidad ambiental. La transición hacia energías renovables como la solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa, y otras formas de generación limpia²⁰ no solo promueve la independencia energética y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también fomenta la innovación tecnológica y crea oportunidades económicas²¹. En este contexto, explorar y proponer estas soluciones no solo es una necesidad imperiosa, sino una oportunidad para promover un desarrollo sostenible y equitativo a nivel local y global. Las organizaciones dedicadas al desarrollo comunitario²² pueden actuar como facilitadoras en la coordinación y gestión de estas alianzas, asegurando que las necesidades de las escuelas rurales se alineen con los recursos y oportunidades ofrecidos por las instituciones educativas y las empresas²³. Estas organizaciones también pueden proporcionar apoyo logístico y

¹⁸ Amory Lovins, ha destacado como la instalación de sistemas fotovoltaicos en escuelas rurales puede proporcionar un suministro eléctrico confiable y sostenible, lo que mejora significativamente las condiciones de estudio. Al garantizar un acceso continuo a la electricidad, se crea un entorno propicio para el aprendizaje y se facilita la utilización de tecnologías educativas modernas

¹⁹ La energía eléctrica convencional se refiere a la electricidad generada principalmente a través de fuentes tradicionales como la energía térmica, obtenida mediante la quema de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural en centrales térmicas, así como la energía nuclear, producida por la fisión nuclear en reactores nucleares. Estas formas de generación eléctrica son ampliamente utilizadas a nivel mundial, pero enfrentan desafíos significativos relacionados con la disponibilidad limitada de recursos fósiles, las emisiones de gases de efecto invernadero y las preocupaciones sobre la seguridad y los residuos nucleares.

²⁰ Jeremy Rifkin, “la tercera revolución industrial”, se refiere a la energía limpia como aquella que proviene de fuentes que no emiten contaminantes ni gases de efecto invernadero, lo que la hace más amigable con el medio ambiente y menos perjudicial para la salud humana. <https://doi.org/10.22201/ij.24484873e.2017.150.11847>

²¹ Michael J. Padilla, discute la importancia de la innovación tecnológica y crear oportunidades económicas, incluida la energía solar. El aboga por programas especializados diseñados para instruir a los profesores sobre los conceptos fundamentales y las aplicaciones prácticas de la energía solar, con el fin de dotarlos de las herramientas necesarias para integrar efectivamente este tema en su enseñanza. <https://www.redalyc.org/pdf/447/44718060022.pdf>

²² Robert Putnam, explora cómo la participación cívica y el capital social influyen en el desarrollo de las comunidades. Argumenta que la participación activa en organizaciones cívicas, grupos religiosos, asociaciones vecinales y otras formas de vida comunitaria son fundamentales para promover el desarrollo económico, social y político en una sociedad. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11028415005>

²³ Robert Chambers, aborda la importancia de involucrar a las comunidades en el proceso de desarrollo y promueve la idea de que las organizaciones comunitarias pueden desempeñar un papel crucial como facilitadoras en la coordinación de recursos y oportunidades para abordar las necesidades locales.

administrativo para la implementación de proyectos de energía solar en las escuelas.

Las alianzas con instituciones y empresas representan una estrategia efectiva para enriquecer la oferta educativa sobre energía solar en las escuelas rurales. Esta colaboración permite aprovechar conocimientos especializados, recursos técnicos y financieros, y experiencias prácticas que benefician tanto a los estudiantes como a las comunidades rurales en su conjunto.

La energía solar en agricultores y empresas rurales²⁴ representa una estrategia clave para mejorar la resiliencia financiera de los agricultores y pequeñas empresas rurales. Esta iniciativa busca introducir la energía solar como una nueva fuente de ingresos complementaria a las actividades agrícolas²⁵ tradicionales.

En primer lugar, la promoción de la energía solar como una nueva fuente de ingresos implica educar a los agricultores y empresarios rurales sobre los beneficios económicos y ambientales de la tecnología solar. Esto incluye destacar la capacidad de la energía solar para reducir los costos de energía a largo plazo, proporcionar ingresos adicionales a través de la venta de energía excedente a la red eléctrica y diversificar las fuentes de ingresos en periodos de bajos rendimientos agrícolas.

Además, se pueden ofrecer incentivos financieros y programas de financiamiento para facilitar la inversión en sistemas solares. Esto puede incluir subvenciones gubernamentales, préstamos a bajo interés o programas de leasing²⁶ que permitan a los agricultores y pequeñas empresas acceder a la tecnología solar con un menor costo inicial.

Asimismo, la promoción de la energía solar como una nueva fuente de ingresos puede implicar el desarrollo de modelos de negocio innovadores. Por ejemplo, los agricultores

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422008000200010

²⁴ Amory Lovins, ha destacado como la adopción de tecnologías solares, como paneles fotovoltaicos y sistemas de energía solar térmica, puede ofrecer oportunidades de diversificación económica para agricultores y empresa rurales. Al generar su propia electricidad a partir de fuentes solares, los agricultores pueden reducir sus costos operativos y aumentar su resiliencia frente a los cambios en los precios de los combustibles fósiles

²⁵ Amory Lovins, ha discutido como la adopción de tecnologías fotovoltaicas pueden optimizar varios aspectos de la actividad agrícola para mejorar la eficiencia y la producción

²⁶ Paul Gipe, ha destacado como los programas leasing pueden ser una herramienta efectiva para superar las barreras financieras y facilitar la adopción de energía renovable, especialmente para aquellos que no pueden pagar el costo inicial de compra de los equipos. <https://wind-works.org/>

pueden diversificar sus actividades mediante la instalación de paneles solares en sus tierras y alquilar el espacio empresas de energía solar o participar en programas de energía solar comunitaria donde los residentes locales pueden invertir en proyectos solares compartidos.

Además, las pequeñas empresas rurales pueden aprovechar la tecnología solar para reducir sus costos operativos y aumentar su competitividad en el mercado. Por ejemplo, pueden utilizar sistemas solares para alimentar equipos de producción, iluminación y sistemas de refrigeración, lo que les permite reducir su dependencia de los combustibles fósiles y mejorar su rentabilidad a largo plazo. La promoción de la adopción de energía solar como una nueva fuente de ingresos para agricultores y pequeñas empresas rurales es una estrategia efectiva para fomentar la diversificación económica y mejorar la resiliencia financiera en las áreas rurales. Al aprovechar el potencial de la energía solar, se pueden crear nuevas oportunidades de ingresos, reducir los costos operativos y promover el desarrollo económico sostenible en el campo

El autor Jeremy Rifkin²⁷, en su libro la tercera revolución industrial describe la energía alternativa y la creación de variables para su implementación constituyen un enfoque estratégico para abordar los desafíos energéticos actuales y avanzar hacia un futuro más sostenible.²⁸ Este proceso implica la identificación y la evaluación de diversas opciones de la energía alternativa disponibles, como la solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa, se debe considerar factores como la disponibilidad de recursos naturales, la viabilidad técnica, la rentabilidad económica y el impacto ambiental de cada opción. A continuación, se describe cada tipo de energía alternativa y se identifican las más óptimas para terrenos húmedos.

²⁷ Jeremy Rifkin, “la tercera revolución industrial”, se refiere a la energía limpia como aquella que proviene de fuentes que no emiten contaminantes ni gases de efecto invernadero, lo que la hace más amigable con el medio ambiente y menos perjudicial para la salud humana. <https://doi.org/10.22201/ij.24484873e.2017.150.11847>

²⁸ Jeremy Rifkin, sugiere que las energías renovables, al ser recursos abundantes y disponibles de manera distribuida, pueden descentralizar la producción de energía y democratizar el acceso a ella. Esta descentralización energética puede permitir que las comunidades locales generen su propia energía y compartan los excedentes a través de redes inteligentes, creando así un modelo más resiliente y sostenible. <https://doi.org/10.22201/ij.24484873e.2017.150.11847>

7.1. Energía solar

En consecuencia, la energía solar como fuente alternativa de energía beneficiará significativamente a las 6 veredas rurales de Sotaquirá que carecen del servicio, dado el buen recurso solar disponible en la región. Según Boxwell²⁹, la energía solar es un dispositivo que convierte la energía solar en electricidad de corriente continua utilizando células solares fotovoltaicas. Estos paneles están compuestos por múltiples células solares conectadas entre sí y encapsuladas en una estructura protectora, generalmente de vidrio y aluminio. Boxwell destaca que los paneles solares son la piedra angular de los sistemas de energía solar fotovoltaica y son fundamentales para la generación de electricidad limpia y renovable a partir de la luz del sol.

En consecuencia, la energía solar como fuente alternativa implica cómo puede funcionar de manera efectiva para proporcionar energía a la población rural que carece de servicios eléctricos confiables. La energía solar se basa en la captación de la radiación solar mediante paneles solares, que convierten la luz del sol en electricidad mediante un proceso conocido como efecto fotovoltaico. Estos paneles solares están compuestos por células fotovoltaicas que contienen materiales semiconductores³⁰, como silicio, que generan corriente eléctrica cuando son expuestos a la luz solar.

La funcionalidad de la energía solar radica en su capacidad para generar electricidad de manera limpia y sostenible, utilizando una fuente de energía renovable y abundante como es la luz del sol. Los paneles solares pueden instalarse en techos de edificios, estructuras independientes o en el suelo, y pueden ser conectados a una red eléctrica o utilizados de forma autónoma en sistemas aislados.

En el contexto de la población rural que carece de servicios eléctricos, la energía solar ofrece varias ventajas significativas. En primero lugar, la abundancia de luz solar en áreas rurales

²⁹ Michael Boxwell, “Manual de electricidad solar” (edición 2012) <https://pdfcoffee.com/solar-electricity-handbook-boxwell-michaelpdf-pdf-free.html>

³⁰ Charles Kittel, discute como los semiconductores y el silicio pueden generar corriente eléctrica cuando se exponen a la luz en un fenómeno conocido como efecto fotovoltaico. Esto ocurre en dispositivos como los celulares solares, donde la luz excita los electrones en el semiconductor, generando una corriente eléctrica que puede ser aprovechada para alimentar dispositivos electrónicos o cargar baterías. <https://senate.universityofcalifornia.edu/in-memoriam/files/charles-kittel.html>

hace que esta tecnología sea especialmente viable y rentable. Además, al ser una fuente de energía renovable, la energía solar reduce la dependencia de combustibles fósiles³¹ y ayuda mitigar el cambio climático.

La energía solar en áreas rurales se puede adaptar según las necesidades específicas de cada comunidad. Por ejemplo, los sistemas solares domésticos pueden proporcionar iluminación y cargar dispositivos móviles en viviendas sin acceso a la red eléctrica. Las micro redes³² solares pueden abastecer de electricidad a comunidades enteras, permitiendo el funcionamiento de equipos agrícolas, bombas de agua y otros dispositivos eléctricos. Además, la energía solar puede combinada con sistemas de almacenamiento de energía, como baterías solares³³, para garantizar un suministro continuo de electricidad incluso durante la noche o en días nublados. Esto aumenta la fiabilidad y la autonomía de los sistemas solares en las áreas rurales. Por lo tanto, aunque la humedad puede afectar la eficiencia de los paneles solares, con las estructuras adecuadas y el mantenimiento regular, la energía solar puede ser una opción viable.

El uso de paneles solares³⁴ ofrece una fuente renovable y sostenible que puede ser implementada incluso en áreas remotas sin infraestructura eléctrica tradicional. Este estudio considerará la viabilidad de los paneles solares como una alternativa para proporcionar electricidad a los usuarios identificados, mejorando significativamente su calidad de vida y

³¹ Daniel Yergin, discute como los combustibles fósiles han sido la principal fuente de energía para la economía global durante mas de un siglo y como han impulsado el crecimiento económico y el desarrollo industrial en todo el mundo. Sin embargo, también señala los desafíos y problemas asociados con su uso, como la contaminación del aire y del agua, el cambio climático y la dependencia económica de los países productores de petróleo. <https://www.embajadaabierta.org/post/la-transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica-se-enfrenta-a-la-realidad-por-daniel-yergin>

³² Farooq Saeed, define las microredes como sistemas eléctricos locales que integran fuentes de energía renovable, como la solar, eólica o hidroeléctrica, junto con tecnologías de almacenamiento de energía y sistemas de gestión de carga. Estos sistemas pueden operar de forma independiente o estar conectados a la red principal, proporcionando así flexibilidad y resiliencia frente a cortes de energía y fluctuaciones en la demanda. https://www.researchgate.net/publication/224651702_Battery_storage_systems_in_electric_power_systems

³³ Richard Komp, describe como las baterías solares, también conocidas como bancos de baterías o sistemas de almacenamiento de energía, son utilizadas en sistemas fotovoltaicas para almacenar el exceso de energía producida durante el día para su uso durante la noche o en momentos de baja generación solar. <https://www.sunsupplyco.com/la-historia-de-la-energia-solar/>

³⁴ Michael Boxwell, "Manual de electricidad solar" (edición 2012). Un panel solar es un dispositivo que convierte la energía solar en electricidad de corriente continua utilizando células solares fotovoltaicas <https://pdfcoffee.com/solar-electricity-handbook-boxwell-michaelpdf-pdf-free.html>

oportunidades de desarrollo. Al considerar la implementación de soluciones innovadoras como los paneles solares, se busca mejorar la calidad de vida de los habitantes y fomentar un desarrollo equitativo y sostenible en la región.

Para abordar de manera integral la falta de interconexión eléctrica, se realizará una identificación de los principales usuarios afectados. Para llevar a cabo la instalación de paneles solares es indispensable determinar cuántos kWh y cuantos paneles solares se requieren anualmente para un hogar, una escuela y una asociación de agricultores

Tabla 2. demanda anual de Energía y Paneles Solares para diferentes usos

Usuarios	kWh demandados por un año	Cantidad de paneles requeridos
1 hogar	1884 kWh	1 panel
1 escuela rural	475,2 kWh	1 panel
1 asociación de agricultores	5652 kWh	4 paneles

Fuente: (2020, 11 de mayo). *Manual de electricidad solar - boxwell, Michael*

La planificación adecuada de esta intervención requiere una comprensión precisa de la demanda energética de los diferentes usuarios afectados. Por lo tanto, es fundamental determinar la cantidad de paneles solares necesarios para cubrir la demanda de energía eléctrica de los hogares, las escuelas y las asociaciones de agricultores. Este análisis no solo permitirá una instalación eficiente y efectiva de los sistemas solares, sino que también garantizará que las necesidades energéticas de la comunidad sean satisfechas de manera sostenible.

A continuación, se presenta un estudio detallado sobre la cantidad de paneles solares requeridos para cubrir la demanda energética de estos tres tipos de usuarios en las zonas rurales de Sotaquirá, con el fin de satisfacer la demanda combinada de energía eléctrica, estimada en 247.775 kWh anuales

Tabla 3 Cantidad de paneles necesarios para cubrir la demanda de energía eléctrica

Usuarios	kWh demandados por un año	Cantidad de paneles requeridos
122 hogares	229848 kWh	122 paneles
2 escuelas	951 kWh	2 paneles
3 asociaciones	16956 kWh	12 paneles
TOTAL=	247.775 kWh	136 paneles

Fuente: (2020, 11 de mayo). *Manual de electricidad solar - boxwell, Michael*

a. Parámetros para la instalación de paneles solares

La importancia de establecer parámetros³⁵ adecuados para la instalación de paneles solares en casa radica en garantizar la eficacia, seguridad y rentabilidad de este sistema de energía renovable. Estos parámetros comprenden una variedad de consideraciones técnicas, financieras y estructurales que son fundamentales para el éxito y la sostenibilidad a largo plazo de la instalación solar.

- **Evaluación del sitio**

Para la instalación óptima de paneles solares, es fundamental considerar varios factores: la orientación e inclinación del techo, la presencia de sombras y la robustez de la estructura del techo. Idealmente, los paneles solares deben orientarse hacia el sur (en el hemisferio norte) o hacia el norte (en el hemisferio sur) y tener una inclinación que maximice la exposición al sol durante todo el año, siendo la inclinación óptima cercana a la latitud del lugar. Es esencial evaluar la presencia de sombras de árboles, edificios u otras estructuras que puedan reducir la eficiencia de los paneles, minimizando la sombra durante las horas pico de sol (10am – 4pm). Además, la estructura del techo debe ser suficientemente robusta para soportar el peso de los paneles solares y el sistema de montaje

- **Condiciones climáticas**

La cantidad de horas de sol al año en la ubicación es crucial para determinar la eficiencia y el

³⁵ John Wiles, “sistemas de energía fotovoltaica y el código eléctrico nacional, prácticas y recomendación” ha contribuido a la elaboración de guías y manuales técnicos que proporcionan parámetros y directrices para la instalación segura y eficiente de paneles solares, <https://www.altestore.com>

tamaño del sistema, ya que se prefieren zonas con alta irradiación solar. Además, las temperaturas extremas pueden afectar la eficiencia de los paneles, por lo que se debe considerar la capacidad de los paneles para operar eficientemente en el rango de temperaturas locales

- **Regulaciones y permisos**

Para la instalación de paneles solares, es esencial cumplir con los códigos de construcción locales y nacionales, que pueden incluir requisitos específicos para la instalación. Además, es necesario obtener los permisos correspondientes del municipio o de la autoridad local antes de comenzar la instalación.

- **Selección de equipos**

Para instalar un sistema de energía solar eficiente en el hogar, es crucial seleccionar el tipo adecuado de paneles solares: ya sea monocristalinos, policristalinos o de película delgada, basándose en consideraciones de eficiencia energética, costos y el espacio disponible para la instalación. Además, es esencial elegir inversores que puedan convertir la corriente continua producida por los paneles en corriente alterna utilizada en el hogar. Para aquellos interesados en maximizar la autonomía energética, se podría considerar la inclusión de baterías de almacenamiento, lo cual permite aprovechar la electricidad generada durante la noche o en días nublados, asegurando un suministro constante y eficiente de energía solar.

- **Instalación y mantenimiento**

Para garantizar el óptimo funcionamiento y la durabilidad de un sistema solar residencial, es fundamental contratar instaladores certificados y con experiencia en energía solar. Estos profesionales no solo aseguran una instalación adecuada, sino también un conocimiento profundo de las mejores prácticas y estándares de seguridad. Además, establecer un plan de mantenimiento regular es crucial para mantener la eficiencia del sistema a lo largo del tiempo. Este plan incluye actividades como la limpieza periódica de los paneles solares para maximizar la captación de luz solar, así como la revisión regular de la integridad y funcionamiento general del sistema para detectar y abordar cualquier problema potencial antes de que afecte su rendimiento.

- **Seguridad**

Para garantizar la seguridad y funcionalidad de los sistemas de montaje, es crucial asegurarse de que puedan soportar condiciones climáticas adversas sin comprometer la estabilidad.

Además, es fundamental integrar mecanismos de desconexión que permitan la desconexión rápida y segura del sistema en situaciones de emergencia o durante operaciones de mantenimiento, asegurando así la protección tanto de las personas como del equipo involucrado.

Una planificación meticulosa y una ejecución cuidadosa de cada uno de estos parámetros son cruciales para el éxito de la instalación de paneles solares en una zona residencial. Al hacerlo, los propietarios no solo contribuyen a la sostenibilidad ambiental, sino que también pueden beneficiarse de ahorros significativos en sus facturas eléctricas y una mayor independencia energética.

7.2. Energía Eólica

En consecuencia, la energía eólica como fuente alternativa de energía beneficiará significativamente a las 6 veredas rurales de Sotaquirá, dado los buenos recursos eólicos disponibles en la región. El estudio detallado de la energía eólica como fuente alternativa implica comprender en que consiste esta tecnología y cómo puede funcionar de manera efectiva para proporcionar energía a la población rural que carece de servicios eléctricos confiables.

La energía eólica se basa en la captación de la energía cinética del viento mediante aerogeneradores, también conocidos como turbinas eólicas. Estos dispositivos consisten en grandes hélices o palas montadas en torres altas, que giran con el viento y accionan un generador eléctrico para producir electricidad.

La funcionalidad de la energía eólica radica en su capacidad para convertir la energía cinética del viento en electricidad de manera limpia y sostenible. Cuando el viento hace girar las palas de la turbina, se genera una fuerza mecánica que impulsa un generador eléctrico, produciendo corriente eléctrica que puede ser utilizada para abastecer de energía a comunidades rurales. En el contexto de la población rural que carece de servicios eléctricos, la energía eólica ofrece varias ventajas significativas. En primer lugar, la abundancia de viento en áreas rurales hace que esta tecnología sea especialmente viable y rentable. Además, al ser una fuente de energía renovable, la energía eólica reduce la dependencia de combustibles fósiles y ayuda a mitigar

el cambio climático.

La funcionalidad de la energía eólica³⁶ en áreas rurales se puede adaptar según las necesidades específicas de cada comunidad. Por ejemplo, las turbinas eólicas pueden instalarse en tierra o en el mar, en sistemas aislados o conectados a la red eléctrica, dependiendo de los recursos disponibles y las condiciones locales.

Las granjas eólicas pueden abastecer de electricidad a comunidades enteras, proporcionando una fuente confiable de energía para iluminación, calefacción, refrigeración y otras necesidades energéticas. Además, la energía eólica puede ser combinada con sistemas de almacenamiento de energía, como baterías, para garantizar un suministro continuo de electricidad incluso cuando el viento no está soplando.

La energía eólica ofrece una solución viable y sostenible para satisfacer las necesidades energéticas de la población rural que carece de servicios eléctricos. Su funcionalidad se basa en la captación de la energía cinética del viento mediante turbinas eólicas para generar electricidad de manera limpia y confiable, promoviendo el desarrollo socioeconómico y mejorando la calidad de vida en áreas rurales marginadas

7.3. Hidroeléctrica

La implementación de la energía hidroeléctrica como fuente alternativa de energía beneficiara significativamente a las 6 veredas rurales. La energía hidroeléctrica se basa en la captación de la energía cinética del agua en movimiento, generalmente a través de la construcción de presas y embalses en ríos y arroyos. El agua almacenada en el embalse se libera a través de turbinas hidráulicas, lo que genera movimiento y acciona un generador eléctrico para producir electricidad.

La funcionalidad de la energía hidroeléctrica³⁷ radica en su capacidad para convertir la

³⁶ Paul Gipe: Autor de varios libros sobre energía eólica, incluyendo "Wind Energy Basics" y "Wind Power: Renewable Energy for Home, Farm, and Business". Gipe es conocido por su enfoque en la energía eólica a pequeña y gran escala.

³⁷ El autor Daniel Yergin: en su libro "The Quest: Energy, Security, and the Remaking of the Modern World", Yergin explora diversas fuentes de energía, incluyendo la hidroeléctrica, y discute su funcionalidad y relevancia

energía potencial del agua en electricidad de manera limpia y sostenible. El flujo constante de agua a través de las turbinas permite una generación continua de electricidad, lo que la hace especialmente confiable y adecuada para su uso en áreas rurales.

En el contexto de la población rural que carece de servicios eléctricos, la energía hidroeléctrica ofrece varias ventajas significativas. En primer lugar, la disponibilidad de recursos hídricos en áreas rurales hace que esta tecnología sea especialmente viable y rentable. Además, al ser una fuente de energía renovable, la energía hidroeléctrica reduce la dependencia de combustibles fósiles y ayuda a mitigar el cambio climático.

La funcionalidad de la energía hidroeléctrica en áreas rurales se puede adaptar según las necesidades específicas de cada comunidad. Por ejemplo, las micro centrales hidroeléctricas pueden construirse en arroyos o pequeños ríos para abastecer de electricidad a comunidades remotas. Además, las represas hidroeléctricas pueden proporcionar un suministro constante de electricidad a través de redes eléctricas interconectadas.

La energía hidroeléctrica³⁸ ofrece una solución viable y sostenible para satisfacer las necesidades energéticas de la población rural que carece de servicios eléctricos. Su funcionalidad se basa en la captación de la energía cinética³⁹ del agua en movimiento para generar electricidad de manera limpia y confiable, promoviendo el desarrollo socioeconómico y mejorando la calidad de vida en áreas rurales marginadas

7.4. Energía Biomasa

en el contexto energético global

³⁸ Bent Sørensen: En su libro "Renewable Energy: Physics, Engineering, Environmental Impacts, Economics & Planning", Sørensen dedica secciones a la energía hidroeléctrica, explicando su funcionamiento y su papel en la matriz energética.

³⁹ Raymond Serway, la energía cinética se refiere a la energía que posee un cuerpo debido a su movimiento. <http://www0.unsl.edu.ar/~cornette/FISICA/Fundamentos%20de%20f%C3%ADsica%20-%20Volumen%201%20-%20Serway%20&%20Vuille%20-%209ed.pdf>

El estudio detallado de la energía biomasa como fuente alternativa implica comprender en qué consiste esta tecnología y cómo puede operar de manera efectiva para proporcionar energía a partir de biomasa. Esta energía promete beneficiar significativamente a las 6 veredas rurales.

Las zonas húmedas suelen tener una alta producción de materia orgánica, lo que proporciona una fuente abundante de biomasa para la generación de energía.

La energía Biomasa es una forma de energía renovable que se obtiene a partir de la materia orgánica, como residuos agrícolas, forestales, desechos sólidos urbanos y estiércol. Esta materia orgánica, o Biomasa, puede ser transformada en energía útil a través de diversos procesos, como la combustión directa⁴⁰, la fermentación anaeróbica⁴¹, la gasificación y la conversión termoquímica⁴².

La Biomasa contiene energía almacenada que proviene de la energía solar capturada durante el proceso de fotosíntesis de las plantas. Esta energía solar es convertida en energía química⁴³ y almacenada en forma de carbono, hidrógeno y oxígeno en las plantas y otros organismos vivos. Al aprovechar esta Biomasa como fuente de energía, se puede generar calor, electricidad y biocombustibles líquidos⁴⁴. Por ejemplo, la Biomasa puede ser quemada directamente para producir calor en estufas, calderas o plantas de cogeneración.

En consecuencia, también puede ser utilizada en procesos de fermentación anaeróbica para producir biogás, principalmente metano y dióxido de carbono, que puede ser utilizado como combustibles en motores de generación eléctrico o vehículos. Además, la Biomasa puede ser

⁴⁰ John Heywood, se refiere a un proceso en el cual el combustible se quema directamente en la cámara de combustión de motor, sin la necesidad de un sistema de inyección previa al encendido.

https://www.iust.ac.ir/files/mech/ayatgh_c5664/files/internal_combustion_engines_heywood.pdf

⁴¹ Michael Madigan, indica que es un proceso metabólico en el que los microorganismos descomponen compuestos orgánicos en ausencia de oxígeno para obtener energía.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702015000200007

⁴² Robert C. Brown y Christian V. Stevens, la GASIFICACION es un proceso en el que la materia orgánica, como la biomasa o los residuos sólidos, se convierte en un gas combustible, conocido con gas de síntesis en un entorno controlado y en ausencia de oxígeno. TERMOQUIMICA, se refiere a un conjunto de procesos en los que la energía térmica se utiliza para transformar la composición molecular de una sustancia

⁴³ Julius Robert von Mayer en la década 1840, indica que la energía química se refiere a la energía almacenada en los enlaces químicos de las moléculas. Cuando ocurren reacciones químicas, se pueden liberar o absorber cantidades de energía. <https://www.cubaenergia.cu/abc-sobre-la-energia/108-contenido/242-robert-mayer>

⁴⁴ John Sheehan, se refiere a combustibles derivados de fuentes biológicas, como plantas o residuos orgánicos, que están en forma líquida y pueden ser utilizados para generar energía.

https://www.rapaluruway.org/sitio_1/transgenicos/Biocombustible/Etanol_Celulosa.html

sometida a procesos de conversión termoquímica, como la gasificación, para producir biocombustibles líquidos como el biodiesel y bioetanol.

Tabla 4. Implementación de Energías Renovables en Veredas Rurales:
Avendaño, Carrizal, Chonquirá, Espinal, Soconsuca de Blancos y Pueblo Viejo

Vereda	Energía recomendada	Razón	Potencial económico
Avendaño	Energía Solar	Avendaño tiene un alto nivel de radiación solar, propicio para paneles solares.	Reducción significativa de costos energéticos para residentes y comercios locales. Venta de excedentes de electricidad a la red.
Carrizal	Energía Hidroeléctrica	Cuenta con un río adecuado para generación hidroeléctrica.	Ingreso estable por la venta de electricidad a la red local y regional. Posibilidad de ecoturismo y educación ambiental en torno a la central hidroeléctrica.
Chonquirá	Energía Eólica	Topografía favorable para la instalación de aerogeneradores.	Venta de electricidad a la comunidad y municipio. Potencial para exportación de energía a otras regiones. Generación de empleo en mantenimiento y operación de parques eólicos.
Espinal	Energía Biomasa	Abundancia de recursos forestales y agrícolas para generar biomasa.	Venta de calor y electricidad a industrias locales. Generación de biocombustibles para la venta regional. Mejora de la calidad del suelo mediante la gestión sostenible de residuos agrícolas.
Soconsuca de Blancos	Energía Solar	Condiciones climáticas óptimas para captación solar.	Venta de electricidad a granjas y viviendas locales. Potencial para la instalación de sistemas de almacenamiento de energía y venta de servicios de estabilización de red.
Pueblo Viejo	Energía Hidroeléctrica	Ubicación cercana a una fuente hídrica adecuada.	Ingreso estable por la venta de electricidad a la red local y regional. Posibilidad de ecoturismo y actividades recreativas alrededor del embalse o río.



7.5. Presupuesto

En el contexto actual de transición hacia fuentes de energía más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, el desarrollo e implementación de tecnologías renovables juega un papel crucial. En este informe, exploraremos el presupuesto necesario para la instalación de cuatro importantes fuentes de energía renovable: biomasa, solar, hidroeléctrica y eólica. Para detalles específicos sobre cada una de las instalaciones, se recomienda consultar el Anexo 1 adjunto, donde se detallan los presupuestos desglosados para cada tipo de energía renovable mencionada.

7.6. Marco Normativo

La regulación del sector energético es fundamental para garantizar el acceso equitativo y sostenible a la energía eléctrica, especialmente en las zonas rurales. En el municipio de Sotaquirá, la implementación de soluciones energéticas, como los paneles solares, requiere un profundo conocimiento del marco normativo que regula estas actividades. Este marco normativo está compuesto por una serie de leyes y normas, que establecen los lineamientos y requisitos de calidad para la generación, distribución y uso de energía eléctrica.

El propósito de esta sección es proporcionar una visión clara y comprensiva de las normas y leyes relevantes que afectan la implementación de energías renovables en Sotaquirá. Al comprender estas regulaciones, las autoridades locales, las comunidades y los proveedores de servicios podrán garantizar que los proyectos de instalación de paneles solares cumplan con todos los requisitos legales, promoviendo así una transición energética que sea segura, eficiente y en conformidad con las normativas vigentes.

Ley 1715 de 2014

El congreso de Colombia decreta por medio de la ley 1715 del 13 de mayo de 2014⁴⁵ regula la integración de las energías renovables al sistema energético nacional que tiene por objeto "promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía,

⁴⁵ Diego Fernando Mejía, "Energía y medio ambiente: marco jurídico y políticas públicas en Colombia" (2016), es un experto en energía renovables y ha participado en numerosos estudios y publicaciones relacionadas con políticas energéticas en Colombia, es uno de los actores que podría mencionar la ley 1715 como parte de los esfuerzos legislativos para promover el uso de energías limpias y sostenibles en el país.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>

principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover e incentivar la gestión eficiente de la energía." Y su regulación está bajo la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (Modificado por el Art. 2 de la Ley 2099 de 2021)

Resolución 174 de 2021

El marco regulatorio establecido por la Resolución comisión de regulación de energía y gas (CREG) 174 de 2021⁴⁶, emitida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), se centra en los auto generadores a pequeña escala, específicamente aquellos clasificados como nivel de tensión uno (1), que operan con voltajes entre 100 y 1000 Voltios de tensión eléctrica. Estos sistemas están diseñados para la producción de energía eléctrica destinada principalmente al autoconsumo, es decir, para satisfacer las necesidades energéticas de una instalación o una propiedad sin la necesidad de depender completamente de la red eléctrica convencional.

La Resolución CREG 174 de 2021 establece criterios específicos para los auto generadores de menor escala, definidos por una capacidad de producción de energía eléctrica inferior a 1 megavatio (MW). Este límite de capacidad asegura que las instalaciones auto generadoras puedan operar de manera eficiente y efectiva dentro del contexto de autoconsumo, sin generar excedentes significativos que requieran inyección en la red eléctrica principal.

El marco regulatorio proporcionado por la CREG bajo esta resolución busca fomentar la adopción de tecnologías de generación distribuida y promover la autosuficiencia energética en los usuarios finales. Al facilitar la implementación de sistemas de energía renovable y eficiente a pequeña escala, se contribuye a la diversificación de la matriz energética, se reduce

⁴⁶ Alejandría - Resolución 174 de 2021 CREG. (s/f). Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Recuperado el 2 de julio de 2024, de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0174_2021.htm

la dependencia de combustibles fósiles y se promueve el uso responsable y sostenible de los recursos energéticos disponibles.

Normas Técnicas⁴⁷

Las normas técnicas son fundamentales en cualquier entorno laboral, en el contexto actual de transición hacia fuentes de energía más sostenibles, estas normativas proporcionan directrices detalladas y específicas que aseguran no solo la eficiencia operativa, sino también la seguridad tanto del personal como de las instalaciones.

- Norma NTC 5464 de 2010, que establece los requisitos de la Internacional Electrotécnica Comisión (IEC) para la calificación del diseño y la homologación de módulos fotovoltaicos de lámina delgada para uso terrestre con una operación de larga duración en ambientes exteriores
- Norma NTC 5899-1, de 2011 que especifica los requisitos de construcción de módulos fotovoltaicos
- Norma NTC 5899-2, de 2011 que establece los requisitos para las pruebas de estos.
- Norma NTC 6016 de 2013 regulador de carga, que define los requisitos de comportamiento y rendimiento de los controladores de carga de batería y toda las que apliquen para estos reguladores
- Norma NTC 5759 de 2010 acondicionadores de potencia, establece las pautas de medida de rendimiento de estos acondicionadores que convierten la corriente continua en tensión alterna
- Norma NTC 5287 de 2009 baterías, se suministra información necesaria referente a los requisitos de las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos, para verificar la eficiencia de las baterías
- Norma ISO 50001 "gestión de la energía"
- 14001 "sistemas de gestión medioambiental"
- 9001 "gestión de la calidad"

Estas normativas desempeñan un papel crucial al proporcionar un marco estructurado para

⁴⁷ Ministerio de Educación Nacional Republica de Colombia

que las instalaciones evalúen y prioricen la implementación de nuevas tecnologías de eficiencia energética⁴⁸. Al enfocarse en mejorar la eficiencia en el uso y consumo de energía, estas normas fomentan la transparencia y facilitan la comunicación sobre la gestión de recursos. Además, ofrecen beneficios tangibles para los trabajadores al promover condiciones más seguras y saludables durante el proceso de instalación de sistemas eléctricos.

La implementación de estas normativas busca reducir el impacto ambiental, incluyendo las emisiones de gases de efecto invernadero, sin comprometer las operaciones comerciales. Al contrario, se espera que esta adopción contribuya a aumentar la rentabilidad a largo plazo al optimizar los procesos y recursos energéticos. En última instancia, estas medidas representan un paso significativo hacia la sostenibilidad ambiental y económica, al tiempo que promueven la seguridad y el bienestar de los trabajadores involucrados en la instalación y gestión de sistemas energéticos

8. CARACTERIZACION DE LA ZONA

El municipio de Sotaquirá exhibe tres áreas claramente definidas: las llanuras o valles, las elevaciones y quebradas, y las tierras de páramo. El valle de Sotaquirá, la primera de ellas, se caracteriza por su formación fluvio lacustre, siendo la ganadería su principal actividad económica⁴⁹. Por otro lado, las regiones de elevaciones y quebradas presentan relieve variado y quebrado, donde la geomorfología no muestra una clara influencia del paisaje. En esta zona, la ganadería de doble propósito es predominante, intercalada con cultivos agrícolas como frutas de hoja caduca, papa, arveja, tomate de árbol, feijoa y cebada.

La región de alta de páramo conserva y vestigios de glaciación y alberga algunos bosques nativos y áreas de rastrojo que alguna vez fueron densos bosques, funcionando como importantes zonas de recarga hídrica. El municipio cuenta con una extensa red de cuerpos de agua, destacándose los ríos de piedras, ocusá, Sotaquirá y Vargas, así como tres lagunas de

⁴⁸ Amory Levins es un reconocido experto en energía y cofundador del instituto Rocky Mountain Institute, es una organización que se dedica a la promoción de soluciones sostenibles en el ámbito energético, Levins destaca la importancia de las políticas y regulaciones adecuadas para fomentar la adopción de tecnologías de eficiencia energética. <https://energiaqueinova.com/es/publicacoes/amory-lovins-e-a-energia-do-futuro-mais-renovavel-e-mais-eficiente/>

⁴⁹ Esquema ordenamiento territorial

origen glacial situadas a una altitud superior a los 3.400 metros sobre el nivel del mar. Esta área corresponde a llanuras incrustadas en las cimas de los Andes, incluyendo terrenos ondulados y laderas abruptas de las veredas de la cuenca del Río Chicamocha, así como el valle del río de piedras y Sotaquirá

8.1. Hidrografía⁵⁰

La red fluvial del municipio se compone de las cuencas de los ríos Suarez y la parte alta del río Chicamocha, los cuales se fusionan en el Departamento de Santander para formar el Río Sogamoso, que desemboca en el Río Magdalena. Contribuyendo a la cuenca del Río Suarez, el Río el Valle, originando en la laguna la colorada en el municipio de Cóbbita a 3500 metros sobre el nivel del mar, comienza como el Río verde y, al entrar en Sotaquirá, adopta el nombre de Río el Valle. Este Río recolecta una gran cantidad de agua del sector occidental del municipio, incluyendo las microcuencas del Río Valle, Río Avendaño y la quebrada Blanca, las cuales descargan sus aguas a lo largo de la Vereda Avendaños.

Posteriormente, se unen en el cañón del Río el Valle y continúan hacia el Municipio de Gámbita, donde se convierte en el Río Ubaza, atravesando los Municipios de Gámbita, Togui y San José de Pare antes de unirse al Río Suarez. En cuanto a la cuenca del río Chicamocha en el contexto de Sotaquirá, incluye las cuencas del Río de Piedras, Sotaquirá y diversos afluentes directos como las quebradas al Hatillo, las Águilas Malditas, el Arenal, el chiste y el Hatico

Mapa 2 Hidrografía, Municipio de Sotaquirá, Boyacá

⁵⁰ Esquema ordenamiento territorial



Fuente: <http://www.Sotaquirá-boyaca.gov.co>

8.2. Clima

El clima en Sotaquirá exhibe características semihúmedas, húmedas y frías con estacionalidades secas. El relieve es el factor primordial que influye en las fluctuaciones climáticas de la región. La temperatura promedio en el municipio oscila alrededor de los 14 grados Celsius, con un notorio descenso durante el mes de agosto.

8.3. Riesgos naturales y amenazas

El plan de ordenamiento territorial⁵¹ señala la presencia de riesgos de naturaleza humana, natural y geológica, los cuales representan un alto peligro para la salud pública y la integridad de la población, tanto en la zona urbana como en los asentamientos humanos.

Estas amenazas deben ser consideradas al elaborar estrategias de control y gestión destinadas a mitigar el impacto ambiental negativo, con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las personas directamente afectadas.

En cuanto a las amenazas naturales de geodinámica exógena, destacan aquellas causadas por la inestabilidad de las laderas, que se refieren a áreas susceptibles a movimientos de tierra y procesos de erosión acelerada. Estos eventos pueden ocurrir en la vereda Avendaños durante

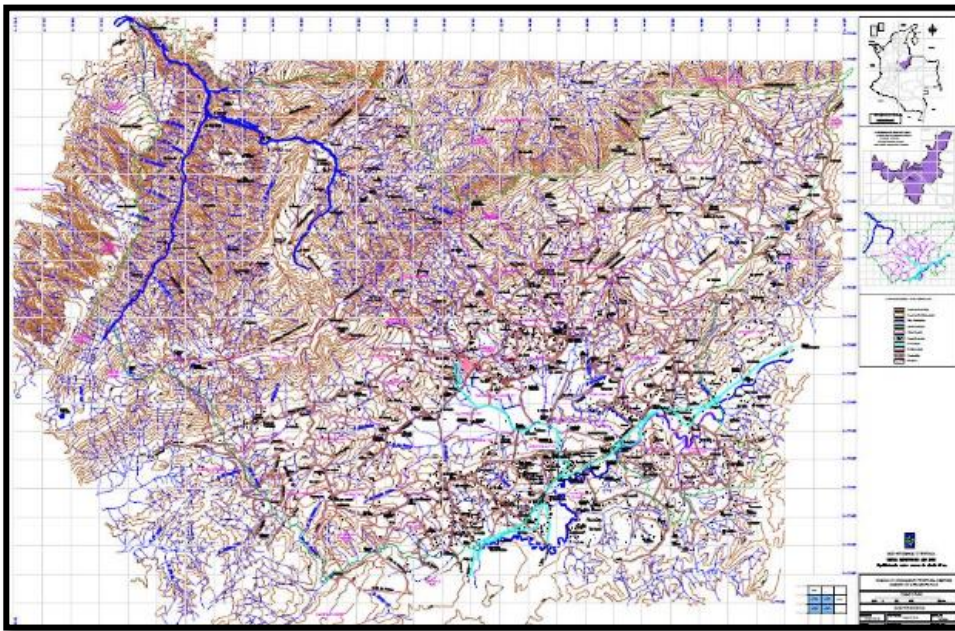
⁵¹ Diagnóstico de las áreas para conformación de un sistema de municipal en áreas protegidas (simap), en el municipio de sotaquirá

periodos de fuertes precipitaciones, cuando el suelo se vuelve más pesado debido a la expansión de las arcillas, provocando deslizamientos especialmente en los márgenes de los caminos de herradura que conducen a esta zona.

En la relación a las amenazas de origen natural, se destacan aquellas asociadas con fenómenos de remoción en masa, principalmente en áreas de ladera y de pequeña magnitud, como en la vereda Avendaños durante periodos de lluvias intensas. También se pueden presentar inundaciones en el valle cercano a los ríos Ocusa y Sotaquirá, así como en las áreas ribereñas del río Chicamocha debido a precipitaciones abundantes o a la apertura abrupta de la compuerta de la represa la copa.

Por otro lado, las amenazas de origen antrópico son causadas por la actividad humana, como la práctica de cultivos en áreas de páramo, que puede provocar incendios forestales durante la temporada de sequía, afectando principalmente las veredas Monterredondo, toma y Carrizal en años recientes.

Mapa 3. Zonas de riesgos, Municipio de Sotaquirá, Boyacá



Fuente: <http://www.Sotaquirá-boyaca.gov.co>



9. CONCLUSIONES

la investigación evidencia que la falta de cobertura de energía eléctrica en las zonas rurales del municipio de Sotaquirá ha resultado en un retraso significativo tanto en el desarrollo socioeconómico como en la calidad de vida de sus habitantes. La electricidad es esencial para satisfacer las necesidades básicas y fomentar el progreso de las comunidades rurales, mejorando su productividad y bienestar.

La implementación de proyectos de energía solar fotovoltaica se presenta como una solución viable para abordar estas deficiencias. La instalación de paneles solares en áreas sin conexión eléctrica no solo proporciona acceso a energía limpia y renovable, sino que también impulsa la diversificación económica, especialmente en el sector agrícola, al permitir el uso de sistemas de riego y otras aplicaciones productivas.

El estudio subraya la importancia de la capacitación técnica en energía solar como un componente clave para el éxito de estos proyectos. La formación adecuada no solo aumenta la empleabilidad local, sino que también asegura la sostenibilidad a largo plazo de las instalaciones solares mediante la gestión y el mantenimiento adecuados por parte de la comunidad.

Además, se destaca el papel fundamental de las microfinanzas para el desarrollo rural sostenible. El acceso a créditos y financiamiento facilita la inversión en tecnologías solares, empoderando a las comunidades locales y mejorando sus condiciones económicas

10. RECOMENDACIONES

- Fortalecer la participación comunitaria, es esencial promover la participación activa de la comunidad en todas las fases del proyecto, desde la planificación hasta la implementación y el mantenimiento. Esto se puede lograr mediante campañas de sensibilización, talleres educativos y la creación de comités comunitarios para la supervisión y gestión de los proyectos solares.
- Capacitación técnica, implementar programas de formación en energía solar dirigidos a los residentes locales para asegurar que posean las habilidades necesarias para

operar y mantener los sistemas solares. Esto no solo garantiza la sostenibilidad del proyecto, sino que también mejora las oportunidades laborales y el desarrollo profesional en la comunidad.

- Acceso a financiamiento, fomentar la creación de instituciones financieras locales o colaboraciones con organizaciones existentes para proporcionar microcréditos y financiamiento específico para proyectos de energía solar. Esto facilitará la inversión en tecnología solar y mejorará las condiciones económicas de las comunidades rurales.
- Integración en la infraestructura educativa, incorporar la energía solar en la infraestructura educativa local, incluyendo la capacitación de docentes y estudiantes en el uso y los beneficios de la energía solar. Esto no solo promoverá una educación más sostenible, sino que también creará una mayor conciencia sobre la importancia de las energías renovables desde una edad temprana.
- Monitoreo y evaluación, establecer mecanismos de seguimiento y evaluación para medir el impacto de los proyectos solares y realizar ajustes necesarios. Esto incluye la identificación y mitigación de riesgos operacionales y legales, asegurando el cumplimiento de las normativas y la gestión efectiva de los recursos.

Por ende, implementar estas recomendaciones contribuirá significativamente al desarrollo sostenible y a la mejora de la calidad de vida en las zonas rurales del municipio de Sotaquirá, promoviendo el uso de energías renovables y fortaleciendo la economía local.

11. REFERENCIAS

Alejandro - Resolución 174 de 2021 CREG. (s/f). Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG. Recuperado el 2 de julio de 2024, de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0174_2021.htm

(2022, 16 mayo). Alcalde implicado en ecocidio. Entreojo.co. <https://entreojo.co/alcalde-implicado-en-el-delito-de-ecocidio/>

(N.d.-b). Gov.Co. Retrieved May 29, 2024, from

https://www.minenergia.gov.co/documents/10443/4_Potencial_energ%C3%A9tico_subnacional_y_oportunidades_de_descarbonizaci%C3%B3n_en_uso_zIqm9dM.pdf

(N.d.-c). Cmfchile.Cl. Retrieved June 5, 2024, from <https://www.cmfchile.cl/educa/621/w3-article-27485.html>

(N.d.-c). Org.Mx. Retrieved May 29, 2024, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0041-86332017000301457

(N.d.-d). Edu.Ar. Retrieved June 5, 2024, from <https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/engov/20130827052932/engMAalCubillosEstenssoro.pdf>

(N.d.-e). Researchgate.net. Retrieved June 5, 2024, from

https://www.researchgate.net/publication/224651702_Battery_storage_systems_in_electric_power_systems

(N.d.-f). Edu.Ar. Retrieved June 5, 2024, from <http://www0.unsl.edu.ar/~cornette/FISICA/Fundamentos%20de%20f%C3%ADsica%20-%20Volumen%201%20-%20Serway%20&%20Vuille%20-%209ed.pdf>

(N.d.-g). Iust.Ac.Ir. Retrieved June 5, 2024, from https://www.iust.ac.ir/files/mech/ayatgh_c5664/files/internal_combustion_engines_heywood.pdf

(N.d.-h). Org.Co. Retrieved June 5, 2024, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702015000200007

Abierta, E. (2023, February 6). “La transición energética se enfrenta a la realidad”, por Daniel Yergin. Embajada Abierta.
<https://www.embajadaabierta.org/post/la-transici%C3%B3n-energ%C3%A9tica-se-enfrenta-a-la-realidad-por-daniel-yergin>

Biocombustibles: etanol producido de biomasa de celulosa, ni sustentable, ni ambientalmente benigno. (n.d.). Rapaluruaguay.org. Retrieved June 6, 2024, from https://www.rapaluruaguay.org/sitio_1/transgenicos/Biocombustible/Etanol_Celulosa.html

Boyacá, E. (2021, 8 octubre).

¿Qué es lo que pasa con el proyecto de producción de energía solar que se proyecta entre Paipa y Sotaquirá? EL DIARIO.
<https://periodicoeldiario.com/que-es-lo-que-pasa-con-el-proyecto-de-produccionde-energia-solar-que-se-proyecta-entre-paipa-y-sotaquir/>
Sanabria, P. M. (2022, 28 junio).

Brown, R. C. (2019). Thermochemical Processing of biomass: Conversion into fuels, chemicals and power. John Wiley & Sons
Carro, J. (sin fecha). Energía solar fotovoltaica . Appropedia, la Wiki de Sostenibilidad. Recuperado el 5 de junio de 2024 de
https://www.appropedia.org/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica

Cervantes, J. D. J. (n.d.). Sistemas de distribución de energía eléctrica. Core.ac.uk. Retrieved May 28, 2024, from
<https://core.ac.uk/download/pdf/48392416.pdf>

Climate Positive Outlook. (2023, March 2). Amory Lovins e a Energia do Futuro: Mais Renovável e Mais Eficiente. Energia que Inova.
<https://energiaqueinova.com/es/publicacoes/amory-lovins-e-a-energia-do-futuro-mais-renovavel-e-mais-eficiente/>
Corporación Autónoma Regional de Boyacá - Corpoboyacá . (28 de octubre de 2015). Corpoboyacá. <https://www.corpoboyaca.gov.co/>

CREG. Historia de la energía eléctrica en Colombia. Obtenida el 27 de Diciembre de 2010 de la pagina

http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-57&p_options=energética (década de los 80)

DANE - Inicio . (Dakota del Norte). Gobernador.co. Recuperado el 5 de junio de 2024 de <https://www.dane.gov.co/>

de Boyacá S. A ES P, E. de E. (nd). Empresa de Energía de Boyacá SA ESP . Empresa de Energía de Boyacá SA ESP Recuperado el 5 de junio de 2024, de <https://www.ebsa.com.co/>

Dependencia - Gobernación de Boyacá. (2019, January 24). Gobernación de Boyacá | Secretaría de Minas y Energía.

<https://www.boyaca.gov.co/secretariaminasenergia/>

EL TIEMPO, Cooperación energética acuerdan países de Suramérica, tras cumbre en Isla Margarita (Ven). 18 de Abril 2007.Sección

Economía.Obtenida el 26 de Diciembre de 2010www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS3518381

En zona rural de Sotaquirá (Boyacá), 40 familias viven sin luz, sin baños y sin vías para llegar al casco urbano. RCN Radio.

<https://www.rcnradio.com/colombia/region-central/en-zona-rural-de-sotaquiraboyaca-40-familias-viven-sin-luz-sin-banos-y-sin>

Espacial, 4. Componente Funcionamiento. (n.d.). ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL SOTAQUIRÁ - BOYACA. Edu.Co.

Retrieved May 28, 2024, from [https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/9951/3406-](https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/9951/3406-10.pdf?sequence=8&isAllowed=y)

[10.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/9951/3406-10.pdf?sequence=8&isAllowed=y)

FONSECA, Carlos. Hacia los servicios públicos de cuarta generación: las empresas de capital social. obtenida el 26 de Diciembre de 2010. En

<http://www2.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/4generacion.pdf>

Guest. (2020, May 11). Solar Electricity Handbook - boxwell, Michael.Pdf. Pdfcoffee.com. [https://pdfcoffee.com/solar-electricity-handbook-](https://pdfcoffee.com/solar-electricity-handbook-boxwell-michaelpdf-pdf-free.html)

[boxwell-michaelpdf-pdf-free.html](https://pdfcoffee.com/solar-electricity-handbook-boxwell-michaelpdf-pdf-free.html)

Hulett & associates. (n.d.). Projectrisk.com. Retrieved June 5, 2024, from <http://www.projectrisk.com/>

Invitado. (2020, 11 de mayo). Manual de electricidad solar - boxwell, Michael.Pdf . Pdfcoffee.com. [https://pdfcoffee.com/solar-electricity-](https://pdfcoffee.com/solar-electricity-handbook-boxwell-michaelpdf-pdf-free.html)

[handbook-boxwell-michaelpdf-pdf-free.html](https://pdfcoffee.com/solar-electricity-handbook-boxwell-michaelpdf-pdf-free.html)

Lastra Lastra, J. M. (2017). Rifkin, Jeremy, La Tercera Revolución Industrial. Boletín mexicano de derecho comparado, 1(150), 1457.

<https://doi.org/10.22201/ijj.24484873e.2017.150.11847>

Ley 1715 de 2014 - Gestor Normativo. (n.d.). Gov.co. Retrieved May 28, 2024, from

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

Ley 1715 de 2014 - Gestor Normativo. (n.d.). Gov.co. Retrieved May 28, 2024, from

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

Matthias. (2022, November 10). WIND WORKS – Paul Gipe, author, advocate, and analyst of the renewable energy industry. WIND WORKS.

<https://wind-works.org/>

Pages - SISPRO - sistema integrado de información de la protección social. (n.d.). Gov.Co. Retrieved June 4, 2024, from

<https://www.sispro.gov.co/Pages/Home.aspx>

Quintana, R. S. D. (2008). Participación y empoderamiento a partir de experiencias de desarrollo rural en México: ¿cuál es la cuestión? *Política y cultura*, 30, 209–232. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422008000200010

Revista Electrónica “Actualidades Investigativas en Educación.” (n.d.). Redalyc.org. Retrieved June 5, 2024, from

<https://www.redalyc.org/pdf/447/44718060022.pdf>

Rincón, L. O. (2023, May 29). Amartya Sen (1) y el desarrollo sostenible. Acento. <https://acento.com.do/opinion/desarrollo-sostenible-en-amartya-sen-1-9204213.html>

Sistema de financiamiento municipal urbano de Colombia | Plataforma Urbana y de Ciudades. (s. f.).

<https://plataformaurbana.cepal.org/es/sistemas/financiamiento/sistema-definanciamiento-municipal-urbano-de-colombia>

Super User. (n.d.). Robert Mayer. Cubaenergia.cu. Retrieved June 6, 2024, from <https://www.cubaenergia.cu/abc-sobre-la-energia/108-contenido/242-robert-mayer>

UPME. Plan de expansión de Referencia: Generación y transmisión 2005 -2019.

Urteaga, E. (2013). La teoría del capital social de Robert Putnam: Originalidad y carencias. *Reflexión Política*, 15(29), 44–60.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11028415005>

Vélez Galeano Hildebrando. Ecología Política de la energía. Editorial Censat. 2006. Página 27.

http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-57&p_options=energética



12. ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto

Producto	Actividades	Insumos	Etapas	Valor
Energía Solar	Evaluación y diseño	Mano de obra calificada	inversión	\$ 49.840.000
		Transporte	Inversión	\$ 5.061.000
	Adquisición de equipos	Materiales	Inversión	\$ 835.175.840
		Maquinaria y equipo	Inversión	\$ 544.000.000
		Mano de obra no calificada	Inversión	\$ 108.036.000
		Transporte	Inversión	\$ 20.000.000
	Conexión eléctrica	Maquinaria y equipo	Inversión	\$ 365.000
		Otros gastos	Inversión	\$ 4.000.000
	Pruebas y puesta en marcha	Mano de obra calificada	Inversión	\$ 2.000.000
	Mantenimiento y monitoreo	Mantenimiento Maquinaria y equipo	Ejecución	\$ 1.136.000
Costo Total del producto				\$ 1.569.613.840
Energía Eólica	Evaluación del sitio	Mano de obra calificada	Inversión	\$ 15.000.000
		Transporte	Inversión	\$ 365.000
	Preparación del terreno	Otros gastos	Inversión	\$ 4.000.000
		Materiales	Inversión	\$ 10.000.000
		Maquinaria y equipo	Inversión	\$ 4.000.000
		Mano de obra no calificada	Inversión	\$ 28.000.000
		Transporte de materiales	Inversión	\$ 600.000



	Integración de sistemas de almacenamiento de energía	Otros gastos	Inversión	\$ 7.000.000
	Mantenimiento y operación monitoreo	Mantenimiento Maquinaria y equipo	Ejecución	\$ 15.600.000
Costo Total del producto				\$ 84.565.000
Energía Hidroeléctrica	Obtención de mapas y planos del municipio	Mano de obra calificada	Preinversión	\$ 5.000.000
	Análisis de infraestructura existente	Mano de obra calificada	Preinversión	\$ 10.000.000
	Visitas de medición dentro del municipio	Mano de obra calificada	Preinversión	\$ 6.000.000
		Transporte	Preinversión	\$ 560.000
	Recopilación de datos	Mano de obra calificada	Preinversión	\$ 3.000.000
	Análisis de datos	Mano de obra calificada	Preinversión	\$ 3.000.000
	Mantenimiento y operación monitoreo	Mantenimiento maquinaria y equipo	Ejecución	\$ 8.000.000
Costo Total del producto				\$ 35.560.000
Energía Biomasa	Inspección del área	Mano de obra calificada	Preinversión	\$ 3.000.000
		Transporte	Preinversión	\$ 1.000.000
		Otros gastos	Preinversión	\$ 6.600.000
	Análisis de infraestructura	Mano de obra calificada	Preinversión	\$ 2.000.000
	Análisis de datos	Mano de obra calificada	Preinversión	\$ 2.500.000
		Otros gastos	Preinversión	\$ 800.000



UNIVERSIDAD
SANTOTOMÁS

Mantenimiento y operación monitoreo	Mantenimiento maquinaria y equipo	Ejecución	\$ 5.000.000
		Costo Total del producto	\$ 20.900.000
		Costo Total Productos	\$ 1.710.638.840