

CONSULTORÍA

**VALORACION FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACION DE GRANJAS
FOTOVOLTAICAS EN 10 SUBESTACIONES ELECTRICAS DE LA COMPAÑÍA
ENERGETICA DE OCCIDENTE CEO EN EL CAUCA, PARA LA GENERACION DE
1.48 MW/H Y DISMINUCION DE 181 TN DE CO2**

AUTORES:

PAULA ANDREA HERRERA COLORADO

RAFAEL MONTERO GONZALEZ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

MBA-MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN

SANTIAGO DE CALI

2025

CONSULTORÍA

**VALORACION FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACION DE GRANJAS
FOTOVOLTAICAS EN 10 SUBESTACIONES ELECTRICAS DE LA COMPAÑÍA
ENERGETICA DE OCCIDENTE CEO EN EL CAUCA, PARA LA GENERACION DE
1.48 MW/H Y DISMINUCION DE 181 TN DE CO2**

AUTORES:

PAULA ANDREA HERRERA COLORADO

RAFAEL MONTERO GONZALEZ

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR
POR EL TÍTULO DE MAGÍSTER EN ADMINISRACIÓN DE EMPRESAS**

**DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO: ANDRÉS FERNANDO FONSECA
INGENIERO INDUSTRIAL Y CONTADOR**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
MBA-MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN
SANTIAGO DE CALI**

2025

Santiago de Cali, 15 de mayo de 2025

Doctor

Fabián Fernando Osorio Tinoco

Decano

Facultad De Ciencias Económicas y Administrativas

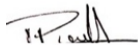
Pontificia Universidad Javeriana

La Ciudad

Por medio de la presente estamos entregando a usted el Trabajo de Grado cuyo título es “valoración financiera para la implementación de granjas fotovoltaicas en 10 subestaciones eléctricas de La Compañía Energética de Occidente CEO en el Cauca, para la generación de 1.48 MW/H y disminución de 181 TN de CO2”.

Esperamos que este trabajo cumpla con los requisitos académicos exigidos y que alcance el propósito para el cual fue elaborado.

Atentamente,



Paula Andrea Herrera Colorado

C.C. 30.405.450



Rafael Montero González

CC. 16.940.748

Santiago de Cali, 19 de julio de 2025

Doctor (a)
Fabian Fernando Osorio Tinoco
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Pontificia Universidad Javeriana
La Ciudad

Por medio de la presente me permito comunicarle, que en mi calidad de director de trabajo de grado he leído detenidamente el informe final del estudio titulado “Valoración financiera para la implementación de granjas fotovoltaicas en 10 subestaciones eléctricas de la Compañía Energética de Occidente (CEO) en el Cauca, para la generación de 1,48 MW/H y disminución de 181 ton CO₂”, realizado por los estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad Javeriana: Paula Andrea Herrera Colorado y Rafael Montero González códigos o cédula 30.405.450 y 16.940748 respectivamente, y considero que cumple con todos los requisitos requeridos para ser presentada a evaluación.

Atentamente,

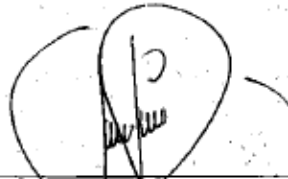


Andrés Fernando Fonseca Berrio
Director del Trabajo de Grado

ARTÍCULO 23 de la resolución N° 13 de julio 6 de
1946

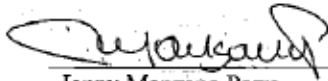
“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de Tesis. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque la Tesis no contenga ataques o polémicas puramente personales; antes bien, se vea en ellas al anhelo de buscar la Verdad y la Justicia”.

“VALORACION FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACION DE GRANJAS FOTOVOLTAICAS EN 10 SUBESTACIONES ELECTRICAS DE LA COMPAÑIA ENERGETICA DE OCCIDENTE CEO EN EL CAUCA, PARA LA GENERACION DE 1.48 MW/H Y DISMINUCION DE 181 TN DE CO2” Aprobado por el Comité de Trabajos de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana para optar por el título de Magíster en Administración de Empresas”.

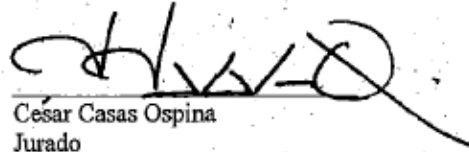


Fabian Fernando Osorio Tinoco
Decano

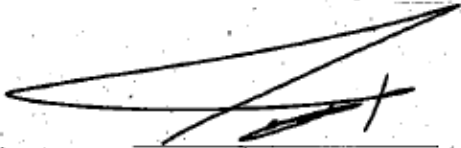
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas



Jenny Manzano Parra
Directora de Maestría en
Administración de empresas



Cesar Casas Ospina
Jurado



Andres Fernando Fonseca Berrio
Director del Trabajo de Grado

Santiago de Cali, 17 de julio de 2025

PALABRAS CLAVE

Energía y Tecnología

- Energía solar
- Granjas fotovoltaicas
- Energías renovables
- Generación distribuida
- Paneles solares
- Sistemas fotovoltaicos
- Asoleamiento
- Infraestructura eléctrica
- Autoconsumo energético
- Capacidad instalada
- Eficiencia energética
- Almacenamiento de energía
- Potencia instalada
- Red eléctrica

Finanzas y Viabilidad

- Valoración financiera
- Viabilidad económica
- Modelo financiero
- Costos operativos
- Flujos de caja
- Retorno de inversión (ROI)
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Valor presente neto (VPN)
- CAPEX / OPEX
- Beneficios tributarios
- Rentabilidad
- Incentivos fiscales
- Ley 1715 de 2014
- Contrato EPC
- Contrato PPA

Sostenibilidad y Medio Ambiente

- Sostenibilidad energética
- Transición energética
- Huella de carbono
- Emisiones de CO₂
- Análisis de ciclo de vida (ACV)
- Cambio climático
- Mitigación ambiental
- Energía limpia
- Producción y consumo responsables

Gestión y Estrategia

- Plan estratégico
- Evaluación de riesgo
- Monitoreo y mantenimiento
- Implementación gradual
- Escalabilidad del proyecto
- Toma de decisiones estratégicas
- Gestión del cambio

Marco Normativo y ODS

- Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)
- ODS 7: Energía asequible y no contaminante
- ODS 9: Infraestructura e innovación
- ODS 12: Producción y consumo responsables
- ODS 13: Acción por el clima
- Regulación energética
- Normativa ambiental
- CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas)
- Ley 80 de 1993 (contratación estatal)
- Ley 1150 de 2007

Actores Clave e Impacto Social

- Compañía Energética de Occidente (CEO)
- Comunidades locales
- Inversionistas y accionistas

- Entidades regulatorias
- Proveedores y contratistas
- Aceptación social
- Licencia social para operar
- Responsabilidad social empresarial (RSE)
- Capacitación técnica
- Desarrollo regional

KEYWORDS

Energy and Technology

- Solar energy
- Photovoltaic farms
- Renewable energy
- Distributed generation
- Solar panels
- Photovoltaic systems
- Solar irradiance
- Electrical infrastructure
- Energy self-consumption
- Installed capacity
- Energy efficiency
- Energy storage
- Installed power
- Electric grid

Finance and Feasibility

- Financial assessment
- Economic feasibility
- Financial model
- Operating costs
- Cash flows
- Return on investment (ROI)
- Internal rate of return (IRR)
- Net present value (NPV)
- CAPEX / OPEX
- Tax incentives
- Profitability
- Fiscal benefits
- Law 1715 of 2014
- EPC contract
- PPA contract (Power Purchase Agreement)

Sustainability and Environment

- Energy sustainability
- Energy transition
- Carbon footprint
- CO₂ emissions
- Life Cycle Assessment (LCA)
- Climate change
- Environmental mitigation
- Clean energy
- Responsible production and consumption

Management and Strategy

- Strategic plan
- Risk assessment
- Monitoring and maintenance
- Phased implementation
- Project scalability
- Strategic decision-making
- Change management

Regulations and SDGs

- Sustainable Development Goals (SDGs)
- SDG 7: Affordable and clean energy
- SDG 9: Industry, innovation and infrastructure
- SDG 12: Responsible consumption and production
- SDG 13: Climate action
- Energy regulation
- Environmental regulation
- CREG (Energy and Gas Regulatory Commission)
- Law 80 of 1993 (public procurement)
- Law 1150 of 2007
-

Key Stakeholders and Social Impact

- Compañía Energética de Occidente (CEO)
- Local communities
- Investors and shareholders
- Regulatory entities

- Suppliers and contractors
- Social acceptance
- Social license to operate
- Corporate social responsibility (CSR)
- Technical training
- Regional development

Resumen

La presente tesis analiza la viabilidad financiera, técnica, operativa y ambiental de implementar diez granjas fotovoltaicas en las subestaciones eléctricas de la Compañía Energética de Occidente (CEO) en el departamento del Cauca, Colombia. El objetivo es reducir los costos de autoconsumo energético, generar excedentes para comercialización y disminuir la huella de carbono, en alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

A través del desarrollo de un modelo financiero integral, se estiman inversiones, costos operativos, flujos de caja y tasas de retorno bajo dos esquemas contractuales: EPC y PPA. Se plantea un plan estratégico de implementación gradual, respaldado por mecanismos de monitoreo y mantenimiento. Además, se evalúa la viabilidad técnica mediante el análisis del consumo energético y capacidad instalada en diez subestaciones clave. El impacto ambiental se determina utilizando la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), evidenciando una reducción anual de 181 toneladas de CO₂.

La tesis concluye que el proyecto es viable y aporta beneficios económicos, ambientales y sociales a CEO, promoviendo una transición energética sostenible y replicable en otras regiones del país.

Abstract

This thesis evaluates the financial, technical, operational, and environmental feasibility of implementing ten photovoltaic solar farms in the electrical substations of the Compañía Energética de Occidente (CEO), located in the department of Cauca, Colombia. The project aims to reduce self-consumption energy costs, generate surplus for commercialization, and lower the carbon footprint in alignment with the Sustainable Development Goals (SDGs).

Through the development of a comprehensive financial model, the study estimates investments, operating costs, cash flows, and return rates under two contractual frameworks: EPC and PPA. A phased strategic implementation plan is proposed, supported by monitoring and maintenance mechanisms. Additionally, technical feasibility is assessed through energy consumption and installed capacity analysis in ten key substations. Environmental impact is measured using the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, showing an annual reduction of 181 tons of CO₂.

The thesis concludes that the project is feasible and provides economic, environmental, and social benefits to CEO, fostering a sustainable energy transition that is scalable to other regions in the country.

Tabla de contenido

Índice de figuras	18
1. Introducción	1
2. Justificación.....	2
3. Análisis de interesados.....	4
3.1 Identificación de los interesados	5
3.2 Interesados clave	9
3.2.1 Interesados internos.....	9
3.2.2 Interesados externos	11
3.3 Identificación de las expectativas de los interesados clave	13
4. Objetivos 15	
4.1 General	15
4.2 Objetivos Específicos.....	16
4.2.1 Desarrollar un modelo financiero que contemple las proyecciones de inversión, costos operativos, flujos de caja, tasas de retorno y el análisis de riesgo asociado a la ejecución del proyecto. 16	
4.2.2 Proponer un plan estratégico para la implementación gradual de las granjas fotovoltaicas, incluyendo mecanismos de monitoreo y evaluación que aseguren la eficiencia energética, operativa y financiera a lo largo plazo.....	24
4.2.3 Evaluar la viabilidad técnica de la implementación de las granjas fotovoltaicas, identificando los requerimientos de infraestructura, capacidad instalada y las condiciones operativas de las subestaciones eléctricas seleccionadas.....	27
4.2.4 Determinar el impacto ambiental del proyecto, calculando la disminución de emisiones de	

CO2 y cuantificando el aporte del proyecto al cumplimiento de los ODS en materia de sostenibilidad energética.	47
4.2.5 Alineación de objetivos	50
5. Contexto de la Organización	52
5.1 Historia	52
5.2 Estructura Organizacional	54
5.3 Filosofía Organizacional	58
5.4 Cultura Organizacional.....	61
6. Fundamentación teórica	62
6.1 Marco Teórico	62
6.1.1 Fundamentos de la Teoría del Desarrollo Sostenible	62
6.1.2 Aplicación de la Teoría del Desarrollo Sostenible en Proyectos Energéticos	64
6.1.3 Implicaciones del Desarrollo Sostenible para la Viabilidad de las Granjas Fotovoltaicas ...	67
6.2 Base conceptual.....	69
6.2.1 Valoración financiera integral	70
6.2.2 Granjas fotovoltaicas.....	73
6.2.3 Reducción de costos por autoconsumo	76
6.2.4 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	80
6.3 Antecedentes	84
6.3.1 Internacionales.....	84
6.3.2 Nacionales	86
6.3.3 Local	91

7. Conclusiones	93
8. Referencias bibliográficas	97
Anexos	121

Tabla 1. Relación de interesados y expectativas.	8
Tabla 2. Consumo de energía CEO	27
Tabla 3. Estructura aprobada CEO	57
Tabla 4 Base conceptual de la investigación	83

Índice de figuras

Figura 1. Proyecto de implementación modelo EPC	20
Figura 2. Proyecto de implementación modelo PPA	23
Figura 3. Cronograma de implementación.....	25
Figura 4. Matriz de generación San Bernardino	29
Figura 5. Carga vs Generación San Bernardino.....	31
Figura 6. Matriz de generación Subestación principal	31
Figura 7. Potencia vs Generación Subestación principal	32
Figura 8. Matriz de generación Santander de Quilichao	33
Figura 9. Carga vs Generación Santander de Quilichao	34
Figura 10. Matriz de generación Subestación norte.....	36
Figura 11. Carga vs Generación Subestación norte	37
Figura 12. Matriz de generación Subestación la Isabella.....	38
Figura 13. Carga vs Generación Subestación la Isabella	39
Figura 14. Matriz de generación Subestación Centro	40
Figura 15. Carga vs Generación Subestación Centro.....	41
Figura 16. Matriz de generación Subestación el Bordo	43
Figura 17. Carga vs Generación Subestación el Bordo.....	43

Figura 18. Carga vs Generación Subestación Zaque.....	46
Figura 19. Estructura organizacional aprobada.....	56

1. Introducción

La Compañía Energética de Occidente (CEO) es una empresa encargada de la distribución y comercialización de energía eléctrica en el departamento del Cauca, Colombia. Su operación se desarrolla en un entorno donde la diversificación de la matriz energética se ha convertido en una necesidad estratégica para garantizar la sostenibilidad del servicio y reducir la dependencia de fuentes convencionales. En este contexto, la implementación de granjas fotovoltaicas en diez subestaciones eléctricas de CEO representa una oportunidad para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos asociados a la compra de energía (Acosta y Gámez, 2021). Para sustentar esta propuesta, se utilizarán herramientas de análisis como el árbol de problemas y los diagramas causales, con el fin de identificar las causas y efectos de la dependencia de fuentes tradicionales y el impacto de la transición hacia energías renovables. Como sustenta Falcón (2020), la integración de energías limpias en el sector eléctrico no solo disminuye costos operativos, sino que también fortalece la estabilidad del suministro y reduce la huella de carbono de las empresas del sector.

Desde una perspectiva académica y organizacional, el desarrollo de este estudio permitirá evaluar la viabilidad económica y operativa de la generación de energía solar dentro de CEO, generando conocimiento en torno a modelos de negocio sostenibles en el sector energético colombiano. En el ámbito organizacional, la investigación servirá como insumo para la toma de decisiones estratégicas que permitan mejorar la eficiencia energética y fortalecer la competitividad de la empresa en un contexto regulatorio en constante evolución. La dependencia de CEO de fuentes de energía convencionales ha generado costos elevados y una exposición a la volatilidad del mercado eléctrico. Mediante el uso de herramientas de diagnóstico, se ha identificado que la integración de fuentes renovables propias permitiría mitigar esta problemática, reduciendo los

costos de operación y asegurando el cumplimiento de normativas ambientales (Sosa et al., 2022).

Como complemento, este estudio tiene implicaciones en el ámbito social, teórico y tecnológico. Desde el punto de vista social, la transición hacia energías renovables contribuye a mejorar el acceso a energía en el Cauca, una región con desafíos en infraestructura energética. En el ámbito teórico, la investigación aporta conocimiento sobre la implementación de sistemas fotovoltaicos en empresas del sector eléctrico en Colombia, proporcionando un marco de referencia para futuras investigaciones. En el ámbito tecnológico, se evaluará la aplicación de innovaciones en generación distribuida y almacenamiento de energía, facilitando la transición de CEO hacia una operación más eficiente y sostenible. De acuerdo con Sánchez et al. (2021), la implementación de proyectos de generación distribuida no solo mejora la eficiencia en el uso de los recursos energéticos, sino que también permite reducir la dependencia de la red eléctrica y fortalecer la resiliencia del sistema energético (Saltos et al., 2022).

2. Justificación

La Compañía Energética de Occidente (CEO) es una empresa colombiana encargada de la distribución y comercialización de energía eléctrica en el departamento del Cauca, cuya operación se desarrolla en un entorno caracterizado por la presión regulatoria sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y la variabilidad de los precios del mercado eléctrico. En este contexto, la implementación de granjas fotovoltaicas en diez subestaciones de su red representa una oportunidad para diversificar su matriz energética, reducir costos asociados al consumo y mejorar la estabilidad operativa mediante la generación propia de energía (Urdialez et al., 2021).

El estudio posibilita implementar un modelo de generación distribuida basado en energía

solar, que se proyecta como una alternativa viable para la organización. Esta alternativa responde a la necesidad de reducir la dependencia de fuentes convencionales y a la vez permite explorar nuevas formas de producción energética que se integren a la planificación estratégica empresarial. El problema identificado está relacionado con los costos crecientes de adquisición de energía y la exposición a riesgos del sistema eléctrico nacional. Por consiguiente, la propuesta de cambio se centra en encontrar una combinación de métodos técnicos y financieros que ayuden a resolver el problema de la sostenibilidad operativa de la empresa en el largo plazo (Aibar y Frías, 2021).

El uso de herramientas de diagnóstico como el árbol de problemas y los diagramas causales se aplica con el fin de identificar los factores estructurales que limitan la capacidad de CEO para responder de manera eficiente a las nuevas condiciones del entorno energético. Estas herramientas se utilizarán para establecer relaciones causa y efecto entre los elementos que configuran la problemática central, como la dependencia externa, el efecto ambiental y los costos de operación. A partir de ello, se espera obtener un mapa de los determinantes del problema que permita priorizar decisiones, evaluar escenarios y orientar el diseño del modelo de implementación de granjas solares en función de criterios técnicos, económicos y sociales (Puente y Gámez, 2021).

Desde un punto de vista académica, este estudio contribuye a ampliar el conocimiento en torno a modelos de negocio orientados a la transición energética en empresas distribuidoras y permite documentar experiencias que pueden ser utilizadas como referencia para futuras investigaciones en el sector eléctrico colombiano. A su vez, desde la perspectiva organizacional, el trabajo se presenta como un proyecto de consultoría aplicada que proporciona insumos útiles para la toma de decisiones estratégicas, mediante un enfoque financiero y técnico orientado a la implementación de soluciones energéticas descentralizadas. La combinación de teoría y práctica

en este enfoque permite la creación de conocimientos útiles y adaptables en otras situaciones comparables del sistema energético del país (Mejía y Puerta, 2024).

En términos sociales, el estudio reconoce el efecto que puede generar la incorporación de sistemas de generación fotovoltaica en regiones con limitaciones de infraestructura eléctrica, como es el caso de varios municipios del Cauca. El desarrollo del proyecto también plantea oportunidades tecnológicas a través de sistemas de monitoreo y almacenamiento que permiten gestionar de forma eficiente la producción y el consumo energético. A nivel teórico, se propone un marco de análisis que integra herramientas de diagnóstico organizacional con indicadores de viabilidad económica y sostenibilidad ambiental, lo que facilita la articulación entre el análisis estratégico y los objetivos de desarrollo sostenible (Sánchez et al., 2021).

El enfoque del estudio se basa en las competencias adquiridas en el programa de maestría en administración, integrando análisis financiero, planificación estratégica y evaluación de inversiones en energías renovables. Este enfoque busca ampliar el diseño de proyectos con efecto organizacional y alineación con políticas de sostenibilidad. En ese sentido, se establecen conexiones con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7, relacionado con el acceso a energía asequible y no contaminante, mediante la generación local que reduce la dependencia del sistema interconectado nacional. De igual manera, el estudio se relaciona con los ODS 9, 12 y 13, que promueven innovación en infraestructura, consumo responsable y acción climática, al proponer una solución replicable y escalable en el sector energético (ONU, 2023).

3. Análisis de interesados

En este apartado se desarrollará la identificación y análisis de los interesados en la

implementación de granjas fotovoltaicas por parte de la Compañía Energética de Occidente (CEO). Se examinarán los grupos que influyen en el desarrollo del proyecto o cuyos intereses pueden verse afectados por su ejecución. Comprender sus expectativas y niveles de involucramiento permitirá diseñar estrategias que faciliten la gestión del cambio, minimicen riesgos y maximicen los beneficios económicos, sociales y ambientales. A partir de este análisis, se establecerán las relaciones entre los actores clave, asegurando un enfoque de implementación alineado con la sostenibilidad y la eficiencia operativa (García, 2024).

3.1 Identificación de los interesados

A continuación, los clientes residenciales, comerciales e industriales, actúan dentro del análisis de interesados, ya que son los principales beneficiarios de los servicios de CEO. La reducción de costos operativos derivada de la generación propia de energía mediante fuentes fotovoltaicas puede traducirse en tarifas estables y, a largo plazo, en una mejora en la competitividad de la empresa. En ese orden de ideas, la transición hacia energía renovable responde a una demanda por parte de los consumidores de soluciones sostenibles, lo que puede fortalecer la percepción de CEO en el mercado y generar lealtad entre los usuarios comprometidos con prácticas responsables con el ambiente (Vañó, 2022).

A su vez, los colaboradores de CEO contribuyen en la implementación del proyecto, ya que su participación en el desarrollo, mantenimiento y gestión de las granjas fotovoltaicas puede generar oportunidades de capacitación y desarrollo profesional. Por ello, la introducción de tecnologías renovables implica la necesidad de adquirir competencias en energías limpias, lo que puede fortalecer la motivación de los empleados y aumentar su sentido de pertenencia a una empresa que apuesta por la innovación y la sostenibilidad. A la par, la inversión en formación

técnica puede mejorar la eficiencia operativa de CEO y facilitar la adopción de futuras estrategias orientadas a la diversificación energética (Canales, 2020).

En este mismo sentido, los proveedores y contratistas especializados en el sector de energías renovables son actores en la ejecución del proyecto, ya que suministran los equipos y realizan la instalación de los sistemas fotovoltaicos. La relación con estos interesados implica la contratación de bienes y servicios y representa una oportunidad para establecer alianzas comerciales a largo plazo y fortalecer la cadena de suministro en torno a soluciones de generación distribuida. La creciente demanda de infraestructura energética sostenible en Colombia puede impulsar la expansión del sector y generar beneficios mutuos en términos de innovación y competitividad (Álvaro et al., 2022).

Por su parte, las entidades reguladoras y autoridades locales intervienen en la viabilidad del proyecto, ya que establecen los marcos normativos que regulan el desarrollo de infraestructura energética en el país. CEO debe garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental y energética vigente para la obtención de los permisos para la construcción y operación de las granjas fotovoltaicas. La alineación con las políticas públicas de transición energética puede facilitar el respaldo institucional y abrir la posibilidad de acceder a incentivos gubernamentales destinados a la promoción de energías limpias (Basterra et al., 2024).

Por otro lado, las comunidades locales cercanas a las subestaciones donde se implementarán las granjas fotovoltaicas pueden verse impactadas por el desarrollo del proyecto. Si bien la transición a energías renovables contribuye a la reducción de emisiones y a la mitigación del impacto ambiental de CEO, la empresa debe implementar estrategias de comunicación y socialización para garantizar la aceptación del proyecto. Además, la generación de empleo en la

fase de construcción y mantenimiento de las instalaciones representa un beneficio para las comunidades, fortaleciendo la percepción positiva del proyecto y fomentando su integración en el territorio (Mekaoui y Ramírez, 2021).

En este contexto, es importante reconocer que el rechazo social y los conflictos territoriales son riesgos que podrían afectar el desarrollo del proyecto. La instalación de las granjas fotovoltaicas puede generar preocupaciones en las comunidades cercanas, especialmente si estas perciben que el proyecto podría alterar su modo de vida, el uso de sus tierras o el equilibrio del medio ambiente local. La falta de información adecuada o la no consulta previa son factores que pueden incrementar la desconfianza, provocando una resistencia que podría poner en peligro la viabilidad del proyecto. Si no se gestionan, estas tensiones pueden retrasar el proceso o incluso bloquearlo por completo (Ribó et al., 2022).

Para mitigar estos riesgos, es esencial que CEO implemente mecanismos efectivos de participación y consulta con las comunidades locales. La creación de canales de comunicación accesibles será importante para informar sobre los beneficios y posibles impactos del proyecto. Además, es necesario establecer un diálogo constante que permita resolver cualquier inquietud y garantizar que las expectativas de las comunidades sean escuchadas y atendidas. Este enfoque colaborativo puede minimizar los riesgos de rechazo social y asegurar que el proyecto sea aceptado de manera sostenible, reduciendo la probabilidad de conflictos territoriales (Torres et al., 2025).

Para finalizar, los inversores y accionistas de CEO se enfocan en la viabilidad financiera del proyecto y en su capacidad para generar retornos económicos sostenibles en el tiempo. La reducción de costos energéticos mediante la generación propia, combinada con la posibilidad de comercializar excedentes en el mercado, puede mejorar la rentabilidad de la empresa y consolidar

su posicionamiento en el sector eléctrico colombiano. De este modo, la alineación del proyecto con tendencias globales en inversión sostenible, como los criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza), puede incrementar la confianza de los inversionistas y facilitar el acceso a financiamiento con condiciones favorables (Feuillet et al., 2022).

A continuación, se presenta la identificación de los principales interesados del proyecto y sus expectativas:

Tabla 1.

Relación de interesados y expectativas.

Involucrado	Expectativas
Clientes (Residenciales, Comerciales e Industriales)	Se beneficiarán de la reducción de costos operativos de CEO con tarifas más estables o reducidas. Además, la transición a energía renovable mejora la sostenibilidad, lo que puede fortalecer la lealtad y atraer consumidores comprometidos con prácticas responsables.
Colaboradores	Participarán en la implementación de las granjas fotovoltaicas, lo que abrirá oportunidades de capacitación en energías renovables, aumentando el sentido de propósito y orgullo por trabajar en una empresa comprometida con la sostenibilidad.
Proveedores y Contratistas	Proporcionarán equipos y realizarán la instalación, consolidando relaciones comerciales y explorando nuevas oportunidades en el sector de energías renovables.
Reguladores y Autoridades Locales	Estarán involucrados en garantizar que el proyecto cumpla con normativas ambientales y energéticas, facilitando permisos y asegurando el éxito del proyecto.
Comunidades Locales	Se beneficiarán del impacto ambiental positivo y el posible aumento de empleo. La CEO deberá comunicar los beneficios para obtener apoyo y aceptación.
Inversores y Accionistas	Se centrarán en la viabilidad financiera y el retorno del proyecto. La reducción de costos energéticos y la venta de excedentes generarán beneficios económicos, manteniendo la confianza de los inversores.

Nota. Elaboración propia.

3.2 Interesados clave

La implementación de las granjas fotovoltaicas por parte de la Compañía Energética de Occidente (CEO) involucra a diversos actores con intereses en el desarrollo del proyecto. Estos interesados pueden agruparse en internos y externos, según su nivel de relación con la empresa y su grado de influencia en la toma de decisiones. La identificación y gestión de estos actores garantiza la viabilidad técnica, financiera y social del proyecto, minimizando posibles riesgos y maximizando los beneficios para todas las partes involucradas (Villavicencio y Millán, 2020).

3.2.1 Interesados internos

La alta gerencia de CEO, conformada por el gerente general y los responsables de las áreas financiera, comercial, técnica y de asuntos corporativos, tiene apoyan la planificación y ejecución del proyecto. Su principal interés radica en evaluar los impactos estratégicos, financieros y operativos de la implementación de las granjas fotovoltaicas. La dirección de la empresa debe garantizar que el proyecto se alinee con los objetivos corporativos, mantenga la estabilidad económica de la organización y cumpla con la normativa vigente en materia de energía y sostenibilidad (Godina, 2024).

En el mismo sentido, el área de soluciones energéticas es responsable de la evaluación técnica, el diseño y la construcción de las plantas fotovoltaicas. Su función consiste en garantizar la viabilidad operativa del proyecto, seleccionando tecnologías adecuadas y supervisando la instalación de los sistemas de generación. Además, este equipo debe asegurar la integración de la nueva infraestructura con la red eléctrica existente, optimizando la eficiencia de los procesos y

minimizando interrupciones en el suministro de energía (Pérez y Alonso, 2023).

A la par, la dirección financiera de CEO se encarga de la gestión de los recursos económicos destinados al desarrollo del proyecto. Entre sus responsabilidades se encuentran la evaluación de costos, la estructuración del financiamiento y el seguimiento de los indicadores financieros para determinar la rentabilidad de la inversión. Esta área debe analizar los escenarios económicos asociados a la implementación de las granjas fotovoltaicas y definir estrategias que permitan maximizar el retorno sobre la inversión, garantizando la sostenibilidad económica de la empresa (Corrales, 2025).

Por su parte, la dirección de sostenibilidad participa en la definición de los objetivos ambientales y sociales del proyecto. Su rol es supervisar que la transición hacia energías renovables en CEO contribuya a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al cumplimiento de las políticas corporativas de responsabilidad ambiental. Por lo cual, esta dirección debe establecer mecanismos para evaluar el impacto del proyecto en la comunidad y desarrollar estrategias que faciliten su aceptación entre los actores sociales involucrados (ONU, 2023).

Los colaboradores de CEO, que operan en las subestaciones eléctricas donde se implementarán las granjas fotovoltaicas, son actores que pueden verse impactados por la transición tecnológica. La introducción de nuevas infraestructuras de generación implica la necesidad de capacitación en energías renovables, lo que puede modificar la dinámica laboral de los empleados. La empresa debe garantizar procesos de formación para que los colaboradores adquieran las competencias en la operación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos (Sánchez et al., 2023).

3.2.2 Interesados externos

El gobierno nacional y local, a través de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y otras entidades del sector energético, influyen en la supervisión del cumplimiento normativo del proyecto. Estas instituciones pueden intervenir en la viabilidad de las granjas fotovoltaicas mediante la creación de incentivos financieros o la emisión de regulaciones que definan el marco legal para su operación. La alineación con las políticas públicas en materia de transición energética es un factor que puede facilitar la aprobación del proyecto y su integración en la estrategia energética nacional (Cunial, 2021).

Las comunidades locales cercanas a las plantas fotovoltaicas pueden experimentar cambios derivados del desarrollo del proyecto. Sus expectativas pueden estar relacionadas con el impacto ambiental, la generación de empleo y las condiciones de operación de las instalaciones. CEO debe establecer canales de comunicación con estos actores para informar sobre los beneficios del proyecto y gestionar cualquier inquietud que pueda surgir en torno a su implementación. La aceptación social es un elemento que influye en la sostenibilidad a largo plazo de la iniciativa (Galvis et al., 2023).

Para garantizar la aceptación social del proyecto y validar las percepciones de las comunidades locales sobre la implementación de las granjas fotovoltaicas, se propone realizar un análisis primario mediante entrevistas semi-estructuradas. Estas entrevistas estarán dirigidas a representantes de las comunidades cercanas a las subestaciones eléctricas donde se instalarán las granjas fotovoltaicas. El objetivo de estas entrevistas será comprender las preocupaciones, expectativas y posibles resistencias hacia el proyecto. Se buscará recoger información sobre la percepción social y las barreras que podrían dificultar la implementación exitosa del proyecto,

permitiendo una gestión proactiva de estos factores (Rodríguez et al., 2023).

A partir de los resultados obtenidos en las entrevistas, se desarrollará un plan de gestión social que contemple estrategias de comunicación y socialización de los beneficios del proyecto. Este plan incluirá actividades como sesiones de información comunitaria, la difusión de los impactos positivos de la transición energética y los beneficios económicos para la comunidad local, tales como la generación de empleo y el fortalecimiento de infraestructuras locales. Además, se garantizará la participación de las comunidades durante todo el proceso de implementación, con el fin de obtener la licencia social para operar y asegurar que el proyecto sea percibido como una iniciativa que beneficie a todas las partes involucradas (Mekaoui Y Ramírez, 2021).

Los proveedores de equipos y servicios especializados en energía solar desempeñan un papel en la ejecución del proyecto al suministrar paneles solares, inversores y otros componentes tecnológicos. Su relación con CEO implica el establecimiento de acuerdos comerciales que garanticen la calidad y disponibilidad de los equipos requeridos. Además, los proveedores pueden aportar conocimientos técnicos que contribuyan a la optimización del diseño y la operación de las granjas fotovoltaicas (Hernández et al., 2022).

Las entidades financieras, como bancos e inversionistas privados, pueden evaluar la viabilidad económica del proyecto y proporcionar financiamiento para su desarrollo. Su interés radica en la rentabilidad del proyecto y en la capacidad de CEO para gestionar los riesgos asociados a la inversión en energías renovables. La obtención de recursos financieros en condiciones favorables puede depender de la alineación del proyecto con criterios de sostenibilidad y de su contribución a la transición energética del país (Martínez et al., 2021).

Las organizaciones no gubernamentales (ONG) dedicadas a temas de energía y medio

ambiente pueden desempeñar un papel en la promoción o cuestionamiento del proyecto, dependiendo de sus objetivos institucionales. Algunas ONG pueden respaldar la iniciativa al considerar que contribuye a la reducción de emisiones y al desarrollo de fuentes de energía sostenibles. Sin embargo, otras organizaciones pueden expresar preocupaciones sobre los impactos ambientales o sociales derivados de la implementación de las granjas fotovoltaicas. CEO debe establecer un diálogo con estos actores para comprender sus perspectivas y responder de manera adecuada a sus inquietudes (Ulloa, 2021).

3.3 Identificación de las expectativas de los interesados clave

La alta gerencia de CEO tiene como principales expectativas la optimización de costos operativos, la mejora en la imagen corporativa y el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad de la empresa. Su desafío radica en garantizar que la inversión en energías renovables genere retornos financieros en el mediano y largo plazo, sin comprometer la estabilidad económica de la organización. En términos de necesidades, requiere información precisa sobre los beneficios financieros y técnicos del proyecto para la toma de decisiones estratégicas. Su reto es coordinar los esfuerzos de las diferentes áreas de la empresa para garantizar la viabilidad y ejecución eficiente de las granjas fotovoltaicas (Torres et al., 2024).

La comunidad local, es decir, aquellas poblaciones cercanas a las subestaciones eléctricas donde se desarrollará el proyecto, tiene expectativas relacionadas con el impacto ambiental y social de la iniciativa. Sus preocupaciones incluyen la afectación del territorio, la generación de empleo local y el acceso a beneficios derivados del proyecto. Su desafío es asegurar que CEO implemente medidas que minimicen impactos negativos y maximicen los beneficios comunitarios. La empresa, por su parte, debe establecer mecanismos de diálogo y

participación que permitan a la comunidad expresar sus inquietudes y recibir información sobre el proyecto de manera oportuna y transparente (Díaz, 2021).

Los proveedores de equipos y servicios tecnológicos tienen como principal expectativa consolidar una relación comercial con CEO, asegurando la venta y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos. Su desafío es cumplir con los estándares de calidad y eficiencia exigidos por la empresa, garantizando la entrega de tecnología confiable y acorde con las necesidades operativas del proyecto. A nivel de necesidades, requieren claridad en los términos contractuales y en la planificación del proyecto para optimizar sus procesos de producción y distribución. Su reto radica en la capacidad de responder a los tiempos establecidos por CEO sin comprometer la calidad de los suministros (Loor y Hinostroza, 2024).

El gobierno nacional y local, a través de entidades como la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), espera que el proyecto de CEO contribuya a las metas de transición energética del país. Su interés está en el cumplimiento normativo y en la promoción de energías renovables dentro del marco regulatorio vigente. El desafío de estas entidades es garantizar que el proyecto se ajuste a las políticas públicas sin afectar la estabilidad del mercado eléctrico. En términos de necesidades, requieren que CEO cumpla con los procedimientos de licenciamiento y reporte de avances para asegurar el cumplimiento de la normativa sectorial. Su reto consiste en equilibrar la promoción de la inversión en energías renovables con la regulación de tarifas y el acceso equitativo a la energía (Mejía y Puerta, 2024).

Las entidades financieras, como bancos e inversionistas privados, tienen expectativas

centradas en la viabilidad financiera y el retorno de inversión del proyecto. Su desafío radica en evaluar los riesgos asociados a la implementación de las granjas fotovoltaicas y en determinar la capacidad de CEO para gestionar dichos riesgos. En términos de necesidades, requieren modelos de análisis financiero que justifiquen la rentabilidad de la inversión y demuestren la sostenibilidad del proyecto en el tiempo. Su reto es asegurar condiciones de financiamiento favorables que permitan a CEO ejecutar el proyecto sin comprometer su estabilidad financiera (Galarza, 2021).

Las organizaciones no gubernamentales (ONG) especializadas en temas ambientales tienen expectativas sobre el impacto ecológico del proyecto y su contribución a la reducción de emisiones de carbono. Su interés se enfoca en que CEO adopte medidas responsables en el desarrollo de la infraestructura fotovoltaica y en que los beneficios ambientales sean comunicados de manera clara a la sociedad. Su desafío es verificar que la empresa cumpla con los estándares ambientales y adopte estrategias de mitigación. En términos de necesidades, requieren acceso a información sobre la planificación y ejecución del proyecto para evaluar su impacto y generar recomendaciones. Su reto radica en garantizar que las empresas del sector energético integren prácticas sostenibles en sus modelos de negocio (Gomes et al., 2020).

4. Objetivos

4.1 General

Realizar una valoración financiera integral que permita determinar la viabilidad económica, de implementar 10 granjas fotovoltaicas en las subestaciones eléctricas de la

Compañía Energética de Occidente (CEO) en el Cauca, con el fin de reducir los costos por autoconsumo, generar excedentes de energía para su comercialización y disminuir la huella de carbono por la utilización de energía convencional, contribuyendo a la reducción de gastos, cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y mejoramiento de la reputación de la compañía.

4.2 Objetivos Específicos

4.2.1 Desarrollar un modelo financiero que contemple las proyecciones de inversión, costos operativos, flujos de caja, tasas de retorno y el análisis de riesgo asociado a la ejecución del proyecto.

El desarrollo de un modelo financiero permite evaluar la viabilidad económica de la implementación de granjas fotovoltaicas en la Compañía Energética de Occidente (CEO). Este modelo debe considerar las proyecciones de inversión, costos operativos, flujos de caja, tasas de retorno y análisis de riesgos asociados al proyecto. Para ello, se fundamenta en metodologías financieras utilizadas en el sector energético, que incluyen el análisis de valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión. Estos indicadores permiten estimar el rendimiento esperado del proyecto y su impacto en la estabilidad financiera de la empresa (Mazo, 2024).

Las proyecciones de inversión se estructuran a partir de experiencias previas en proyectos de energía renovable, considerando factores como costos de infraestructura, adquisición de equipos y gastos asociados a la instalación de los sistemas fotovoltaicos. La metodología empleada para estas proyecciones se basa en modelos estadísticos de análisis financiero, que incorporan variables

como inflación, costos de mantenimiento y depreciación de activos. Además, se contempla el impacto de incentivos fiscales y subsidios gubernamentales que pueden mejorar la rentabilidad del proyecto y reducir el costo total de inversión (Ávila et al., 2023).

En la implementación del modelo financiero se contemplan dos esquemas contractuales utilizados en proyectos de energía renovable: Power Purchase Agreement (PPA) y Engineering, Procurement and Construction (EPC). El PPA es un contrato a largo plazo entre CEO y un comprador de energía, que establece las condiciones de venta de la electricidad generada. Este modelo garantiza ingresos estables y previsibles para la empresa, reduciendo la incertidumbre financiera y facilitando la obtención de financiamiento externo. Su aplicación permite optimizar la gestión de ingresos y fortalecer la estabilidad económica del proyecto, asegurando su viabilidad en el tiempo (Hundt et al., 2020).

El modelo EPC (Ingeniería, Adquisiciones y Construcción) implica que el contratista asuma la responsabilidad total sobre la ingeniería, adquisición de materiales, construcción y puesta en marcha de las instalaciones fotovoltaicas. Las principales ventajas de este modelo son la reducción de riesgos operativos para CEO, al transferirle al contratista la responsabilidad por posibles fallos en el diseño, incumplimiento de plazos de ejecución y la gestión de costos adicionales. Este modelo es adecuado para proyectos de gran envergadura, donde el contratista asume una parte del riesgo técnico y financiero. Según la legislación colombiana, en particular la Ley 80 de 1993 sobre contratación estatal, el contratista tiene la obligación de cumplir con los plazos establecidos, las especificaciones técnicas, y garantizar la calidad de la obra, ya que cualquier incumplimiento podría generar penalidades económicas o resolución del contrato (Rangel et al., 2024).

Sin embargo, existen riesgos legales y contractuales asociados al modelo EPC. En caso de incumplimiento de los plazos o de la calidad de la infraestructura, CEO podría enfrentarse a costos adicionales no previstos para la reparación de obras defectuosas o retrasos en la puesta en marcha. Según las normas colombianas sobre contratos de infraestructura, CEO podría reclamar indemnizaciones por daños a través de los mecanismos de resolución de conflictos establecidos en la Ley 1150 de 2007, que regula las contrataciones de obras públicas. Además, los riesgos regulatorios asociados al cumplimiento de las normativas de energía renovable (Ley 1715 de 2014) deben ser tomados en cuenta. Si el contratista no cumple con las normativas ambientales o energéticas vigentes, esto podría afectar la ejecución del proyecto y acarrear sanciones legales (De Moraes y De Almeida, 2024).

El modelo PPA (Power Purchase Agreement) permite que CEO se enfoque en la generación de energía sin asumir la inversión inicial en la infraestructura (CAPEX). En este modelo, CEO acuerda con un comprador de energía la venta de la electricidad generada a largo plazo. Las ventajas legales y contractuales del modelo PPA son evidentes, ya que se garantiza un flujo de ingresos estable a lo largo del contrato, reduciendo los riesgos financieros para CEO. Además, este modelo permite a CEO acceder a fuentes de energía renovable sin necesidad de realizar inversiones iniciales, lo que reduce la exposición al riesgo financiero. Desde el punto de vista regulatorio, la Ley 1715 de 2014, que promueve el uso de energías renovables, favorece este modelo, ya que establece incentivos fiscales y regulaciones que benefician a los proyectos de energía limpia (Cuervo et al., 2020).

Sin embargo, el modelo PPA no está exento de riesgos contractuales y regulatorios. Uno de los principales riesgos legales es la dependencia de condiciones externas, como las tarifas de

compra de energía pactadas en el contrato, que pueden verse afectadas por cambios regulatorios o fluctuaciones en el mercado eléctrico. Además, el incumplimiento por parte del comprador de la energía podría resultar en pérdidas de ingresos para CEO. La legislación colombiana, en particular la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), regula estos acuerdos de compra de energía, y cualquier cambio en las tarifas o en las políticas de transición energética puede alterar las condiciones inicialmente pactadas. Es fundamental, por tanto, que CEO implemente estrategias legales para mitigar estos riesgos, como cláusulas de resolución anticipada o penalidades por incumplimiento en el contrato (Expósito, 2023).

A continuación, se presenta un cuadro comparativo entre los dos modelos contractuales propuestos para la implementación de las granjas fotovoltaicas: el modelo *EPC* (Ingeniería, Adquisiciones y Construcción) y el modelo *PPA* (Power Purchase Agreement). En este cuadro se resumen las ventajas, obligaciones, riesgos legales y contractuales, y los factores regulatorios asociados a cada modelo, considerando la legislación colombiana en materia de contratación y regulación de energía. Esta comparación permitirá entender las implicaciones legales y contractuales de ambos enfoques y cómo pueden afectar la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

Tabla 2.

Cuadro Comparativo de los modelos EPC y PPA

Aspecto	Modelo EPC (Ingeniería, Adquisiciones y Construcción)	Modelo PPA (Acuerdo de Compra de Energía)
Obligaciones	El contratista asume la responsabilidad de diseño, adquisición de materiales, construcción e instalación. CEO paga por la ejecución de la obra y tiene que garantizar que los plazos y las especificaciones sean cumplidos.	CEO se compromete a vender energía al comprador bajo condiciones específicas de precios y plazos, sin asumir los costos de inversión inicial.
Ventajas	El contratista asume la responsabilidad total	CEO no necesita inversión inicial

	del proyecto, lo que reduce los riesgos operativos de CEO.	(CAPEX) y recibe ingresos estables a largo plazo por la venta de energía generada.
Riesgos Legales y Contractuales	<ul style="list-style-type: none"> - Incumplimiento de plazos de entrega. - Costos adicionales si el contratista no cumple con las especificaciones. - Penalizaciones por incumplimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependencia de condiciones externas: cambios en las tarifas de energía o políticas gubernamentales. - Riesgo de incumplimiento por parte del comprador de la energía.
Regulación y Riesgos Regulatorios	El modelo EPC debe cumplir con la Ley 80 de 1993 y la Ley 1150 de 2007 sobre contratación estatal, regulando la ejecución de contratos y penalizaciones por incumplimiento.	Regulado por la Ley 1715 de 2014 que establece incentivos para la energía renovable y las regulaciones de la CREG para los contratos de compra de energía.

Nota. Elaboración propia.

El modelo EPC se basa en la contratación de un proveedor que se encarga de la ingeniería, adquisición de materiales y construcción de la infraestructura fotovoltaica. Este enfoque permite reducir riesgos operativos, ya que el contratista asume la responsabilidad de la ejecución del proyecto hasta su puesta en marcha. La implementación de este esquema facilita la planificación financiera, al permitir estimar con mayor precisión los costos de inversión y los tiempos de ejecución, lo que contribuye a mejorar la gestión del flujo de caja y el control del presupuesto (Wang y Liu, 2021).

En la siguiente figura se evidencia el proyecto de implementación de 10 grajas fotovoltaicas mediante el modelo EPC, el cual arroja como resultado lo siguiente:

Figura 1.

Proyecto de implementación modelo EPC

Año		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	miles COP	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Generación efectiva de energía	Mwh	846	839	836	833	829	826	823	820	817	814	
52% Autoconsumos de energía - SE		440	436	435	433	431	430	428	426	425	423	
Excedentes de energía		406	403	401	400	398	397	395	394	392	391	
Tarifa energía solar	COP/kwh	354	365	376	388	399	411	424	436	449	463	
Tarifa energía convencional	COP/kwh	1.058	1.091	1.125	1.158	1.193	1.229	1.266	1.304	1.343	1.383	
Costo excedentes	COP/kwh	160	165	170	175	180	186	191	197	203	209	
Costo energía convencional		894.687	915.043	939.824	964.341	989.496	1.015.308	1.041.794	1.068.970	1.096.855	1.125.468	
Costo energía solar		299.357	306.168	314.459	322.662	331.079	339.716	348.578	357.671	367.001	376.574	
Costo : Costo excedentes		64.945	66.423	68.222	70.001	71.827	73.701	75.624	77.596	79.620	81.697	
Ahorro		530.385	542.453	557.144	571.677	586.590	601.892	617.593	633.703	650.234	667.196	
20% Ingresos (% CEO (OPEX))		59.871	61.234	62.892	64.532	66.216	67.943	69.716	71.534	73.400	75.315	
OPEX (CEO)		51.098	54.683	56.561	56.774	57.969	59.690	61.462	63.287	65.166	67.089	
1,20% Industria y Comercio		718	718	718	718	718	718	718	718	718	718	
0,4% Gravamen a los Movimientos Financieros												
P&G - PPA												
(+) Ingresos Operacionales		590.257	603.686	620.035	636.210	652.806	669.835	687.308	705.237	723.634	742.511	
(-) Costos y Gastos		51.817	55.401	57.279	57.493	58.687	60.408	62.181	64.005	65.884	67.807	
(+) EBITDA		538.440	548.285	562.756	578.717	594.118	609.426	625.128	641.232	657.750	674.704	
(-) Depreciación y Amortización												
(+) Utilidad Antes de Impuestos		538.440	603.686	620.035	636.210	652.806	669.835	687.308	705.237	723.634	742.511	
(-) Impuesto de Renta Corriente		188.454	211.290	217.012	222.673	228.482	234.442	240.558	246.833	253.272	259.879	
35% Utilidad Neta		349.986	392.396	403.023	413.536	424.324	435.393	446.750	458.404	470.362	482.632	
VPN		2.565.608	2.566									

Nota. Elaboración propia.

El proyecto de energía fotovoltaica tiene una proyección de 10 años, con una generación de 846 MWh por año en 2024, reduciéndose de manera gradual hasta 814 MWh en 2034, la inversión total es de \$2.685 millones de pesos, sin incluir el IVA descontable, que asciende a \$451 millones. Los ahorros anuales proyectados para el proyecto son de \$795 millones, mientras que la inversión operativa (OPEX) anual es de \$94 millones, lo que generará un EBITDA de \$701 millones en el primer año y un crecimiento progresivo hacia \$674.701 millones en 2034. En términos de rentabilidad, se espera una utilidad neta de \$217 millones por año en 2024, con un incremento constante hasta alcanzar \$482.632 millones en 2034. De igual manera, el proyecto contempla un VPN de \$2.565.608 millones, lo que evidencia su viabilidad financiera a largo plazo.

Este modelo de negocio también incorpora beneficios tributarios importantes, entre los que destacan la depreciación acelerada en los primeros tres años, de acuerdo con la Ley 715 de 2014, que establece incentivos para la integración de energías renovables en el sistema

eléctrico nacional. Esta ley otorga exenciones fiscales como la exención de IVA y la exención de renta hasta 2031, favoreciendo la rentabilidad del proyecto (Villada et al., 2021). Así, la estrategia de implementación se apoya en un modelo de PPA (Power Purchase Agreement), que facilita la operación de 10 granjas fotovoltaicas, garantizando una fuente estable de energía renovable con importantes beneficios económicos y fiscales a lo largo del periodo de desarrollo.

En la siguiente figura se evidencia el proyecto de implementación de 10 granjas fotovoltaicas mediante el modelo PPA.

Figura 2.*Proyecto de implementación modelo PPA*

Compra de equipos											
Inversión	3.934.472,542	874	1,34	0,9							
IVA descontable	676.308,124	150									
2,0% OPEX (CEO)		91.755	95.305	98.641	101.600	104.648	107.788	111.021	114.352	117.783	121.316
Costo financiero	449.759	449.759	449.759	449.759	250.135	250.135	250.135	250.135	250.135	250.135	250.135
Amortización financiera		-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.227.546
0,4% Gravamen a los Movimientos Financieros	18.443	2.166	2.180	2.194	1.407	1.419	1.432	1.445	1.458	1.472	14.396
Costo energía convencional		894.687	915.043	939.824	964.341	989.496	1.015.308	1.041.794	1.068.970	1.096.855	1.125.468
Costo excedentes		64.945	66.423	68.222	70.001	71.827	73.701	75.624	77.596	79.620	81.697
Ahorro		829.742	848.620	871.603	894.339	917.669	941.607	966.170	991.374	1.017.235	1.043.770
P&G - EPC											
(+) Ingresos Operacionales		829.742	848.620	871.603	894.339	917.669	941.607	966.170	991.374	1.017.235	1.043.770
(-) Costos y Gastos		93.921	97.486	100.835	103.007	106.068	109.220	112.466	115.810	119.254	135.712
(+) EBITDA		735.821	751.135	770.768	791.332	811.602	832.388	853.704	875.564	897.980	908.058
(-) Depreciación y Amortización		393.447	393.447	393.447	393.447	393.447	393.447	393.447	393.447	393.447	393.447
(-) Gastos Financieros		449.759	449.759	449.759	250.135	250.135	250.135	250.135	250.135	250.135	250.135
(+) Utilidad Antes de Impuestos		(107.384)	(92.071)	(72.438)	147.750	168.020	188.806	210.122	231.982	254.398	264.476
(-) Impuesto de Renta Corriente		(326.768)	(321.409)	(314.537)	-	-	-	-	(538.486)	89.039	92.567
(-) Impuesto diferido		289.184	289.184	289.184	(123.936)	(123.936)	(123.936)	(123.936)	(123.936)	(123.936)	(123.936)
Utilidad Neta		(69.800)	(59.846)	(47.085)	271.686	291.955	312.742	334.058	894.403	289.295	295.845
		1.129.269	1.144.582	1.164.215	1.184.779	1.205.049	1.225.835	1.247.151	1.269.011	1.291.428	1.301.505
FC											
(+) EBITDA		735.821	751.135	770.768	791.332	811.602	832.388	853.704	875.564	897.980	908.058
(-) Impuesto de Renta			(326.768)	(321.409)	(314.537)	-	-	-	-	(538.486)	89.039
(-) Inversiones de Capital	4.610.781										
(+) Flujo de Caja Libre	(4.610.781)	735.821	1.077.903	1.092.177	1.105.869	811.602	832.388	853.704	875.564	1.436.466	819.019
(+) Aportes de Capital	1.383.234										
(+) Desembolso de Créditos	3.227.546										
(-) Gastos Financieros		449.759	449.759	449.759	250.135	250.135	250.135	250.135	250.135	250.135	250.135
(-) Amortizaciones Financieras		-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.227.546
(+) Flujo de Caja Financiero	0	286.063	628.144	642.418	855.734	561.467	582.253	603.569	625.429	1.186.331	-2.658.663
	(1.383.234)	286.063	628.144	642.418	855.734	561.467	582.253	603.569	625.429	1.186.331	(2.658.663)
	(1.383.234)	275.405	584.291	580.163	750.298	477.949	481.208	484.296	487.219	897.253	-1.952.248
VPN	\$ 2.118.383										

Nota. Elaboración propia.

Bajo el modelo PPA, CEO no tendría inversión en CAPEX, debido a que la capacidad de generación y la proyección de ingresos serían las mismas que bajo el modelo EPC. En este caso, los ahorros anuales para CEO serían de \$428 millones. A través del contrato de colaboración establecido entre CEO y Promigas, se generarían ingresos anuales de \$88 millones, que corresponden al 23% de la facturación por la venta de energía generada. También, el gasto anual o OPEX se estima en \$77 millones, lo que resultaría en un EBITDA de \$939 millones anuales. Con estos números, se proyecta una utilidad neta de \$331 millones por año y un VPN de \$1.980 millones a lo largo del proyecto. Se ha establecido una tarifa de \$453 COP/kWh para la energía, con un incremento anual del 24%, lo cual asegura un crecimiento sostenido de los ingresos.

En el contexto de la colaboración entre CEO y Promigas, el acuerdo estipula que CEO recibirá una retribución del 23% de la facturación por cada venta de proyectos solares. Es decir, Promigas facturará cada mes a CEO el valor del consumo generado por las granjas fotovoltaicas, y CEO, a su vez, recibirá el 23% de ese monto según lo acordado en el contrato. Este modelo colaborativo asegura una participación equitativa en los ingresos derivados de la venta de energía y fomenta el crecimiento de ambos actores en el mercado de energía renovable.

4.2.2 Proponer un plan estratégico para la implementación gradual de las granjas fotovoltaica

s, incluyendo mecanismos de monitoreo y evaluación que aseguren la eficiencia energética, operativa y financiera a lo largo plazo.

4.2.2.1 Definición del plan estratégico.

El desarrollo de un plan estratégico para la implementación gradual de las granjas fotovoltaicas en la Compañía Energética de Occidente (CEO) permite estructurar la ejecución del proyecto en fases, asegurando una transición ordenada hacia un modelo de generación de energía sostenible. Este plan se basa en la planificación escalonada de las instalaciones fotovoltaicas en diez subestaciones. La estrategia busca maximizar la eficiencia energética, garantizar la estabilidad operativa y asegurar la rentabilidad financiera del proyecto a largo plazo mediante la aplicación de mecanismos de monitoreo y mantenimiento (Redrován et al., 2022).

El enfoque estratégico de implementación contempla una ejecución, donde cada fase

del proyecto se desarrolla bajo criterios de evaluación técnica y financiera. Esta metodología permite corregir desviaciones en las primeras etapas y aplicar mejoras en la implementación de las siguientes subestaciones. Para ello, el cronograma de trabajo ha sido diseñado en función de variables como disponibilidad de infraestructura, análisis de demanda energética y optimización de costos de inversión . Además, la adopción de estándares internacionales en eficiencia energética y monitoreo de desempeño garantizará que el proyecto mantenga niveles de productividad en cada una de sus fases (Osorio y Giraldo, 2024).

A continuación, se presenta el cronograma de implementación.

Figura 3.

Cronograma de implementación.

Actividades	nov-24	dic-24	mar-25	abr-25	may-25	jun-25	jul-25	ago-25
Análisis del proyecto								
Presentación del proyecto								
Puesta en marcha proyecto								
Implementación San Bernandino								
Implementación Cabañas								
Implementación Principal								
Implementación Santander de Quilichao								
Implementación Zaque								
Implementación Timbío								
Implementación Centro								
Implementación Corinto								
Implementación Norte								
Implementación El Bordo								

Nota. Elaboración propia.

De este modo, contar con un plan estratégico para el desarrollo de proyectos de granjas fotovoltaicas garantiza su éxito a largo plazo y maximizar los beneficios operativos y financieros. Este plan proporciona una estructura clara para la ejecución y expansión gradual del proyecto,

adaptándose a las condiciones cambiantes del mercado y la red eléctrica. Al planificar la escalabilidad del proyecto, se asegura que la incorporación de nuevas plantas fotovoltaicas se realice sin comprometer la calidad o la operatividad de las instalaciones existentes, lo que maximiza su impacto en términos de producción energética y rentabilidad (Segura et al., 2023).

El monitoreo actúa dentro de cualquier plan estratégico en proyectos de gran envergadura y larga duración como las granjas fotovoltaicas. Un seguimiento de la producción de energía, la eficiencia operativa, los costos y los ingresos es crucial para identificar áreas de mejora, optimizar el rendimiento de los equipos y realizar ajustes oportunos en la estrategia del proyecto. Este proceso de monitoreo permite asegurar que los objetivos del proyecto se alcancen de manera sostenida y que se puedan tomar decisiones informadas a lo largo de todo su ciclo de vida (Talayero et al., 2020).

Dentro del presupuesto establecido en el estudio financiero se tiene contemplado una inversión de \$77 MM mensuales para realizar el mantenimiento y monitoreo de las 10 subestaciones de la siguiente manera:

- El mantenimiento de los equipos se llevará a cabo de forma periódica cada tres meses, conforme a los estándares internacionales establecidos para este tipo de tecnología.
- El centro de control y monitoreo de CEO será responsable de realizar un seguimiento continuo de las 10 subestaciones generadoras instaladas con los paneles solares. Este monitoreo se realizará mediante un software especializado, apoyado por un equipo técnico encargado de velar por el correcto funcionamiento de todos los equipos. Asimismo, el área de energía solar gestionará la contratación de un tercero para la

ejecución del mantenimiento de los equipos, asegurando su operatividad y eficiencia a lo largo del tiempo.

4.2.3 Evaluar la viabilidad técnica de la implementación de las granjas fotovoltaicas, identificando los requerimientos de infraestructura, capacidad instalada y las condiciones operativas de las subestaciones eléctricas seleccionadas.

Con el fin de lograr un plan efectivo de implementación y análisis técnico del proyecto se realizó el análisis de las subestaciones de CEO que más consumo de energía eléctrica están generando, para ello se elaboró la siguiente matriz de consumo de las 10 subestaciones principales.

En la siguiente tabla se muestra que en las 10 subestaciones principales de CEO, existe un consumo de 819.665 kWh, el cual da un total de pago de \$833,27MM al año, el promedio pagado por kWh es de \$1214.

Tabla 3.

Consumo de energía CEO

Subestaciones - CEO	Autoconsumo KWh/año	Costo por SSEE 2024
San Bernardino	441,850	\$ 350,593,300
Cabañas	77,921	\$ 87,702,800

Principal	54,642	\$ 55,777,500	
Santander de Quilichao	57,472	\$ 49,227,600	
Zaque	44,317	\$ 63,524,900	
Timbío	46,230	\$ 107,100,300	
Centro	35,274	\$ 51,832,300	
Corinto	26,392	\$ 23,020,100	
Norte	21,651	\$ 29,065,000	
El Bordo	13,916	\$ 15,428,603	
TOTAL	819,665	\$ 833,272,403	

Nota. Tomado de consumos de energía open smarflex- CEO 2024.

Con la anterior información se elaboró una matriz de generación fotovoltaica teniendo en cuenta factores relacionados con la eficiencia de equipos y asoleamiento de cada zona, factores climáticos, dimensionamiento y eficiencia de inversores, seguridad física, normativas y permisos, accesibilidad.

Para ello se trasladó a un equipo técnicos a cada zona con el apoyo de la dirección logística y apoyo del área financiera y comercial obteniendo como resultado lo siguiente:

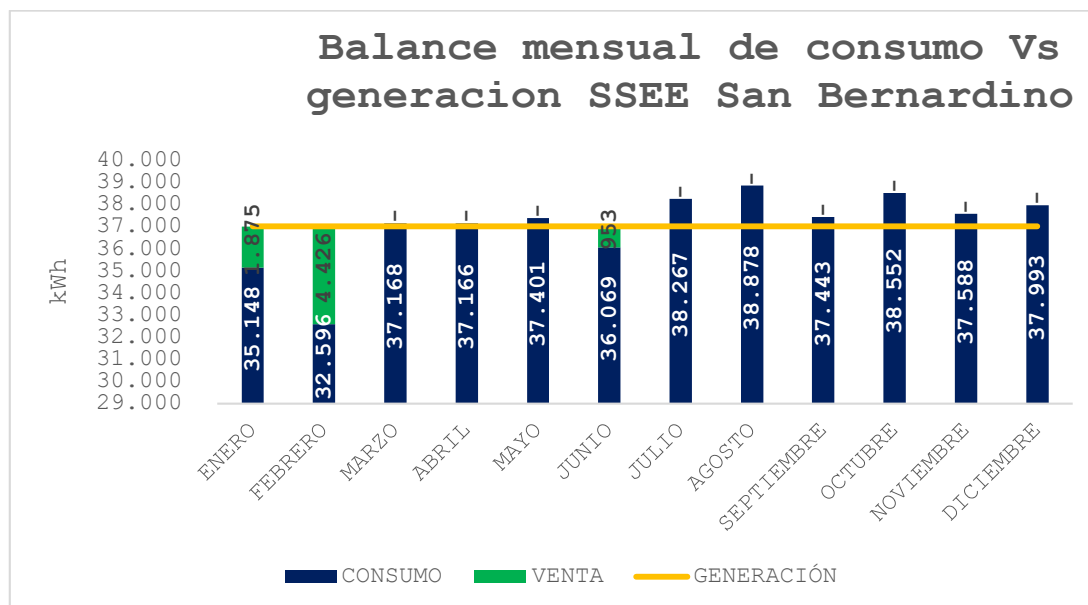
A cada subestación se le realizó un análisis detallado teniendo en cuenta las diferentes zonas donde se encuentran localizadas.

4.2.3.1 San Bernardino.

San Bernardino, ubicada a la zona norte del municipio de Popayán es la subestación que mayor consumo tiene. En la siguiente figura se muestra el análisis de la generación por medio de paneles solares en la subestación San Bernardino. Se puede observar, dentro del estudio que de acuerdo con las variables planteadas en terreno y zona es posible tener una generación mensual de 37.000 kWh supliendo la demanda necesaria en el 95% del año, es claro resaltar que los picos de consumo de esta SSEE para los meses de julio, agosto y octubre se subsanaran con energía convencional ya que el sistema no estará desconectado por completo.

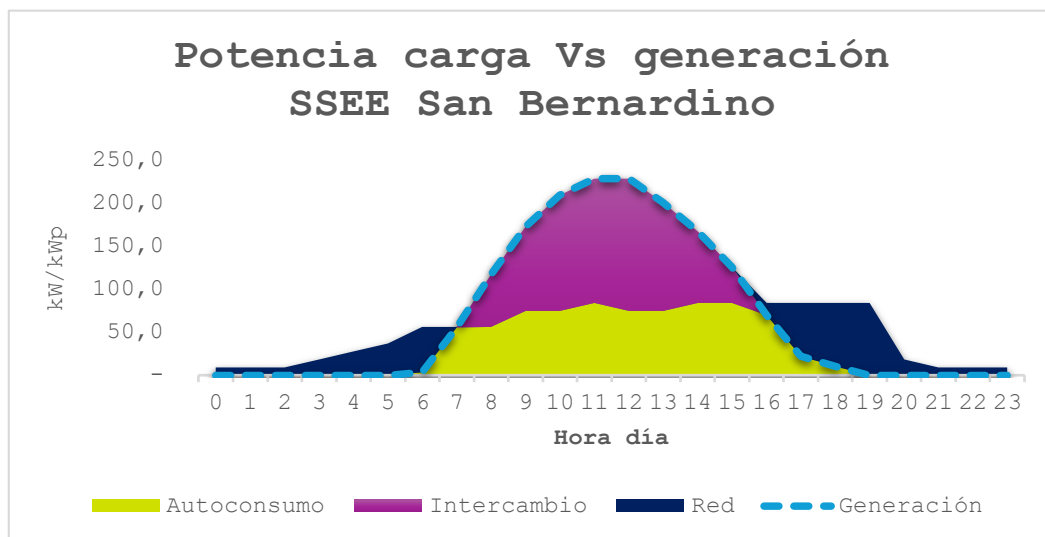
Figura 4.

Matriz de generación San Bernardino



Nota. Elaboración propia.

Al analizar la curva de generación Vs la potencia de carga muestra que la generación a partir de paneles solares surte un efecto positivo desde las 06:00am alcanzado su máximo potencial a las 12m y el declive a las 18:00 horas, demostrando la suficiencia solar para subsanar el consumo de la SSEE.

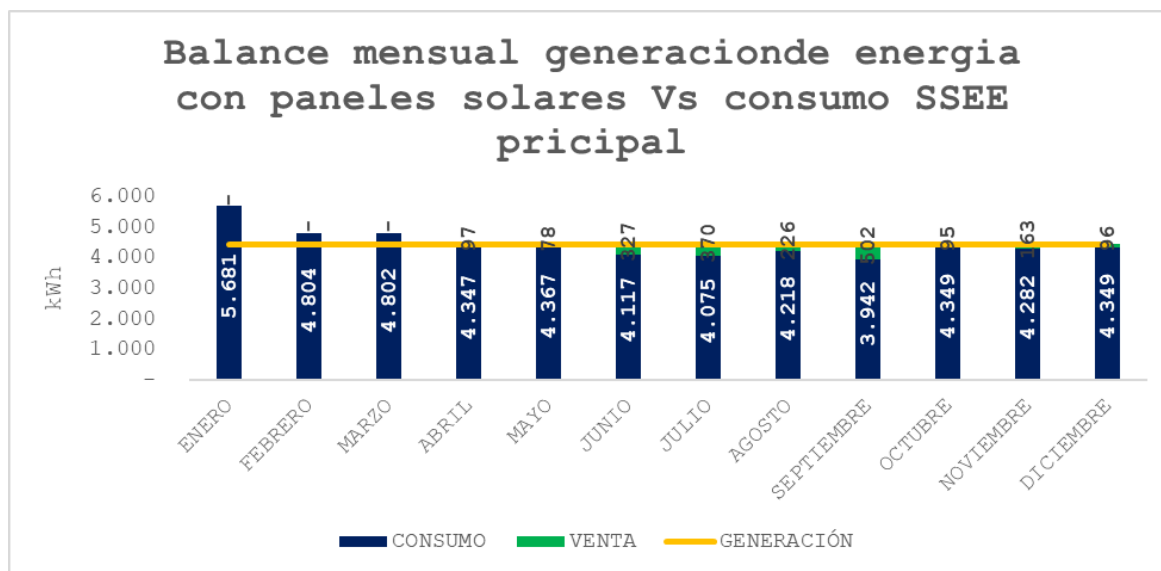
Figura 5.*Carga vs Generación San Bernardino*

Nota. Elaboración propia.

4.2.3.2 Subestación Principal.

Subestación Principal, ubicada al sur del municipio de Popayán esta un SSE gran consumo 53.332 kWh al año y un promedio mensual de 4.444 kWh, la capacidad instalada para la SSEE principal será de 4.444 kWh mensual.

Figura 6.*Matriz de generación Subestación principal*

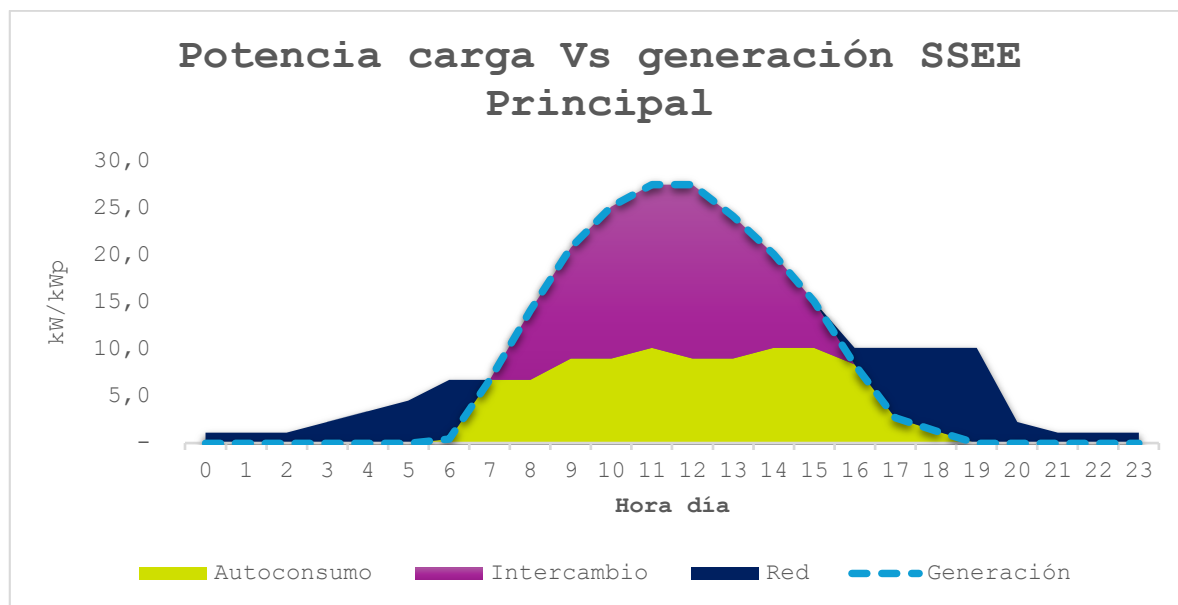


Nota. Elaboración propia

La potencia de generación mediante paneles solares en la SSEE principal cumple con la demanda exigida.

Figura 7.

Potencia vs Generación Subestación principal



Nota. Elaboración propia.

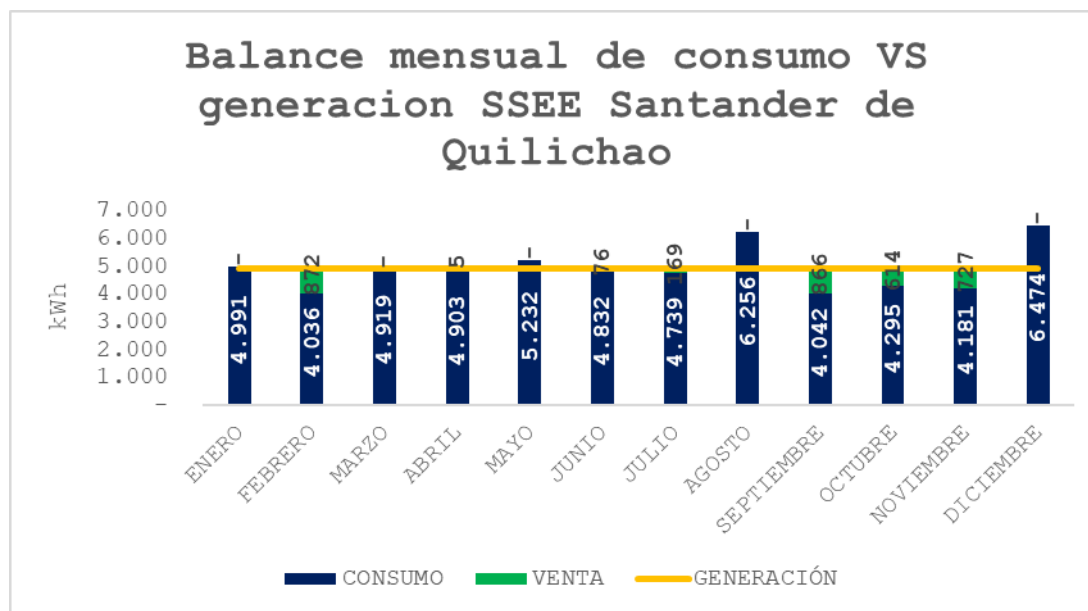
Esta figura representa la relación entre la carga y la generación de energía en la subestación principal a lo largo del día. Se observa que la generación (línea azul punteada) sigue un patrón similar a una curva solar, alcanzando su punto máximo alrededor del mediodía. El autoconsumo (amarillo) es constante durante las horas de mayor generación, mientras que el intercambio de energía (morado) cubre parte de la demanda cuando la generación no es suficiente. Sin embargo, en las primeras y últimas horas del día, la red eléctrica (azul oscuro) suplente la carga debido a la baja generación. Esto indica una fuerte dependencia de la red en horas nocturnas y una oportunidad para mejorar el almacenamiento o la gestión del consumo para reducir la dependencia externa. (Alves y Falcão, 2020).

4.2.3.3 Subestación Santander de Quilichao

Esta estación está ubicada al norte de Cauca y limita con el Valle del Cauca.

Figura 8.

Matriz de generación Santander de Quilichao

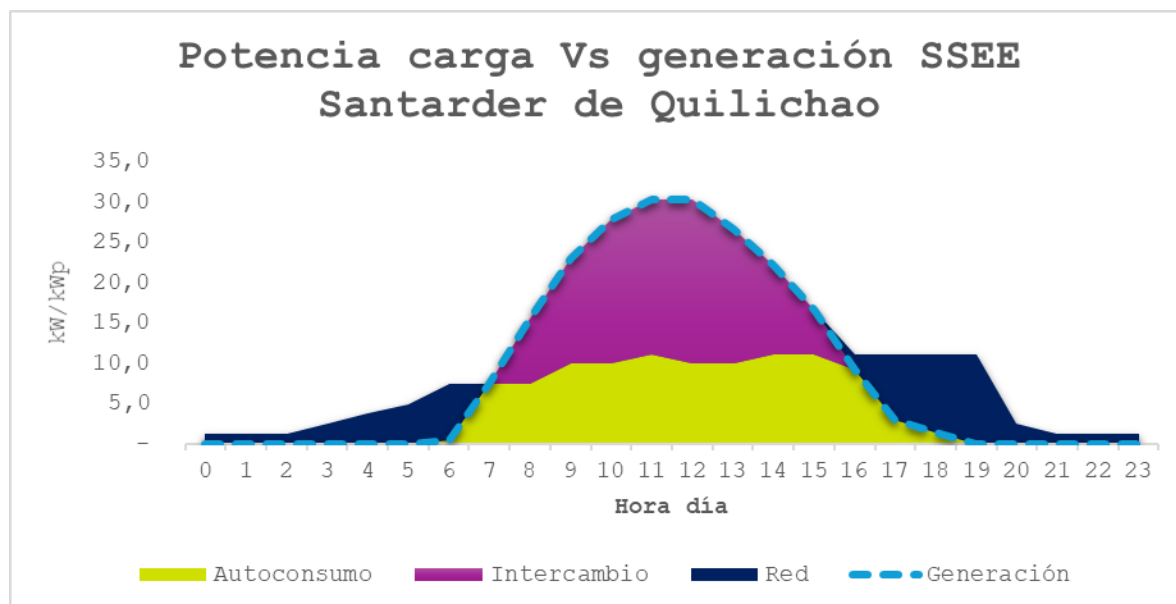


Nota. Elaboración propia.

El gráfico muestra el balance mensual entre el consumo y la generación de energía en la subestación Santander de Quilichao. Se observa que el consumo de energía (representado en azul) es mayor que la generación (en amarillo) en todos los meses, lo que indica una alta dependencia de fuentes externas de electricidad. El consumo varía entre 4.000 y 6.250 kWh, con los valores más altos en agosto y diciembre. La generación se mantiene constante con valores bajos, mientras que la venta de energía (en verde) es mínima en comparación con el consumo. Esto sugiere que la generación local no es suficiente para cubrir la demanda, lo que podría implicar la necesidad de aumentar la capacidad de generación o mejorar la eficiencia energética en la zona (Marco, 2020).

Figura 9.

Carga vs Generación Santander de Quilichao



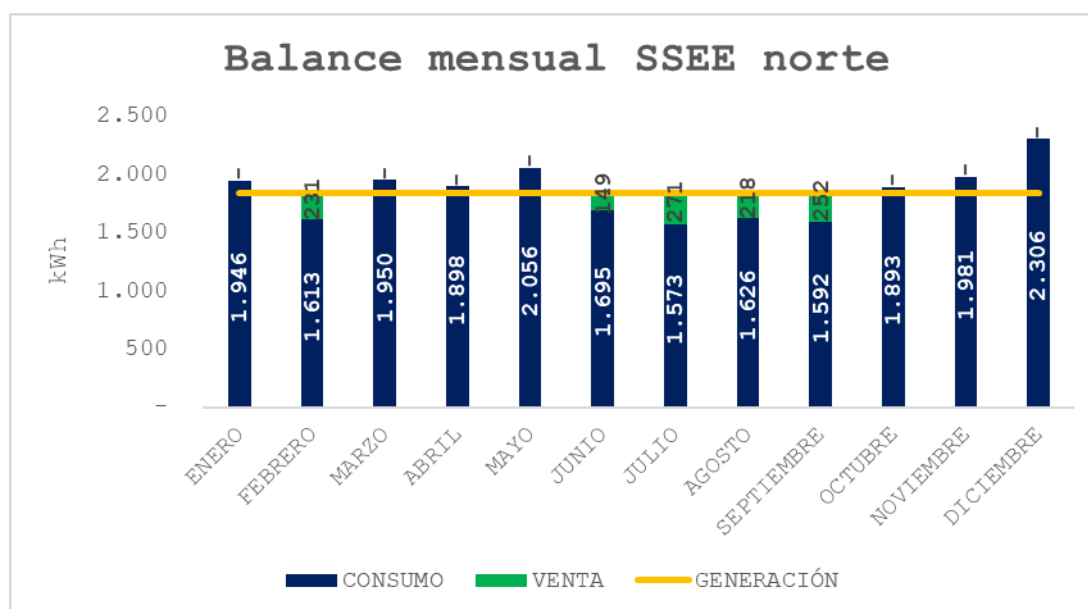
Nota. Elaboración propia.

La capacidad instalada en la subestación Santander de Quilichao cumple con la demanda, se realizará una instalación de una granja fotovoltaica para generación de 4.908 kWh, la potencia de carga es satisfactoria y cumple con los protocolos establecidos para la viabilidad. El gráfico muestra la relación entre la potencia de carga y la generación de energía. Se observa que la generación (línea azul punteada) sigue un patrón solar, alcanzando su punto máximo alrededor del mediodía y disminuyendo en la tarde. Durante las horas de mayor generación, una parte de la energía se destina al autoconsumo (amarillo), mientras que el excedente es intercambiado (morado). En las primeras y últimas horas del día, cuando la generación es baja o nula, la demanda es suplida por la red eléctrica (azul oscuro). Esto indica una dependencia de la red en la noche y la madrugada, resaltando la importancia de estrategias de almacenamiento para optimizar el uso de la energía generada durante el día (Farías et al., 2024).

4.2.3.4 Subestación Norte.

Figura 10.

Matriz de generación Subestación norte



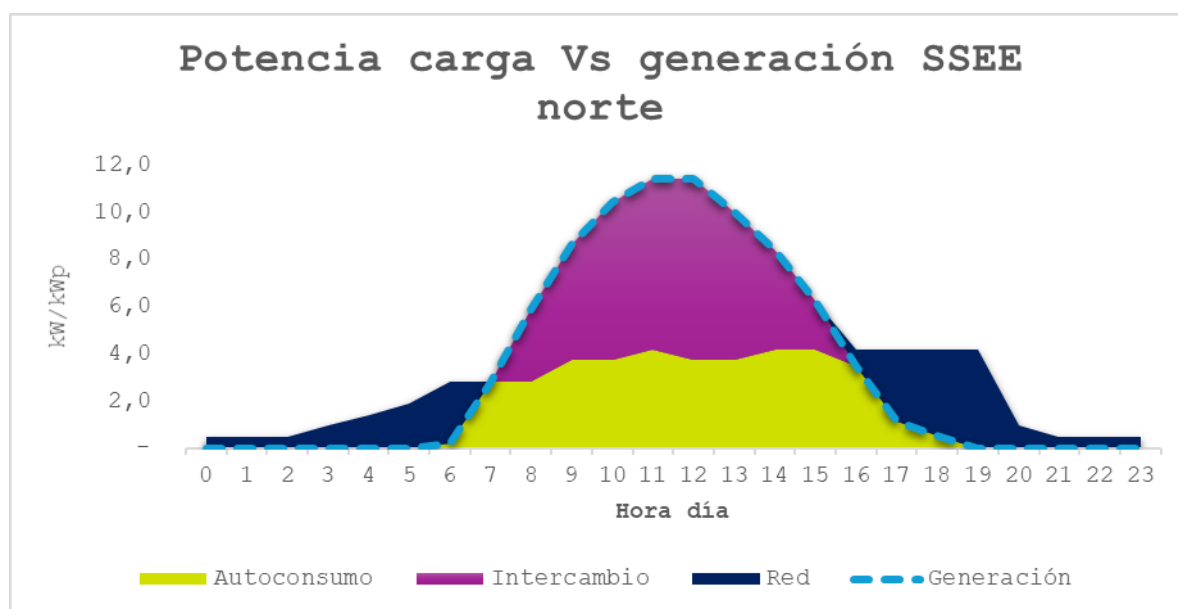
Nota. Elaboración propia.

El gráfico muestra el balance mensual de consumo y generación en la subestación norte, Ubicada al norte de Popayán, esta subestación consume mensualmente 1.884 kWh.. Se observa que el consumo de energía (en azul) varía entre 1.573 kWh en julio y 2.306 kWh en diciembre, con una tendencia estable a lo largo del año. La generación (línea amarilla) se mantiene constante y superior al consumo en la mayoría de los meses, lo que indica una capacidad de generación adecuada. Sin embargo, también se registran pequeñas cantidades de venta de energía (en verde), lo que sugiere que en ciertos momentos se produce un excedente energético que puede ser inyectado a la red. A pesar de esto, hay meses donde el consumo se acerca bastante a la generación,

lo que indica la necesidad de monitorear la demanda para evitar déficits energéticos en el futuro (Barrios, 2024).

Figura 11.

Carga vs Generación Subestación norte



Nota. Elaboración propia.

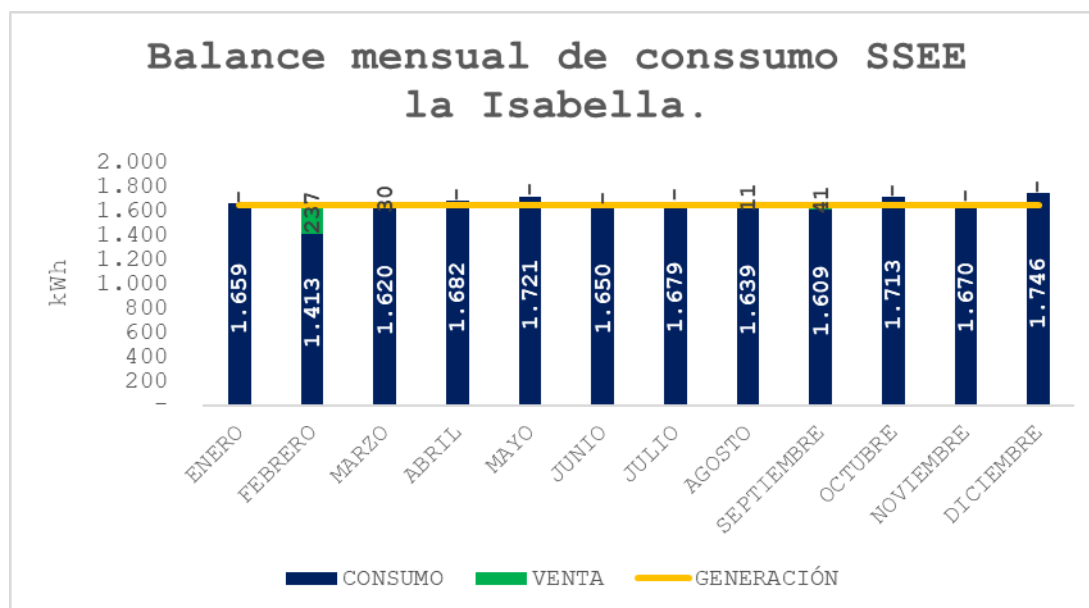
De este modo, En el análisis de consumo vs la capacidad instalada en la SSEE del norte, se proyecta una generación de 1.844 kWh mensuales para cumplir con la demanda necesaria. La gráfica muestra que la generación sigue un patrón solar, con un pico máximo alrededor del mediodía, lo que permite suplir una parte importante del consumo mediante autoconsumo e intercambio de energía. Con respecto a la potencia de carga vs la generación, se observa que el

sistema cumple con lo establecido para que el proyecto sea viable, garantizando estabilidad en el suministro energético. Sin embargo, en las horas de menor generación, la red eléctrica convencional sigue siendo una fuente de respaldo. Cabe destacar que en las 10 subestaciones intervenidas no se contempla una desconexión total del sistema convencional de energía eléctrica, asegurando así la continuidad del servicio en momentos de baja generación (Cuji y Zambrano, 2022).

4.2.3.5 Subestación la Isabella.

Figura 12.

Matriz de generación Subestación la Isabella



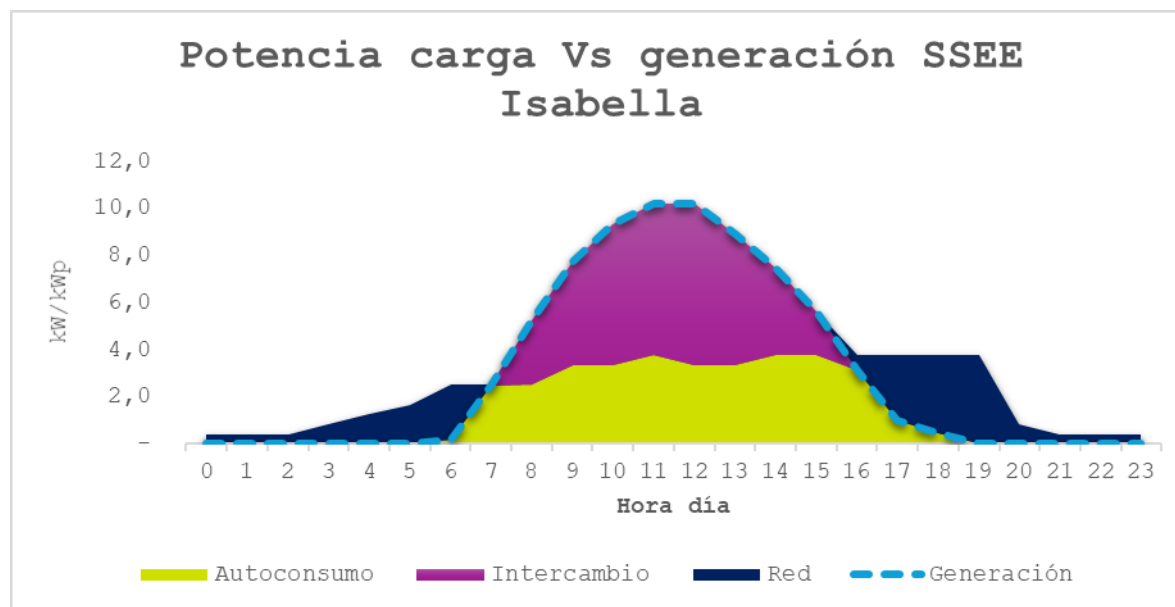
Nota. Elaboración propia.

El gráfico muestra el balance mensual de consumo en la subestación La Isabella, donde se observa que el consumo de energía (en azul) se mantiene estable a lo largo del año, con valores que oscilan entre 1.413 kWh en febrero y 1.746 kWh en diciembre. La generación (línea amarilla)

permanece constante, cubriendo la demanda sin grandes excedentes. Se registra una pequeña venta de energía en marzo, lo que indica que en ciertos momentos hubo una leve sobreproducción. Con un consumo promedio mensual de 1.650 kWh, esta subestación se encuentra entre las 10 de mayor consumo de energía, razón por la cual ha sido incluida en este proyecto. De acuerdo con Pavón y Gualotuña (2024), la estabilidad en el consumo sugiere una demanda constante que puede beneficiarse de estrategias de eficiencia energética y optimización del autoconsumo.

Figura 13.

Carga vs Generación Subestación la Isabella



Nota. Elaboración propia.

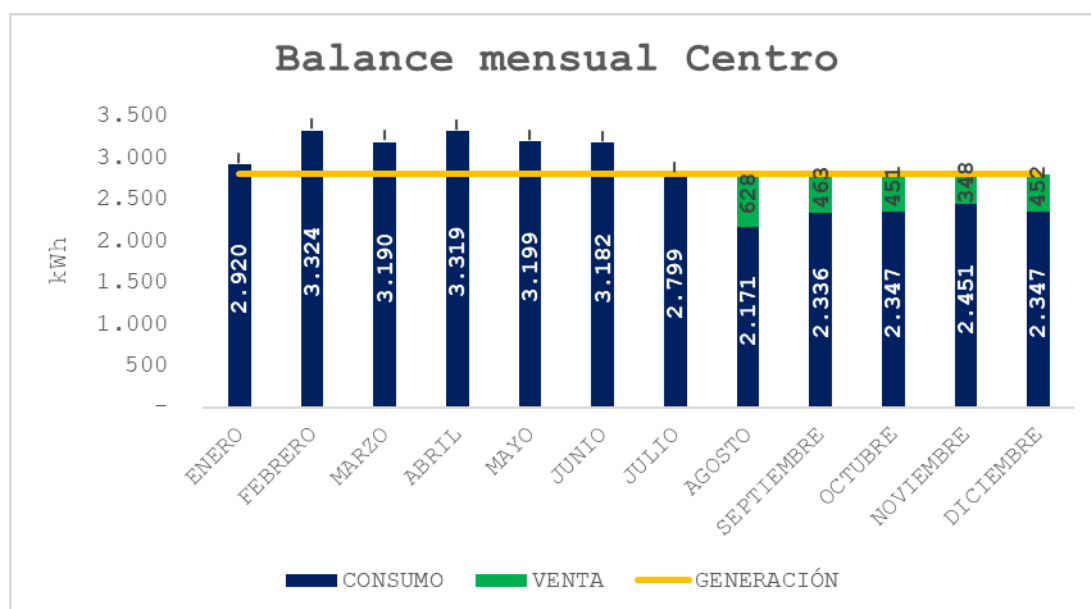
El gráfico muestra la relación entre la potencia de carga y la generación de energía en la

subestación La Isabella a lo largo del día. Se observa que la generación (línea azul punteada) sigue un patrón de producción solar, alcanzando su punto máximo al mediodía y disminuyendo en la tarde. Durante las horas de mayor generación, parte de la energía es utilizada para autoconsumo (amarillo), mientras que el excedente se intercambia (morado). En las primeras y últimas horas del día, cuando la generación es baja o nula, la red eléctrica (azul oscuro) suplente la demanda. Esto demuestra que la subestación depende de la red en ciertos momentos, pero logra aprovechar la energía generada. La SSEE Isabella cumple con los parámetros establecidos para la viabilidad técnica del proyecto, así como con las condiciones de seguridad y el asoleamiento necesario para garantizar la eficiencia en la generación de energía (Guerrero, 2020).

4.2.3.6 Subestación Centro.

Figura 14.

Matriz de generación Subestación Centro

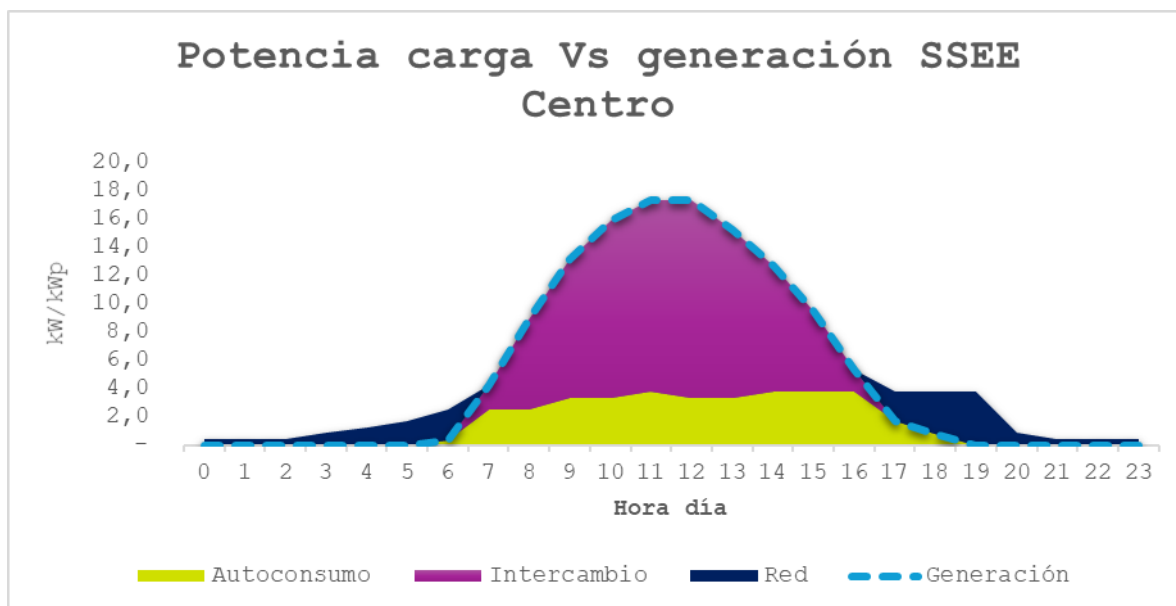


Nota. Elaboración propia.

El gráfico muestra el balance mensual de consumo y generación de energía en la subestación Centro, ubicada en el centro de la ciudad de Popayán, la cual presenta un gran consumo energético. Se observa que el consumo (barras azules) es constante durante el año, con valores que oscilan entre 2.171 kWh en agosto y 3.324 kWh en febrero. La generación de energía (línea amarilla) se mantiene estable, mientras que, en algunos meses, como septiembre, octubre, noviembre y diciembre, se registra una venta de excedentes (verde), lo que indica que en ciertos periodos la generación supera la demanda. A pesar de ello, en la mayoría de los meses el consumo sigue siendo superior a la generación proyectada con paneles solares, lo que sugiere la necesidad de una optimización en el uso de la energía o el apoyo complementario de la red eléctrica para cubrir la demanda total (Huchin et al., 2024).

Figura 15.

Carga vs Generación Subestación Centro



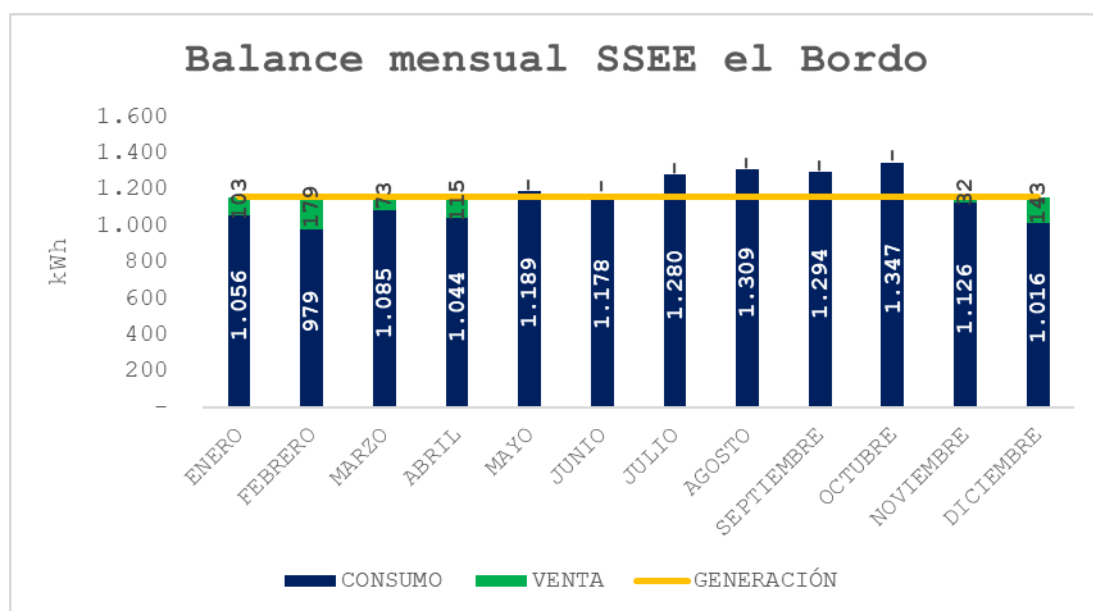
Nota. Elaboración propia.

El gráfico muestra la relación entre la potencia de carga y la generación de energía en la subestación Centro a lo largo del día. Se observa que la generación (línea azul punteada) sigue un patrón solar, alcanzando su punto máximo entre las 12:00 y 14:00 horas, lo que permite cubrir parte del consumo mediante autoconsumo (amarillo) y generar excedentes que son intercambiados (morado). A pesar de ello, en las primeras horas de la mañana y después de las 17:00 horas, cuando la generación es baja o nula, la red eléctrica (azul oscuro) se convierte en la fuente principal de suministro. Esto indica que, aunque la generación solar ayuda a reducir la demanda de la red en las horas centrales del día, sigue existiendo una dependencia de la red en ciertos periodos. Según lo sugerido por Amores et al. (2024), la información sugiere que una estrategia de almacenamiento de energía o una optimización del consumo podrían mejorar la autosuficiencia energética de la subestación.

4.2.3.7 Subestación el Bordo.

Figura 16.

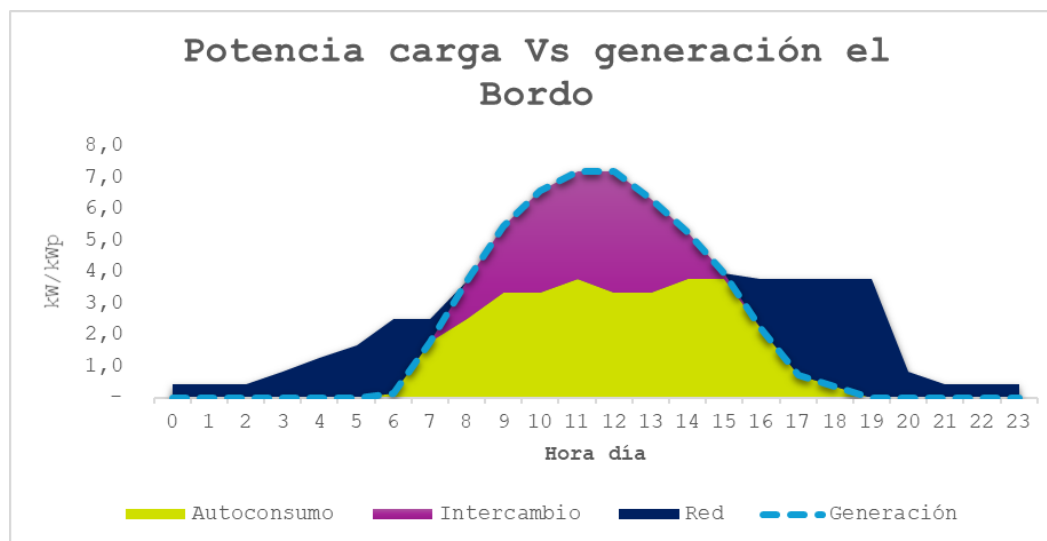
Matriz de generación Subestación el Bordo



Nota. Elaboración propia.

Figura 17.

Carga vs Generación Subestación el Bordo



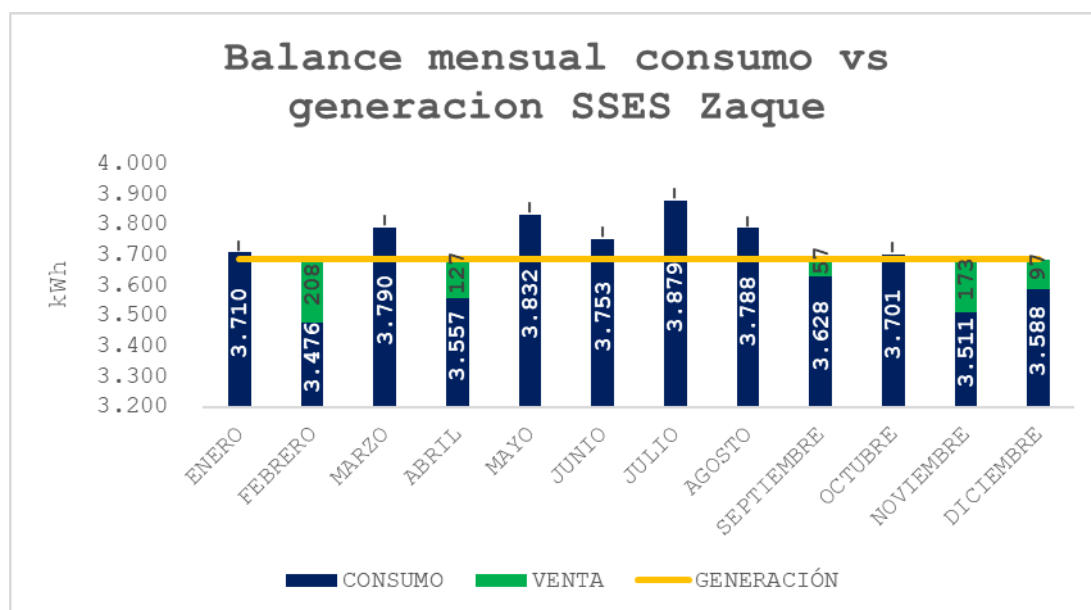
Nota. Elaboración propia.

El gráfico muestra la relación entre la potencia de carga y la generación de energía en la subestación El Bordo a lo largo del día. Se observa que la generación (línea azul punteada) sigue un patrón solar, alcanzando su punto máximo entre las 12:00 y 14:00 horas. Durante este periodo, una parte significativa de la energía es utilizada para autoconsumo (amarillo), mientras que el excedente se intercambia (morado). En las primeras horas de la mañana y después de las 17:00 horas, cuando la generación disminuye, la red eléctrica (azul oscuro) se convierte en la principal fuente de suministro. Al analizar la potencia de carga vs la capacidad de generación en la zona, se muestra un impacto entre las 9:00 y 15:00 horas, evidenciando señales positivas y viables para la implementación del proyecto. En relación a esto, Flores et al. (2023) sugiere que la generación solar puede cubrir una parte importante de la demanda en las horas centrales del día, reduciendo la dependencia de la red y optimizando el uso de la energía renovable.

4.2.3.8 Subestación Zaque.

Figura 1

Balance mensual consumo vs generación SSES Zaque



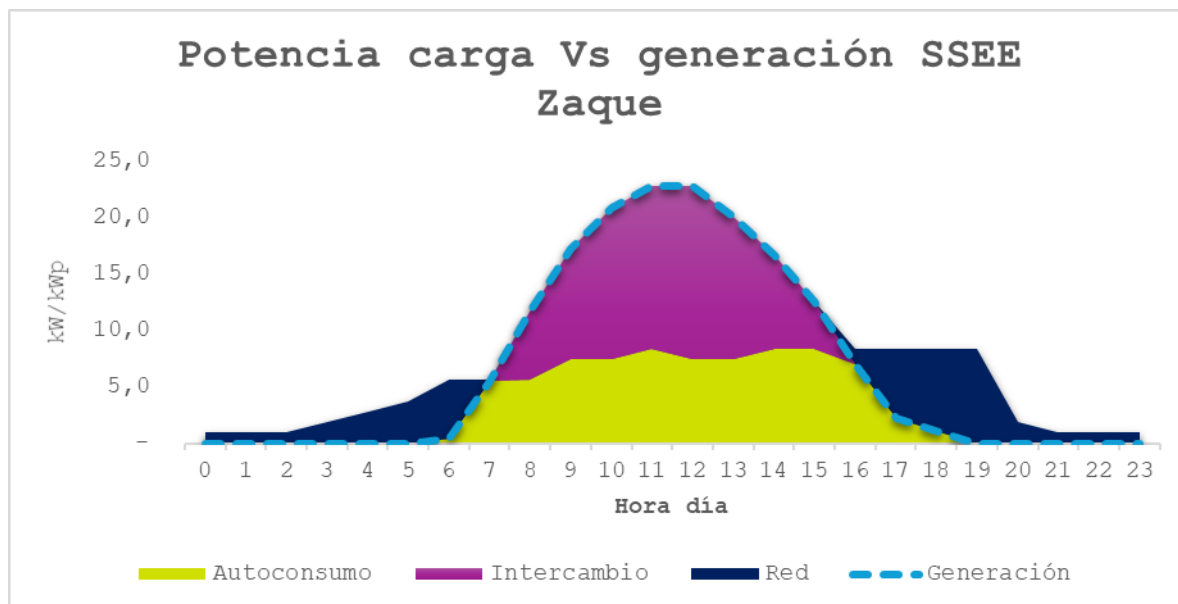
Nota. Elaboración propia.

El gráfico muestra el balance mensual de consumo y generación de energía en la subestación SSES Zaque, ubicada al sur del Cauca, la cual presenta un consumo promedio de 3.684 kWh mensuales. Se observa que el consumo (barras azules) se mantiene estable durante el año, con valores que oscilan entre 3.511 kWh en noviembre y 3.876 kWh en julio. La generación de energía (línea amarilla) se mantiene constante, permitiendo cubrir gran parte del consumo. Además, en algunos meses como marzo, abril, mayo y diciembre, se registra una venta de excedentes (verde), lo que indica que en ciertos periodos la generación supera la demanda. Sin embargo, el consumo sigue siendo alto, lo que resalta la importancia de optimizar el uso de la energía generada y evaluar estrategias de eficiencia energética para reducir la dependencia de la red eléctrica en momentos de

mayor demanda (Sáchica, 2020).

Figura 18.

Carga vs Generación Subestación Zaque



Nota. Elaboración propia.

El gráfico muestra la relación entre la potencia de carga y la generación de energía en la subestación SSEE Zaque a lo largo del día. Se observa que la generación (línea azul punteada) también sigue un patrón de producción solar, comenzando su ascenso en las primeras horas de la mañana y alcanzando su punto máximo entre las 12:00 m y las 3:00 p.m., lo que indica un óptimo aprovechamiento de la radiación solar en la zona. Durante este periodo, una parte de la energía se destina al autoconsumo (amarillo), mientras que el excedente se intercambia (morado). En las horas de la noche y madrugada, la red eléctrica (azul oscuro) suplente la demanda debido a la ausencia de generación solar. En el análisis de potencia vs carga, la subestación Zaque resulta viable, ya que cumple con todos los estándares establecidos para la implementación del proyecto. Su curva de

generación demuestra un comportamiento estable y predecible, lo que favorece la integración eficiente de la energía solar en el sistema eléctrico (Madero et al., 2024).

4.2.4 Determinar el impacto ambiental del proyecto, calculando la disminución de emisiones de CO₂ y cuantificando el aporte del proyecto al cumplimiento de los ODS en materia de sostenibilidad energética.

La implementación de las diez granjas fotovoltaicas en la Compañía Energética de Occidente (CEO) permitirá reducir anualmente 181 toneladas de CO₂, lo que representa una disminución en la huella de carbono de la empresa. Para determinar el impacto ambiental del proyecto, se utiliza la metodología de análisis del ciclo de vida (ACV), la cual permite evaluar las emisiones evitadas en comparación con la generación de energía a partir de fuentes fósiles (Dalmora et al., 2023). En concordancia, algunos autores afirman que el reemplazo de fuentes de energía convencionales por energía solar puede disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en un rango del 70 % al 90 % en comparación con las tecnologías tradicionales. Por lo tanto, la integración de estas infraestructuras energéticas contribuye a la transición hacia un modelo más sostenible, alineado con las estrategias de mitigación del cambio climático y con la política energética nacional (Lorente et al., 2020).

La metodología de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) aplicada en este estudio se centra en evaluar las emisiones evitadas al reemplazar fuentes de energía convencionales por energía solar fotovoltaica. Se definieron los límites del sistema, que abarcan las fases de instalación, operación y mantenimiento de los paneles solares, así como la gestión de residuos al final de su vida útil. En cuanto a los factores de emisión, se utilizaron datos obtenidos de fuentes confiables, como la base de datos ecoinvent y las directrices del IPCC, para asegurar la precisión en los cálculos de reducción

de CO₂. Se incorporaron supuestos tales como la eficiencia de los paneles solares durante su vida útil, las tasas de deterioro de los equipos y las variaciones en la radiación solar, que son esenciales para obtener resultados representativos (Rodríguez, 2023).

El alcance temporal del análisis se extendió a lo largo de un período de 20 años, lo que es característico para proyectos fotovoltaicos y refleja el ciclo de vida de los sistemas instalados. Esta duración permite proyectar la generación de energía y las emisiones evitadas durante todo el período en que los paneles solares estarán operativos. Además, se utilizó una metodología basada en escenarios que incorpora diversas condiciones operativas, como cambios en la radiación solar, el consumo energético de las subestaciones y las posibles actualizaciones tecnológicas. Este enfoque robusto del ACV proporciona una base para validar la reducción de 181 toneladas de CO₂ anuales como resultado de la implementación de las granjas fotovoltaicas (Murillo, 2003).

Es por ello que el proyecto contribuye al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 7, relacionado con el acceso a una energía asequible y no contaminante. La incorporación de energía fotovoltaica en el portafolio energético de CEO permite diversificar las fuentes de abastecimiento y reducir la dependencia de la red eléctrica basada en combustibles fósiles. Teniendo en cuenta lo señalado por Mesa et al. (2023), el uso de energías renovables contribuye a la estabilidad del suministro energético y disminuye los costos de producción a mediano y largo plazo. En este contexto, la adopción de energía solar promueve la eficiencia económica y la resiliencia del sistema energético frente a las fluctuaciones del mercado de los combustibles.

En relación con el ODS 13, enfocado en la acción por el clima, el proyecto de generación solar en CEO representa una estrategia para reducir la dependencia de fuentes fósiles y minimizar

las emisiones de CO₂. La transición energética hacia fuentes renovables es una de las acciones recomendadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para la mitigación del calentamiento global (Castellanos et al., 2024). En este sentido, la instalación de granjas fotovoltaicas permite evitar la emisión de gases contaminantes derivados de la combustión de hidrocarburos, lo que contribuye a reducir los efectos adversos del cambio climático a nivel local y regional.

El impacto del proyecto también se relaciona con el ODS 9, que promueve el desarrollo de infraestructuras sostenibles y la innovación en la industria. En relación con esto, la instalación de granjas solares implica la modernización del sistema eléctrico de CEO, lo que permite optimizar la eficiencia operativa y reducir la dependencia de redes externas de abastecimiento energético. De acuerdo con Di Pietro (2022), la inversión en infraestructura renovable es una estrategia para mejorar la seguridad energética y fomentar la transición hacia sistemas eléctricos descentralizados. En este contexto, la implementación de energía solar en CEO representa una transformación tecnológica que favorece la adaptación a los nuevos modelos de generación distribuida.

Por último, el proyecto contribuye al ODS 12, que busca promover patrones de producción y consumo responsables. La integración de energía renovable permite disminuir el uso de combustibles fósiles y reducir la presión sobre los recursos naturales no renovables. De esta manera, la transición hacia fuentes sostenibles de energía ayuda a minimizar los impactos ambientales derivados de la explotación de recursos energéticos convencionales. En este sentido, la implementación de granjas fotovoltaicas en CEO favorece la optimización del consumo de energía y la reducción de emisiones contaminantes, promoviendo una gestión sostenible del recurso energético. (Gutierrez, 2022)

4.2.5 Alineación de objetivos

El objetivo general de este estudio es realizar una valoración financiera integral que permita establecer la viabilidad económica de implementar diez granjas fotovoltaicas en las subestaciones eléctricas de la Compañía Energética de Occidente (CEO). Este objetivo busca, en última instancia, reducir los costos por autoconsumo, crear excedentes energéticos para su comercialización y reducir la huella de carbono derivada del uso de fuentes convencionales de energía. Para dar respuesta a este propósito, se definieron cuatro objetivos específicos que abordan de forma progresiva y estructurada cada componente del proyecto. La conexión entre los objetivos específicos y el general se evidencia en el modo en que cada uno contribuye a construir los elementos técnicos, económicos, operativos y ambientales que sustentan el análisis integral.

El primer objetivo específico se enfoca en desarrollar un modelo financiero que permita proyectar el comportamiento económico del proyecto bajo diferentes escenarios, esta formulación incluye proyecciones de inversión, costos operativos, tasas de retorno, flujos de caja y análisis de riesgo. El cumplimiento de este objetivo permite obtener un insumo para responder a la pregunta central del estudio: ¿Es viable económicamente implementar granjas fotovoltaicas en las subestaciones de CEO? A partir de este modelo, se pueden comparar esquemas contractuales como EPC y PPA, y determinar cuál representa mejores condiciones de retorno financiero, efecto tributario y generación de excedentes para la organización. De esta manera, este objetivo construye el sustento del análisis de viabilidad.

El segundo objetivo específico plantea el diseño de un plan estratégico para la implementación gradual de las granjas fotovoltaicas, el cual ordena un secuencial lógico y técnico para la ejecución del proyecto. Este plan se estructura por fases e incluye mecanismos de monitoreo

y evaluación que facilitan la toma de decisiones durante el desarrollo del proyecto. Con este enfoque, se busca garantizar que la transición hacia un modelo de generación solar sea administrable y coherente con la capacidad operativa de la empresa. Al identificar etapas, tiempos, recursos y responsabilidades, este objetivo contribuye a anticipar desafíos logísticos y a reducir la incertidumbre durante la ejecución, así, se fortalece el componente organizacional requerido para cumplir el objetivo general.

El tercer objetivo específico está orientado a evaluar la viabilidad técnica del proyecto mediante la revisión de las condiciones operativas, capacidad instalada y requerimientos de infraestructura de las subestaciones. Este análisis ayuda a identificar si las características físicas y técnicas de las subestaciones son compatibles con la instalación de sistemas de generación solar. Al mismo tiempo, permite proyectar el rendimiento energético esperado por ubicación, considerando factores como el consumo histórico, el asoleamiento, la eficiencia de los equipos y las condiciones de mantenimiento. Este objetivo aporta una lectura detallada del entorno técnico donde se planea ejecutar el proyecto, lo cual es necesario para sustentar la viabilidad técnica exigida por el objetivo general.

El cuarto objetivo específico busca determinar el impacto ambiental del proyecto, calculando las emisiones de CO₂ evitadas por el uso de fuentes renovables y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este análisis permite vincular los resultados del estudio con el compromiso ambiental de CEO y con las políticas nacionales de transición energética, mediante la medición del impacto ambiental, se consolida el componente de sostenibilidad que complementa el análisis financiero y técnico. De esta manera, se justifica la adopción del modelo propuesto desde una lógica económica, también desde su aporte al cumplimiento de metas de

reducción de huella de carbono y responsabilidad ambiental, con ello, se refuerza la pertinencia de la propuesta planteada en el objetivo general.

En conjunto, los cuatro objetivos específicos abordan las variables necesarias para responder al objetivo general. La alineación entre estos objetivos permite estructurar un análisis integrado, donde la evaluación financiera se sustenta en una planificación operativa, en condiciones técnicas verificadas y en una proyección ambiental cuantificada. Esta estructura facilita que los resultados obtenidos se transformen en decisiones aplicables para la empresa y se traduzcan en una alternativa viable de generación energética para el contexto regional. Así, el desarrollo del estudio mantiene la coherencia entre el enfoque planteado, las herramientas utilizadas y los resultados esperados por la organización.

5. Contexto de la Organización

5.1 Historia

La Compañía Energética de Occidente S.A.S. E.S.P. (CEO) inició sus operaciones en agosto de 2010 con la prestación del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica en 38 de los 42 municipios del departamento del Cauca. Desde su fundación, la empresa ha desarrollado un modelo de gestión orientado a la eficiencia operativa y la sostenibilidad, con el objetivo de garantizar la continuidad y calidad del suministro eléctrico en la región. Su constitución como sociedad por acciones simplificadas (S.A.S.) le ha permitido ejecutar su contrato de gestión, abarcando actividades administrativas, operativas, técnicas y comerciales, además de la inversión

en infraestructura eléctrica para la modernización y expansión del servicio (CEO, 2023).

En el año 2012, CEO implementó un proceso de modernización de subestaciones, acompañado por la instalación de su primer centro de control. Este avance permitió mejorar la supervisión y operación de la red eléctrica, optimizando la capacidad de respuesta ante fallas y mejorando la calidad del servicio. Posterior a ello, en 2014, la compañía avanzó en la implementación de un modelo de medición inteligente, con el propósito de mejorar la gestión del consumo energético y facilitar el acceso a información en tiempo real para los usuarios. Ese mismo año, el laboratorio de medidores de CEO recibió la acreditación de calidad, fortaleciendo su capacidad técnica para garantizar mediciones (CEO, 2023).

En 2016, la empresa consolidó su apuesta por la innovación y la formación del talento humano con la inauguración del laboratorio de técnicos electricistas, en alianza con el centro de capacitación Villa Don Bosco. En paralelo, inició la implementación de un proyecto de energía solar en su laboratorio, lo que representó un primer paso hacia la diversificación de su matriz energética. Un año después, en 2017, CEO recibió un reconocimiento por parte de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios como la empresa con el mejor indicador de calidad de energía del país, lo que reafirmó su compromiso con la eficiencia y la mejora continua en la prestación del servicio eléctrico (CEO, 2023).

A partir de 2020, CEO ha fortalecido su enfoque en energías renovables, con la construcción de la granja solar de Colombina y el inicio de proyectos fotovoltaicos en Súper Almacenes Olímpica. Estas iniciativas reflejan la intención de la compañía de promover la transición energética en la región, mediante la incorporación de fuentes limpias en la generación de electricidad. En 2022, CEO participó en el primer proyecto de inyección de hidrógeno verde a

la red de gas domiciliario en Colombia, una iniciativa desarrollada en colaboración con Surtigas y liderada por Promigas. Esta participación evidencia el interés de la empresa por explorar nuevas alternativas energéticas que contribuyan a la descarbonización y sostenibilidad del sector (CEO, 2023).

Desde su creación, CEO ha evolucionado como una empresa comprometida con la innovación, la sostenibilidad y la calidad del servicio eléctrico en el Cauca. Su trayectoria ha estado marcada por la modernización de infraestructura, la implementación de tecnologías avanzadas y la búsqueda de soluciones energéticas eficientes. Con una visión orientada al equilibrio entre el crecimiento económico, el desarrollo social y la sostenibilidad ambiental, la compañía continúa su expansión y fortalecimiento en el sector eléctrico, consolidándose como un actor en la transición energética del país (CEO, 2023).

5.2 Estructura Organizacional

La estructura organizacional de la Compañía Energética de Occidente S.A.S. E.S.P. (CEO) se encuentra conformada por seis niveles jerárquicos, distribuidos de acuerdo con las responsabilidades y funciones de cada cargo. En la cúspide de la organización se encuentra un nivel directivo compuesto por una persona encargada de la máxima autoridad dentro de la empresa. A partir de esta instancia, la estructura se desarrolla en distintos niveles, con una distribución de cargos que permite gestionar las operaciones de manera eficiente. En paralelo García et al. (2023), afirma que las estructuras organizacionales jerárquicas facilitan la delimitación de responsabilidades y la toma de decisiones estratégicas, asegurando una adecuada coordinación entre los diferentes niveles de la empresa.

En el segundo nivel se encuentran las gerencias de área, con un total de cuatro cargos, las cuales tienen la responsabilidad de supervisar las funciones estratégicas y operativas dentro de la compañía. Estas gerencias actúan en la implementación de políticas internas y la alineación de los objetivos organizacionales con las necesidades del sector energético. Siguiendo esta línea, las gerencias de nivel medio cumplen un papel intermediario entre la alta dirección y los niveles operativos, permitiendo la correcta ejecución de los planes de acción y la optimización de recursos dentro de la empresa (Hidalgo et al., 2021).

El tercer nivel está conformado por 19 direcciones, encargadas de coordinar las diferentes áreas funcionales de la organización. Estas direcciones tienen la función de gestionar los recursos humanos, técnicos y financieros, con el propósito de cumplir con los objetivos estratégicos de la empresa. Es importante resaltar que esta división de funciones dentro de las organizaciones permite mejorar la eficiencia en la toma de decisiones, ya que cada área tiene objetivos específicos alineados con la misión y visión de la compañía (Prats y Hernández, 2022).

En el cuarto nivel se encuentran 46 coordinaciones, las cuales se encargan de supervisar la ejecución de las tareas operativas y administrativas dentro de la organización. Este nivel garantiza el cumplimiento de los procedimientos internos y la implementación de estrategias en cada una de las áreas de trabajo. En este contexto, la existencia de niveles de coordinación facilita la gestión de equipos de trabajo, optimizando la comunicación interna y la distribución de responsabilidades en la organización. (Robles y Gómez, 2022)

El quinto nivel está conformado por 174 profesionales, quienes desempeñan funciones especializadas en distintas áreas de la compañía. Estos empleados son responsables de la ejecución de los proyectos, el análisis de datos y la implementación de soluciones que permitan mejorar la

eficiencia operativa de la empresa. Como complemento Aguilar et al. (2024), afirman que los profesionales dentro de las organizaciones aportan a la innovación y el desarrollo de nuevas estrategias que optimicen el rendimiento y la competitividad en el mercado.

Para concluir, el sexto nivel está compuesto por 99 auxiliares, técnicos y asistentes, quienes desempeñan funciones operativas y administrativas dentro de la empresa. Este grupo de trabajadores es esencial para la ejecución de las actividades diarias y el soporte a las distintas áreas de la organización. Junto con ello, la gestión del personal operativo requiere estrategias que permitan mejorar la productividad y garantizar condiciones laborales adecuadas, con el fin de mantener un ambiente de trabajo eficiente y alineado con los objetivos empresariales (Castillo, 2023).

A continuación, se presenta la figura que ilustra la estructura organizacional aprobada de la Compañía Energética de Occidente S.A.S. E.S.P., detallando la distribución de los niveles de cargo dentro de la empresa.

Figura 19.

Estructura organizacional aprobada

Estructura aprobada CEO

Por niveles de cargo 23 de octubre de 2024



Nota. Elaboración propia.

La siguiente tabla muestra la estructura aprobada de la Compañía Energética de Occidente S.A.S. E.S.P. por gerencias, detallando el número de cargos y su porcentaje sobre la planta aprobada.

Tabla 4.

Estructura aprobada CEO

Gerencia	Número de cargos	Porcentaje sobre la planta aprobada
Asuntos Corporativos	10	3%

Comercial	131	38%
Financiera y Administrativa	48	14%
General	9	3%
Técnica	145	42%
Total	343	100%

Nota. Elaboración propia.

5.3 Filosofía Organizacional

La filosofía organizacional de la Compañía Energética de Occidente S.A.S. E.S.P. (CEO) se fundamenta en principios orientados a la innovación, la sostenibilidad y el desarrollo social. Su misión, visión, valores y compromisos reflejan una estrategia empresarial centrada en la mejora continua y el impacto positivo en los diferentes grupos de interés. La organización estructura su gestión en torno a la provisión de soluciones energéticas confiables y seguras, con el propósito de contribuir al bienestar de las comunidades en las que opera (CEO, 2023).

La misión de CEO se basa en la transformación del sector energético mediante la conexión de personas con soluciones innovadoras y sostenibles. La empresa busca garantizar un servicio eficiente, seguro y adaptado a las necesidades de los usuarios, promoviendo la mejora de la calidad de vida en las comunidades atendidas. Este enfoque se alinea con la tendencia global de transición hacia modelos energéticos sostenibles, que priorizan el acceso equitativo a la energía y la reducción del impacto ambiental. Teniendo en cuenta lo anterior, una misión organizacional bien definida permite establecer directrices claras para la toma de decisiones estratégicas y la asignación de

recursos (Medina, 2021).

La visión de CEO se proyecta hacia el fortalecimiento de su liderazgo en el sector energético, con un enfoque en la innovación y la sostenibilidad. Con más de 50 años de trayectoria, la empresa busca consolidarse como un referente en la industria, manteniendo su compromiso con la eficiencia operativa y la adopción de tecnologías limpias. Esta orientación estratégica responde a la evolución del mercado energético, donde la inversión en energías renovables y la digitalización de procesos influyen en la competitividad (Ramos y Jiménez, 2023).

Los valores organizacionales de CEO incluyen la integridad, la excelencia y la solidaridad, principios que rigen sus operaciones y relaciones con los actores del ecosistema empresarial. Estos valores se reflejan en la transparencia en la gestión, el compromiso con la mejora y la responsabilidad social corporativa. La alineación de estos principios con la estrategia empresarial fortalece la cultura organizacional y contribuye a la construcción de relaciones de confianza con clientes, colaboradores, proveedores y comunidades. De esta manera, los valores organizacionales son un componente esencial en la formación de la identidad empresarial, ya que influyen en la toma de decisiones y en la percepción que tienen los grupos de interés sobre la empresa (Perez, 2022).

El compromiso de CEO con sus grupos de interés se extiende a diversas áreas. Para los clientes, la empresa ofrece soluciones energéticas sostenibles y competitivas, con un enfoque en la reducción de la huella de carbono. En el ámbito interno, promueve el desarrollo de sus colaboradores, fomentando la diversidad, la equidad y la inclusión dentro de la organización. A nivel comunitario, CEO invierte en proyectos que generan impacto social y contribuyen a la reducción de la pobreza energética. De igual forma, mantiene relaciones con proveedores y contratistas basadas en principios de calidad y transparencia, al tiempo que garantiza un retorno

financiero justo a sus accionistas. En relación con esto, la gestión de los grupos de interés afecta la sostenibilidad y el éxito empresarial, ya que permite equilibrar los intereses de todos los actores involucrados (Volpentesta, 2022).

En términos de sostenibilidad, CEO ha establecido como objetivo alcanzar la carbono-neutralidad para 2040, integrando estrategias de mitigación del cambio climático en su modelo de negocio. Este compromiso se traduce en inversiones en energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones en sus operaciones (CEO, 2023). La adopción de un enfoque sostenible no solo responde a las regulaciones ambientales, sino que también refuerza la competitividad de la empresa en un mercado en el que la demanda por soluciones energéticas sigue en aumento. En conjunción con lo anterior, las empresas que integran la sostenibilidad en su estrategia logran generar ventajas competitivas al adaptarse a las expectativas del mercado y reducir riesgos asociados al cambio climático. (Briñez y Penagos, 2021)

El liderazgo dentro de CEO se fundamenta en la inspiración y la ética, promoviendo un modelo de gestión basado en la creatividad y el desarrollo del talento humano. La empresa fomenta una cultura de innovación que permite a sus colaboradores generar soluciones a las necesidades del sector. Esta visión se alinea con las tendencias empresariales actuales, donde el liderazgo transformacional y la gestión del conocimiento son factores determinantes para la competitividad. Por lo tanto, un liderazgo basado en el ejemplo permite motivar a los equipos de trabajo y fomentar un entorno de aprendizaje continuo, impulsando la eficiencia y la innovación dentro de las organizaciones (Zavala y Valero, 2021).

5.4 Cultura Organizacional

La cultura organizacional de la Compañía Energética de Occidente S.A.S. E.S.P. (CEO) se fundamenta en principios que orientan el comportamiento de sus colaboradores y la toma de decisiones dentro de la empresa. Su propósito es ser una fuerza transformadora que impulse el desarrollo y la calidad de vida en las comunidades donde opera, lo que se refleja en su lema corporativo: "Somos energía que impulsa desarrollo". Esta cultura se basa en la integración de valores, competencias y capacidades estratégicas que buscan fortalecer la identidad organizacional y promover un ambiente de trabajo alineado con los objetivos empresariales (CEO, 2023).

Los valores de CEO actúan como principios rectores que garantizan coherencia en la gestión empresarial. La integridad se refleja en la ética y la responsabilidad en la toma de decisiones, la excelencia impulsa la innovación y la mejora continua, y la solidaridad fomenta la cooperación y la conciencia social. Estos valores se complementan con competencias organizacionales que los colaboradores deben demostrar en su desempeño diario, como actuar de manera ética y responsable, generar valor para el cliente, trabajar en equipo y liderar con el ejemplo. Es así que se contribuye a la estabilidad de la organización y mejora la productividad, ya que alinea las acciones individuales con los objetivos corporativos. (Heringer y De Oliveira, 2023)

Por otro lado, la cultura organizacional de CEO también se articula con capacidades estratégicas que garantizan su competitividad en el sector energético. Estas incluyen la innovación y la transformación digital, que permiten la adaptación a un entorno en constante cambio; la diversidad e inclusión, que fortalecen la cohesión interna; y la seguridad, que busca garantizar condiciones óptimas en todas las operaciones. Por consiguiente, el compromiso con la sostenibilidad se materializa en la estrategia de descarbonización y en la alineación con los

intereses de sus grupos de interés, tales como colaboradores, clientes, comunidades, medio ambiente, proveedores y accionistas. Como resultado, las organizaciones con una cultura alineada con su entorno y con un enfoque en la sostenibilidad logran una mayor resiliencia y adaptabilidad en el mercado (Bravo, 2024).

6. Fundamentación teórica

En el apartado de Fundamentos Teóricos se presentarán los conceptos que sustentan la investigación, incluyendo las teorías sobre el desarrollo sostenible y su aplicación en el contexto de las energías renovables. Se abordarán los principios del desarrollo sostenible, que equilibran las dimensiones económica, social y ambiental, y cómo se integran en la implementación de sistemas fotovoltaicos, también, se explorará la evolución de la energía solar fotovoltaica y su viabilidad tanto técnica como económica. Este apartado también incluirá una revisión de estudios que han evaluado proyectos similares, proporcionando un marco conceptual para la evaluación de viabilidad en el contexto colombiano (Peralta, 2020).

6.1 Marco Teórico

6.1.1 Fundamentos de la Teoría del Desarrollo Sostenible

La Teoría del Desarrollo Sostenible, formulada en el Informe Brundtland de 1987, se define como un modelo de desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Esta definición

subraya la necesidad de encontrar un equilibrio entre el crecimiento económico, la equidad social y la preservación ambiental. El informe establece que la sostenibilidad se refiere a la conservación de los recursos naturales y a la mejora de la calidad de vida de las personas, promoviendo el bienestar social y económico. De esta manera, el desarrollo sostenible propone un enfoque integrado en el que las dimensiones económica, social y ambiental están interrelacionadas, y cada una de ellas debe ser considerada en las decisiones políticas, económicas y sociales (Brundtland, 1987).

El desarrollo sostenible se basa en tres dimensiones principales, en lo económico, lo social y lo ambiental, las cuales deben ser equilibradas para garantizar un progreso integral y a largo plazo. La dimensión económica se refiere a la capacidad de generar crecimiento sin agotar los recursos disponibles o generar desigualdades, esta dimensión promueve una economía que busca el aumento de la producción y la mejora en la distribución de los beneficios económicos entre la población. Por otro lado, la dimensión social enfatiza la necesidad de reducir las desigualdades sociales y asegurar el acceso equitativo a los recursos y servicios básicos, como educación, salud y trabajo digno. En este sentido, se busca un desarrollo que favorezca el bienestar social de las comunidades sin comprometer los recursos de las generaciones futuras (Barrigón, 2022).

La dimensión ambiental del desarrollo sostenible aboga por la preservación y el uso racional de los recursos naturales, con el objetivo de evitar su agotamiento y asegurar que las generaciones venideras puedan también acceder a ellos. Este principio implica la gestión eficiente de los ecosistemas, promoviendo la biodiversidad y la protección del medio ambiente frente a la contaminación y el cambio climático. De este modo, el equilibrio entre las tres dimensiones permite que el desarrollo sea inclusivo y duradero, respondiendo tanto a las necesidades de la humanidad

como a la preservación del entorno natural. La interrelación de estos aspectos se convierte en una guía para las políticas públicas y las decisiones empresariales orientadas hacia la sostenibilidad (Ordoñez et al., 2024).

La transición hacia energías renovables es un componente importante del desarrollo sostenible, dado que permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el impacto ambiental derivado del uso de fuentes de energía fósiles. Las energías renovables, como la solar, eólica y hidroeléctrica, ofrecen una alternativa a los combustibles fósiles, contribuyendo a la diversificación de la matriz energética y la reducción de la dependencia de fuentes no renovables. En este contexto, la transición energética tiene beneficios ambientales y puede generar un desarrollo económico sostenible al promover la creación de empleos y el fortalecimiento de las economías locales a través de la inversión en infraestructura renovable (Algarni et al., 2023)

Este proceso de transición se alinea con los principios del desarrollo sostenible, debido a que busca equilibrar las necesidades energéticas de las sociedades con la preservación del medio ambiente. La integración de fuentes de energía renovables en la matriz energética de un país contribuye a la seguridad energética, reduce los costos asociados a la importación de combustibles fósiles y mejora la resiliencia frente a las fluctuaciones del mercado energético global. Así, la transición hacia energías renovables responde a la necesidad de frenar el cambio climático y a un modelo económico eficiente y menos dependiente de recursos limitados, alineado con los principios del desarrollo sostenible (Menezes y Vedovato, 2023).

6.1.2 Aplicación de la Teoría del Desarrollo Sostenible en Proyectos Energéticos

La transición energética es un proceso que busca cambiar la matriz energética de una

sociedad, moviéndola de fuentes de energía no renovables y contaminantes hacia fuentes renovables y más limpias. Esta transición es vista como una estrategia de desarrollo sostenible porque, al promover el uso de energías renovables, se reduce la huella de carbono y se mitigan los efectos del cambio climático. El uso de tecnologías renovables aborda los problemas ambientales, promueve la diversificación de la economía y reduce la dependencia de fuentes de energía externas, lo que puede mejorar la seguridad energética de un país y fomentar el crecimiento económico a largo plazo (López, 2022).

Este enfoque se basa en los principios del desarrollo sostenible, pues busca integrar las necesidades económicas, sociales y ambientales de las sociedades de manera armoniosa. La adopción de energías renovables, como la solar y la eólica, disminuye el efecto ambiental de las actividades energéticas y también puede generar empleo en nuevos sectores, mejorar la calidad de vida y promover la justicia social al garantizar el acceso a fuentes de energía asequibles. De esta manera, la transición energética, en el contexto de la sostenibilidad, se presenta como un medio para alcanzar un futuro equilibrado y resiliente frente a los desafíos globales relacionados con el cambio climático y el agotamiento de los recursos naturales (Guanipa y Chimá, 2022).

La implementación de energías renovables en proyectos de desarrollo sostenible está relacionada con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el ODS 7, que promueve el acceso a una energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos. Este objetivo se alinea con la transición energética, dado que el uso de energías renovables contribuye a garantizar el acceso a energía limpia y reduce la dependencia de fuentes no sostenibles. El ODS 9, que se enfoca en la construcción de infraestructuras resilientes y la promoción de la innovación, también se vincula con la transición hacia energías renovables, dado que estas tecnologías

requieren el desarrollo de nuevas infraestructuras y la inversión en investigación y desarrollo (León, 2022).

De igual manera, el ODS 12, centrado en garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, apoya la transición energética al fomentar prácticas de producción y consumo responsables. La adopción de energías renovables permite reducir los impactos negativos de la generación de energía a partir de fuentes fósiles, lo que contribuye a un patrón de producción más sostenible. Por último, el ODS 13, que aboga por la acción climática, está directamente relacionado con el uso de energías limpias, ya que la transición hacia fuentes de energía renovable es una de las principales estrategias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático

Las energías renovables tienen un efecto ambiental positivo tanto a nivel local como global, dado que contribuyen a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la disminución de la contaminación atmosférica, que es característica de las fuentes de energía convencionales como el carbón y el petróleo. A nivel local, la adopción de tecnologías renovables, como la solar y la eólica, mejora la calidad del aire y la salud pública al reducir los contaminantes atmosféricos. De forma global, estas fuentes juegan un papel en la mitigación del cambio climático, ya que no emiten CO₂ durante su generación, contribuyendo así a frenar el aumento de la temperatura global. Este cambio es importante para el cumplimiento de los acuerdos internacionales, como el Acuerdo de París, que busca limitar el calentamiento global a 1,5°C (Fonseca et al., 2020).

En el ámbito económico, las energías renovables tienen un efecto positivo tanto a nivel local como global. A nivel local, la implementación de estas fuentes genera empleos en sectores

como la construcción, operación y mantenimiento de las infraestructuras necesarias para su funcionamiento, impulsando así el desarrollo económico y la creación de empleo. A nivel global, la transición hacia energías limpias permite reducir los costos relacionados con la importación de combustibles fósiles, lo que mejora la estabilidad económica de los países y reduce su vulnerabilidad ante fluctuaciones en los precios internacionales. También, la inversión en energías renovables fomenta la innovación tecnológica y la competitividad en el sector energético, promoviendo el crecimiento de industrias asociadas a la producción de equipos y servicios especializados (Candra et al., 2023).

6.1.3 Implicaciones del Desarrollo Sostenible para la Viabilidad de las Granjas Fotovoltaicas

La evaluación de la viabilidad económica y social a través de la implementación de energías renovables, como las granjas fotovoltaicas, requiere un análisis de los costos de inversión, los beneficios a largo plazo y el efecto en la comunidad. Desde una perspectiva económica, el costo inicial de instalación de sistemas fotovoltaicos se ve contrarrestado por los ahorros en el consumo de energía a lo largo del tiempo. Estos proyectos permiten reducir la dependencia de fuentes de energía externas, disminuyendo los costos asociados con la compra de energía convencional. A nivel social, las granjas fotovoltaicas contribuyen al desarrollo local al generar empleo en sectores como la construcción y el mantenimiento de infraestructuras, lo que fomenta la integración de las comunidades en la transición energética y mejora su bienestar (Palma y Nieble, 2020).

La viabilidad de las granjas fotovoltaicas también depende de la capacidad de las energías renovables para ofrecer soluciones accesibles y justas a las poblaciones vulnerables. A través de la implementación de proyectos de energía solar, las comunidades pueden acceder a una fuente de energía limpia y asequible, lo que mejora su calidad de vida. A largo plazo, estas iniciativas

promueven la autosuficiencia energética y la resiliencia ante las fluctuaciones del mercado energético global. El efecto social positivo de las granjas fotovoltaicas incluye la creación de un entorno sostenible que fomenta la equidad social y la inclusión, mientras que los beneficios económicos se materializan en términos de ahorro y desarrollo económico local (Gómez et al., 2021).

Los beneficios a largo plazo de la implementación de granjas fotovoltaicas incluyen una reducción de los costos operativos, en particular en lo que respecta al autoconsumo de energía. Al generar electricidad a partir de fuentes renovables, las empresas y comunidades pueden disminuir su dependencia de los costos de energía convencionales, lo que les permite mejorar su rentabilidad y sostenibilidad financiera. Esta reducción en los costos energéticos se vuelve aún importante considerando la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles y las políticas de transición energética que buscan desincentivar el uso de fuentes contaminantes (Castillo et al., 2024).

La transición hacia fuentes de energía renovable también contribuye a la sostenibilidad energética a largo plazo, al diversificar la matriz energética y reducir la dependencia de recursos limitados y contaminantes. Las granjas fotovoltaicas proporcionan una fuente de energía renovable, lo que contribuye a la lucha contra el cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. A nivel global, este tipo de iniciativas permiten avanzar hacia los objetivos de descarbonización, lo que mejora la calidad del aire y protege los ecosistemas, también ayuda a mitigar los efectos del cambio climático en las generaciones futuras (Seminario, 2023).

La integración de tecnologías limpias en el sector energético enfrenta diversos desafíos, entre los cuales destaca la necesidad de una infraestructura adecuada que permita su implementación a gran escala. La transición hacia energías renovables requiere la actualización de

redes eléctricas, la construcción de nuevas instalaciones y la capacitación de los recursos humanos necesarios para operar estas tecnologías. Esto puede implicar altos costos iniciales, lo que representa un obstáculo para los países y empresas con presupuestos limitados. De manera adicional, la intermitencia de algunas fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, plantea desafíos para garantizar la estabilidad y fiabilidad del suministro energético (Erdiwansyah et al., 2021)

A pesar de estos desafíos, existen múltiples oportunidades asociadas con la adopción de tecnologías limpias. El desarrollo de energías renovables puede fomentar la creación de nuevos empleos en sectores como la fabricación, instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos, así como en el sector de la investigación y la innovación tecnológica. De igual forma, el avance hacia un modelo energético sostenible puede abrir nuevas posibilidades de colaboración internacional, donde los países en desarrollo puedan beneficiarse de las inversiones y conocimientos provenientes de países con mayor experiencia en energías limpias. De esta manera, la transición energética contribuye a la reducción de las emisiones de carbono y también puede fortalecer las economías locales y promover una mayor equidad global (Lema et al., 2020).

6.2 Base conceptual

Este apartado presenta los principales conceptos teóricos que sustentan esta investigación, relacionados con la evaluación financiera, la generación de energía solar mediante granjas fotovoltaicas y su efecto en el autoconsumo. Por otro lado se explican los elementos que permiten analizar la viabilidad de un proyecto desde el enfoque económico y técnico, como la valoración financiera integral, el análisis de riesgos y los indicadores de rentabilidad. También se incluye la descripción de las granjas fotovoltaicas, sus componentes tecnológicos y los modelos de

implementación utilizados. Este marco conceptual proporciona una base para comprender cómo se estructura un proyecto de energía renovable, desde su diseño hasta su efecto económico y ambiental (De Morais et al., 2021).

6.2.1 Valoración financiera integral

La valoración financiera integral hace referencia al proceso mediante el cual se evalúa la viabilidad económica de un proyecto, considerando los costos de inversión iniciales, los flujos de caja proyectados y los beneficios esperados a lo largo de su vida útil. Este análisis es importante para determinar si el proyecto generará un rendimiento adecuado para justificar la inversión y asegurar su sostenibilidad a largo plazo. Para ello, se emplean diversos indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, los cuales permiten analizar el efecto económico del proyecto en función de los recursos invertidos y el tiempo. Estos indicadores facilitan la toma de decisiones informadas respecto a la viabilidad del proyecto, asegurando que los beneficios sean superiores a los costos (Da Silva et al., 2020).

Este enfoque de valoración incluye los beneficios financieros directos e incorpora el análisis de los riesgos e incertidumbres asociados al proyecto, tales como las fluctuaciones en los costos operativos y las variaciones en las condiciones del mercado. A través de este análisis, es posible identificar distintos escenarios y estimar el riesgo financiero inherente, lo cual contribuye a una toma de decisiones acertada. La proyección de los flujos de caja es un componente central de este proceso, dado que permite visualizar cómo se distribuirán los ingresos y egresos a lo largo del tiempo, y facilita la planificación financiera necesaria para garantizar que el proyecto sea rentable y sostenible en el largo plazo (Kamel et al., 2022).

6.2.2.1 Indicadores financieros VPN, TIR, Payback.

Los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Payback son herramientas importantes para evaluar la viabilidad económica de proyectos como la implementación de granjas fotovoltaicas. El VPN se utiliza para determinar el valor actual de los flujos de caja futuros descontados a una tasa de rendimiento y su resultado indica si un proyecto generará ganancias netas sobre la inversión inicial. Un VPN positivo sugiere que el proyecto es viable, dado que los beneficios superan a los costos, por otro lado, la TIR es la tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero, lo que permite identificar la rentabilidad interna del proyecto. Un valor de TIR superior a la tasa de descuento implica que el proyecto es rentable, estos indicadores permiten a los inversionistas tomar decisiones informadas sobre la viabilidad financiera de proyectos de gran envergadura como el tuyo (Brodziński et al., 2021).

El Payback es otro indicador financiero que mide el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial, lo cual es importante para proyectos con una alta inversión inicial como las granjas fotovoltaicas. Este indicador es útil para evaluar la liquidez del proyecto en el corto plazo, aunque no considera el valor del dinero en el tiempo ni los flujos de caja que ocurren después de que se recupera la inversión. A pesar de sus limitaciones, el Payback proporciona una medida para analizar el riesgo y la rapidez con que un proyecto puede generar retornos, para proyectos de energía renovable, como el de las granjas fotovoltaicas, estos indicadores permiten realizar un análisis de los costos, los ingresos y el retorno sobre la inversión, favoreciendo una toma de decisiones precisa en cuanto a su viabilidad financiera a largo plazo (Dranka et al., 2020).

6.2.2.1 Análisis de riesgos e incertidumbre financiera.

El análisis de riesgos e incertidumbre financiera es un proceso importante para evaluar la

viabilidad de proyectos de inversión, como la implementación de granjas fotovoltaicas. Este análisis permite identificar y medir los riesgos asociados a diferentes variables que pueden afectar los resultados financieros del proyecto, como los cambios en los precios de la energía, la variabilidad de los costos de instalación y mantenimiento, y la evolución de las políticas regulatorias. La incertidumbre financiera se refiere a los factores desconocidos o difíciles de prever, como las fluctuaciones en la demanda de energía y los posibles avances tecnológicos que pueden impactar la rentabilidad de la inversión. Para ello, se pueden utilizar herramientas como simulaciones de Monte Carlo o análisis de escenarios para evaluar cómo diferentes variables impactan los resultados del proyecto (Serrano y Muñoz, 2020).

La gestión de riesgos financieros también implica la evaluación de la sensibilidad de los indicadores financieros, como el VPN y la TIR, ante cambios en las principales variables. Al realizar este análisis, los inversionistas pueden comprender mejor la exposición del proyecto a situaciones adversas y adoptar medidas para mitigar esos riesgos. Por ejemplo, en el caso de las granjas fotovoltaicas, es posible que se implementen estrategias de cobertura financiera o acuerdos a largo plazo con compradores de energía para asegurar ingresos estables, reduciendo así el riesgo asociado a la fluctuación de los precios del mercado. Esta evaluación detallada permite a las partes interesadas tomar decisiones más informadas y disminuir el impacto de los riesgos en la viabilidad financiera del proyecto (Delapedra et al., 2022).

6.2.2.3 Proyecciones de inversión y flujo de caja.

Las proyecciones de inversión son un aspecto importante para determinar la viabilidad de proyectos como las granjas fotovoltaicas, dado que permiten estimar los costos iniciales asociados con la implementación de la infraestructura necesaria. Estos costos incluyen la adquisición de los

equipos, los gastos en la construcción de las instalaciones y las inversiones en tecnología y recursos humanos. Las proyecciones deben considerar también la financiación del proyecto, sea mediante deuda o capital propio y el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. La correcta estimación de estos costos es necesario para asegurar que los flujos de caja futuros sean suficientes para cubrir las inversiones y generar un retorno positivo (Guaita y Blasco, 2020)

En paralelo, el flujo de caja proyectado es clave para evaluar la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto a largo plazo. Este análisis incluye las entradas de dinero derivadas de la generación de energía, tanto para el autoconsumo como para la venta de excedentes, así como las salidas correspondientes a los costos operativos y el servicio de la deuda, si aplica. El flujo de caja permite determinar los beneficios netos en cada periodo y es un indicador esencial para calcular los tiempos de retorno de la inversión y el riesgo financiero del proyecto. Al proyectar estos flujos, se pueden identificar posibles ajustes en el modelo de negocio y en la estrategia de financiamiento, lo que facilita la toma de decisiones informadas sobre la viabilidad financiera (Jiménez y Velasco, 2023)

6.2.2 Granjas fotovoltaicas

Las granjas fotovoltaicas son instalaciones que utilizan paneles solares para generar electricidad a partir de la energía solar, estas granjas están compuestas por una serie de módulos fotovoltaicos dispuestos de manera que capturan la radiación solar y la convierten en energía eléctrica. A través del efecto fotovoltaico, los paneles convierten la luz del sol en corriente continua, que luego se transforma en corriente alterna mediante inversores, permitiendo su integración a la red eléctrica. Este tipo de instalaciones pueden variar en tamaño, desde proyectos pequeños hasta grandes parques solares, dependiendo de la capacidad de generación y la infraestructura disponible (Gorjian et al., 2020).

El concepto de granjas fotovoltaicas se extiende más allá de la simple instalación de paneles solares, estas granjas requieren un diseño adecuado que tenga en cuenta aspectos como la ubicación geográfica, la radiación solar disponible y la capacidad de conexión a la red eléctrica. también, es necesario un sistema de mantenimiento eficiente para asegurar la operatividad de los paneles y otros componentes, así como un análisis financiero que permita evaluar la rentabilidad a largo plazo del proyecto. Las granjas fotovoltaicas, al ser una fuente de energía limpia, contribuyen a la reducción de la huella de carbono y a la sostenibilidad energética, lo que las convierte en una opción para la transición hacia un sistema energético sostenible (Czepło y Borowski, 2024).

6.2.2.1 Componentes tecnológicos paneles, inversores, baterías.

Los paneles fotovoltaicos son el componente principal de las granjas solares, debido a que son los encargados de captar la radiación solar y convertirla en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Estos paneles están compuestos por celdas solares hechas de materiales semiconductores, como el silicio, que permiten la generación de corriente continua al ser expuestas a la luz. Para mejorar la eficiencia de los paneles, es importante que estén orientados de manera correcta y que la superficie de captación sea lo suficiente grande para generar la cantidad deseada de energía. A medida que la tecnología avanza, los paneles solares se han vuelto eficientes, permitiendo generar electricidad por metro cuadrado de superficie (Dallaev et al., 2023).

Los inversores son otro componente importante en una granja fotovoltaica, estos se encargan de transformar la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna, que es la que se utiliza en la red eléctrica. Estos dispositivos aseguran que la electricidad producida por los paneles pueda ser utilizada de manera eficiente en el sistema. también, las baterías son utilizadas en algunos sistemas fotovoltaicos para almacenar la energía generada durante el día, lo que permite

su uso durante la noche o en momentos de baja radiación solar. El almacenamiento de energía en baterías ayuda a mejorar la estabilidad del sistema y a reducir la dependencia de la red eléctrica, contribuyendo a la autonomía y sostenibilidad de las granjas fotovoltaicas (Akeyo et al., 2020).

6.2.2.2 Modelos de implementación EPC y PPA.

El modelo EPC (Ingeniería, Adquisiciones y Construcción) es uno de los enfoques utilizados en la implementación de proyectos de granjas fotovoltaicas. Este modelo implica que una sola empresa, el contratista EPC, se encargue de la ingeniería, adquisición de materiales y construcción de la instalación fotovoltaica. De esta manera, el contratista asume la responsabilidad total de la ejecución del proyecto, lo que permite al propietario del proyecto centrarse en la operación y gestión. El modelo EPC es adecuado para proyectos en los que el contratista debe garantizar una entrega llave en mano, lo que reduce el riesgo para el inversor y asegura una instalación completa y funcional en un plazo determinado (Chu et al., 2022).

Por otro lado, el modelo PPA (Acuerdo de Compra de Energía) implica un acuerdo a largo plazo entre el productor de energía renovable y el comprador, que puede ser una empresa o una entidad pública. En este modelo, el desarrollador de la granja fotovoltaica financia y construye la instalación, pero el comprador adquiere la energía generada a un precio acordado durante un período determinado. Este modelo es útil cuando el inversor no desea asumir el riesgo de los costos iniciales de inversión, ya que la empresa compradora asume la compra de la energía generada a precios establecidos. De este modo, el PPA permite asegurar los ingresos futuros del proyecto sin necesidad de realizar una gran inversión inicial, lo que facilita su financiación (Kandpal et al., 2024).

6.2.2.3 Capacidad instalada y producción estimada.

La capacidad instalada de una granja fotovoltaica está determinada por la cantidad de paneles solares que se instalan y la eficiencia de los mismos para convertir la radiación solar en electricidad. Este factor depende de la superficie disponible para la instalación, la orientación, el ángulo de inclinación de los paneles y las características de la ubicación, como el clima y la radiación solar promedio. Es importante que la capacidad instalada sea suficiente para cubrir el consumo proyectado o generar excedentes de energía para la venta. La planificación adecuada de esta capacidad es importante para maximizar el rendimiento del sistema fotovoltaico y garantizar que se cumplan los objetivos energéticos del proyecto (Villacreses et al., 2022).

La producción estimada de energía se calcula tomando en cuenta la capacidad instalada y las variaciones en la radiación solar a lo largo del año. A pesar de que los paneles solares son capaces de generar electricidad de manera continua, la cantidad de energía producida varía en función de las condiciones climáticas, la hora del día y la estación del año. también, deben considerarse las pérdidas inherentes al sistema, como las pérdidas por temperatura y la eficiencia de los inversores. Con base en estos factores, se puede estimar la cantidad de electricidad que una granja fotovoltaica generará en el año, lo que es importante para calcular el retorno de inversión y la viabilidad financiera del proyecto (Casula et al., 2020).

6.2.3 Reducción de costos por autoconsumo

El autoconsumo energético se refiere a la capacidad de una instalación para generar y utilizar su propia energía a través de fuentes renovables como la solar o la eólica. En el caso de las granjas fotovoltaicas, el autoconsumo permite a las empresas o comunidades generar electricidad

desde sus propios paneles solares, reduciendo la dependencia de la red eléctrica. Este modelo de generación distribuida reduce los costos asociados al consumo de electricidad convencional y contribuye a la sostenibilidad al disminuir la huella de carbono y la dependencia de fuentes no renovables. A medida que las tecnologías fotovoltaicas mejoran y los costos de instalación disminuyen, el autoconsumo se vuelve cada vez más accesible para una mayor cantidad de consumidores (Rodrigo, 2023).

El autoconsumo energético tiene un efecto en la rentabilidad operativa de las instalaciones, debido que permite a las empresas reducir sus gastos en electricidad a largo plazo. Al generar su propia energía, las empresas pueden disminuir su exposición a la volatilidad de los precios de la electricidad en el mercado. En el caso de las granjas fotovoltaicas, la energía excedente que no se consume puede ser almacenada en baterías o vendida a la red eléctrica, lo que genera ingresos adicionales. Este enfoque mejora los costos operativos y también refuerza la independencia energética de la empresa, mejorando su competitividad en el mercado (Benalcazar et al., 2024)

6.2.3.1 Comparación de costos entre energía convencional y renovable.

La comparación de costos entre la energía convencional y la renovable muestra diferencias sustanciales en la estructura de costos, en particular en los costos de operación y mantenimiento. Las fuentes de energía convencional, como el carbón, el gas y el petróleo, requieren una inversión en infraestructura y mantenimiento continuo. Sin embargo, los precios de los combustibles fósiles son volátiles y dependen de factores externos, lo que introduce incertidumbre en los costos a largo plazo. En contraste, las energías renovables, como la solar y la eólica, tienen costos operativos bajos una vez que la infraestructura está instalada. Aunque la inversión inicial en estas tecnologías puede ser elevada, los costos de mantenimiento son mínimos, lo que hace que la energía renovable

sea competitiva a largo plazo (Timilsina, 2021).

La reducción de costos asociados a las energías renovables se ve reflejada también en los precios de la electricidad, que han experimentado una disminución en las últimas décadas. Los avances tecnológicos y la reducción de los costos de los paneles solares y las turbinas eólicas han permitido que la energía renovable sea accesible. A largo plazo, la energía renovable es más competitiva y ofrece una mayor previsibilidad en los costos, debido a que no depende de la fluctuación de los precios de los combustibles. Esto permite a las empresas planificar con mayor certeza sus costos energéticos, lo que aumenta la estabilidad financiera en comparación con las fuentes de energía convencionales (Yao et al., 2020).

6.2.3.2 Impacto del autoconsumo en la rentabilidad operativa.

El autoconsumo energético tiene un efecto en la rentabilidad operativa de las empresas, dado que permite reducir los costos asociados a la compra de electricidad a proveedores externos. Al generar su propia energía, las empresas disminuyen su dependencia de la red eléctrica, lo que mitiga el riesgo de fluctuaciones en los precios de la electricidad y contribuye a la estabilidad financiera. Esta reducción en los costos operativos mejora los márgenes de rentabilidad, permitiendo que los recursos ahorrados puedan ser utilizados en otras áreas estratégicas de la empresa. Así, el autoconsumo reduce los gastos y favorece la competitividad al hacer los costos energéticos predecibles a largo plazo (Fernández et al., 2020).

Por otro lado, el efecto positivo del autoconsumo también se refleja en la estabilidad financiera de las empresas que adoptan este modelo, a medida que los costos de operación se reducen, el flujo de caja de la empresa se vuelve predecible, facilitando la planificación financiera. La energía generada de manera interna reduce los gastos inmediatos e incrementa la autonomía

energética, lo que refuerza la seguridad frente a posibles interrupciones o aumentos en los costos de los suministros externos. De esta forma, el autoconsumo contribuye a una mayor eficiencia operativa y ayuda a garantizar la estabilidad económica de las empresas a largo plazo (Scarpellini et al., 2021).

6.2.3.3 Beneficios tributarios y financieros asociados al autoconsumo.

Los proyectos de autoconsumo energético, como las instalaciones fotovoltaicas, pueden acceder a beneficios tributarios establecidos por los marcos normativos de varios países que promueven la transición energética. En el caso colombiano, la Ley 1715 de 2014 contempla incentivos como la deducción de impuestos sobre la renta, la depreciación acelerada de los activos y la exención del impuesto al valor agregado (IVA) para tecnologías relacionadas con energías renovables. Estos mecanismos buscan incentivar la inversión en sistemas de generación limpia mediante una reducción en las obligaciones fiscales de las empresas, de este modo, se facilita la viabilidad económica de proyectos que generan energía para autoconsumo (Congreso de Colombia, 2014).

Los beneficios financieros también incluyen la posibilidad de reducir costos en la operación mediante el uso de la energía generada, evitando así pagos recurrentes por consumo de energía convencional. A largo plazo, la estabilidad de estos sistemas permite una proyección de los gastos operativos, lo que favorece la planificación presupuestal. De igual manera, el excedente de energía que no se consume puede ser vendido a la red en los casos permitidos por la regulación, lo que representa una fuente adicional de ingresos. Este conjunto de incentivos fiscales y financieros mejora el retorno sobre la inversión y hace atractivo el modelo de autoconsumo para las organizaciones interesadas en mejorar sus recursos energéticos (CEPAL, 2021).

6.2.4 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un conjunto de metas globales adoptadas por los Estados miembros de las Naciones Unidas en el año 2015 como parte de la Agenda 2030. Estos objetivos surgieron como una continuidad de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), ampliando su alcance e incorporando dimensiones económicas, sociales y ambientales de manera integrada. En total, se establecieron 17 objetivos y 169 metas con el propósito de erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar el bienestar de todas las personas. Los ODS se diseñaron con un enfoque universal, aplicable tanto a países en desarrollo como a economías avanzadas, buscando una transformación equilibrada y sostenible (ONU, 2015).

La formulación de los ODS responde a la necesidad de establecer un marco común de acción que permita a los gobiernos, organizaciones y ciudadanos orientar sus esfuerzos hacia un desarrollo sostenible. Cada objetivo está acompañado de indicadores que permiten medir el progreso alcanzado en distintas áreas, como la salud, la educación, el acceso a energía, la acción climática o la igualdad de género. La implementación de los ODS exige la participación coordinada entre sectores públicos, privados y sociales, así como el seguimiento continuo de los resultados. Este enfoque multilateral reconoce que los desafíos actuales son interdependientes y que su solución requiere una acción conjunta orientada al equilibrio entre crecimiento económico, inclusión social y sostenibilidad ambiental (PNUMA, 2019).

6.2.4.1 Relación del proyecto con el ODS 7 Energía asequible y no contaminante.

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 promueve el acceso universal a energía asequible, segura, sostenible y moderna. Este objetivo reconoce la importancia de garantizar servicios energéticos que cubran las necesidades básicas y apoyen el desarrollo económico y social, en este

contexto, la implementación de granjas fotovoltaicas responde a este objetivo, al generar electricidad a partir de una fuente renovable y disminuir la dependencia de recursos fósiles. El uso de sistemas solares permite a las empresas mejorar sus costos operativos, mientras se avanza hacia un modelo energético equitativo y menos contaminante (ONU, 2023).

La relación entre el proyecto de autoconsumo mediante energía solar y el ODS 7 se evidencia en su capacidad para incrementar la generación distribuida de energía no contaminante. Este tipo de soluciones contribuye a diversificar la matriz energética y ampliar la cobertura eléctrica, en particular en regiones con infraestructura limitada o con alta vulnerabilidad frente a interrupciones del servicio. De igual manera, al fomentar el uso de energías limpias, el proyecto contribuye al desarrollo de tecnologías sostenibles y a la reducción de emisiones derivadas del uso de fuentes convencionales. De este modo, el proyecto se alinea con las metas del ODS 7 en lo relativo a eficiencia energética y aumento del uso de fuentes renovables (Eras y Egido, 2020).

6.2.4.2 Contribución al ODS 13 Acción por el clima.

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 13 busca adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, promoviendo acciones orientadas a la mitigación de emisiones y a la adaptación frente a los efectos ambientales. La instalación de granjas fotovoltaicas contribuye a este objetivo mediante la sustitución de fuentes energéticas convencionales por generación limpia, lo cual reduce la emisión de gases de efecto invernadero. Esta transición energética permite disminuir la huella de carbono de las organizaciones y contribuye al cumplimiento de compromisos climáticos nacionales e internacionales que exigen una reducción progresiva del uso de combustibles fósiles (AlMallahi et al., 2024).

La generación de energía solar a través de sistemas fotovoltaicos también permite fortalecer

la resiliencia del sistema energético, al diversificar las fuentes de suministro y reducir los riesgos asociados a fenómenos climáticos extremos que afectan la infraestructura tradicional. Esta contribución responde a una necesidad técnica y forma parte de una estrategia global para enfrentar los efectos del calentamiento global. Al impulsar proyectos de energía renovable, se promueve una transformación estructural en el sector eléctrico, orientada a la sostenibilidad ambiental y al cumplimiento de metas de reducción de emisiones establecidas por acuerdos multilaterales como el Acuerdo de París (Gan et al., 2023).

6.2.4.3 Impacto social y ambiental asociado al cumplimiento de los ODS.

El cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible genera afectos sociales que se reflejan en una mejora de las condiciones de vida de las comunidades, en particular en aquellas regiones con menor acceso a infraestructura energética. La implementación de proyectos basados en energías renovables, como las granjas fotovoltaicas, promueve el acceso a energía confiable y continua, lo que facilita el desarrollo de actividades productivas, educativas y de salud. Este acceso fomenta la equidad social al reducir las brechas entre zonas urbanas y rurales, incrementando las oportunidades de empleo y fortaleciendo las capacidades locales mediante procesos de formación y transferencia tecnológica (Del Arco et al., 2021).

En términos ambientales, estos proyectos contribuyen a la protección de los ecosistemas al sustituir fuentes de energía contaminantes por tecnologías limpias que no generan emisiones durante su operación. La reducción de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes atmosféricos está asociada con mejoras en la calidad del aire y del entorno natural, lo que incide de manera positiva en la salud pública y en la conservación de la biodiversidad. Esta relación entre el desarrollo energético sostenible y la protección ambiental se encuentra alineada con el enfoque

sistémico de los ODS, que promueve acciones conjuntas para lograr un equilibrio entre las necesidades humanas y la integridad del medio ambiente (Zamignan et al., 2022).

A continuación, se presenta una tabla que con los principales conceptos que constituyen el marco teórico de referencia para el análisis de viabilidad de proyectos de energía solar fotovoltaica. Esto permite identificar de forma estructurada los ejes temáticos, tales como la valoración financiera integral, las características técnicas de las granjas fotovoltaicas, los beneficios del autoconsumo y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Cada categoría contiene elementos importantes que contribuyen a una comprensión global de los factores económicos, técnicos, sociales y ambientales que intervienen en la planificación y ejecución de este tipo de proyectos.

Tabla 5

Base conceptual de la investigación

Categoría	Descripción	Referencia principal
Valoración financiera integral	Proceso que permite evaluar la viabilidad económica de un proyecto mediante flujos de caja, costos de inversión y beneficios esperados.	Da Silva et al. (2020)
Indicadores financieros	Herramientas como VPN, TIR y Payback utilizadas para medir el rendimiento económico y el retorno de la inversión.	Brodziński et al. (2021)
Análisis de riesgos	Evaluación de escenarios e incertidumbre financiera que pueden afectar la viabilidad del proyecto y estrategias de mitigación.	Delapedra et al. (2022)
Flujos de caja	Proyecciones económicas que permiten estimar ingresos, egresos y sostenibilidad financiera del proyecto a largo plazo.	Jiménez y Velasco (2023)
Granjas fotovoltaicas	Infraestructura que transforma la energía solar en electricidad mediante paneles solares, inversores y baterías.	Gorjian et al. (2020)
Modelos EPC y PPA	Modalidades de implementación: EPC como entrega llave en mano y PPA como acuerdo a largo plazo entre productor y comprador.	Kandpal et al. (2024)
Autoconsumo	Producción y consumo de energía solar en el mismo	Rodrigo (2023)

energético	sitio, lo que reduce costos operativos y dependencia de la red eléctrica.	
Comparación de costos	Análisis de diferencias estructurales entre energía convencional y renovable en términos de inversión, operación y mantenimiento.	Timilsina (2021)
Impacto económico del autoconsumo	Mejora de la rentabilidad y estabilidad financiera de las empresas al generar y usar su propia energía.	Scarpellini et al. (2021)
Incentivos tributarios	Beneficios fiscales como deducción de renta y exención de IVA para proyectos de energías renovables en Colombia.	Congreso de Colombia (2014)
ODS 7 y ODS 13	Relación directa del proyecto con el acceso a energía limpia (ODS 7) y la acción climática mediante reducción de emisiones (ODS 13).	ONU (2023); AlMallahi et al. (2024)
Impacto social y ambiental	Mejora de condiciones de vida, acceso a energía confiable y protección ambiental mediante tecnologías limpias.	Zamignan et al. (2022)

Nota. Elaboración propia.

6.3 Antecedentes

6.3.1 Internacionales

Según Figueroa (2024), en su tesis "Estudio de las pérdidas energéticas debido a una inadecuada orientación de las celdas solares fotovoltaicas en la ciudad de Tepic, Nayarit", tuvo como objetivo cuantificar las pérdidas energéticas asociadas a una mala orientación de los paneles solares. La investigación se realizó en Tepic, utilizando un enfoque experimental en el que se midió la energía generada por celdas solares expuestas en diferentes posiciones a lo largo de un año, los resultados demostraron que las pérdidas aumentan cuando los paneles no están orientados de manera correcta. Este estudio es importante para proyectos de granjas fotovoltaicas, dado que resalta la importancia de una instalación adecuada para maximizar la generación de energía, lo que tiene un efecto en la rentabilidad de los proyectos fotovoltaicos.

Por otro lado, Romero (2020), en su tesis "Sistema fotovoltaico autónomo para mayor disponibilidad de energía eléctrica en SENATI", investigó la mejora de la disponibilidad de energía

eléctrica en los talleres del SENATI en Huancayo mediante un sistema fotovoltaico autónomo. El objetivo de su estudio fue evaluar los componentes del sistema, como el controlador, la batería y el inversor, para maximizar la eficiencia energética. Utilizó un diseño experimental factorial considerando tres variables controlables, el estudio identificó que la combinación para la generación de energía fue el inversor de onda senoidal, la batería tipo líquido y el controlador C20 A. Este enfoque experimental tiene aplicaciones prácticas en proyectos fotovoltaicos de mayor escala, como las granjas fotovoltaicas, donde la optimización de componentes es importante para mejorar la rentabilidad.

De igual manera, Ramírez (2022), en su tesis "Controlador óptimo de energía para una estación de carga multi terminal basada en energía solar", desarrolló un sistema de carga autónoma que mejora la utilización de energía solar. El objetivo principal fue diseñar un controlador para maximizar la eficiencia de los paneles fotovoltaicos y asegurar un suministro constante de energía con baja distorsión armónica. La investigación empleó un enfoque experimental que integró paneles solares, baterías y convertidores CD-CA y CD-CD, evaluando diferentes algoritmos MPPT para mejorar la conversión de energía. Los resultados indicaron que el sistema tuvo una mejora en la eficiencia energética y la calidad de la energía entregada. Este estudio tiene relación con proyectos de granjas fotovoltaicas, dado que aborda el mismo desafío de optimización energética en sistemas solares a gran escala.

En esta línea, Quant y Méndez (2020), en su tesis titulada "Evaluación técnico-financiera del consumo energético en el molino de producción de Papelera Calpules S.A.", analizaron el consumo energético de una planta de producción de papel reciclado en Honduras. El objetivo principal fue evaluar las posibles mejoras en el consumo energético con el fin de reducir los costos

operativos. La metodología empleada fue mixta, utilizando tanto datos primarios obtenidos a través de entrevistas con los encargados del proceso productivo como datos secundarios de fuentes históricas, los resultados indicaron que una mejora en el consumo energético podría generar ahorros, reduciendo el costo de producción y mejorando la competitividad de la empresa. Este estudio se vincula con el trabajo investigativo en granjas fotovoltaicas, ya que aborda la eficiencia energética en sistemas industriales, mostrando cómo una gestión adecuada de la energía puede influir en la rentabilidad de proyectos productivos.

Según Zárate (2020), en su tesis "Evaluación de potencial de ahorro energético de techos verdes aplicados en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río", realizó un análisis energético, económico y ambiental para comparar dos modelos de techo, el convencional y el verde. La investigación, realizada en el Tecnológico Nacional de México, Campus Veracruz, se centró en la medición de temperatura y humedad relativa de prototipos de ambos modelos, los cuales fueron ubicados en el campus. Utilizando el software TRNSYS 16, los resultados mostraron que los techos verdes tienen un efecto en la reducción del consumo energético al disminuir la necesidad de acondicionamiento térmico en los edificios. Esta investigación es importante para el proyecto de granjas fotovoltaicas, ya que, al igual que en la optimización de sistemas energéticos renovables, se busca mejorar la eficiencia energética mediante soluciones sostenibles que influyan de manera positiva en el entorno y reduzcan el consumo de energía.

6.3.2 Nacionales

En este contexto, Gutiérrez y Herrera (2022), en su tesis "Análisis de la incidencia de reflexión solar sobre un sistema fotovoltaico", estudiaron cómo la utilización de concentradores de irradiancia y nuevas configuraciones de distribución de paneles solares puede mejorar la eficiencia

de los sistemas fotovoltaicos. El objetivo fue aumentar la irradiancia sobre los paneles solares para reducir el área de terreno ocupada por los parques solares, la investigación utilizó simulaciones y pruebas experimentales para evaluar el efecto de estos cambios, los resultados indicaron que los concentradores de irradiancia y una distribución de los paneles permitirían reducir el espacio requerido. Esta investigación se relaciona con el estudio de granjas fotovoltaicas, debido a que ambas buscan mejorar la eficiencia energética y reducir los costos asociados al uso del terreno.

De igual forma, Rodríguez (2023), en su tesis "Propuesta metodológica para la evaluación financiera de proyectos de energización rural en Colombia con soluciones aisladas", desarrolló una metodología para evaluar proyectos de electrificación rural en Colombia mediante soluciones fotovoltaicas. El objetivo principal fue proporcionar una herramienta para evaluar la viabilidad financiera de estos proyectos en zonas no interconectadas, utilizando un enfoque de estudio de caso, el autor realizó una revisión de la literatura y análisis de proyectos previos, identificando las variables financieras, los resultados mostraron que la evaluación de costos y beneficios sociales, junto con los flujos de caja descontados, son importantes para la sostenibilidad económica de estos proyectos. Esta investigación está relacionada con proyectos de granjas fotovoltaicas, dado que abordan la optimización de la eficiencia y viabilidad financiera de los sistemas solares.

Según Castro (2021), en su tesis "Evaluación para proyectos de implementación de sistemas solares fotovoltaicos en la infraestructura gubernamental de Sabana Centro", desarrolló una metodología para evaluar la viabilidad de implementar sistemas solares fotovoltaicos en entidades públicas de la región de Sabana Centro, Colombia. La investigación se centró en identificar factores legales, técnicos y financieros necesarios para realizar una evaluación financiera adecuada de estos proyectos. La metodología empleada incluyó la recopilación de datos sobre las condiciones

energéticas y la creación de una herramienta para calcular los costos y ahorros, los resultados mostraron que estos sistemas podrían generar ahorros sustanciales y mejorar la sostenibilidad energética. Este estudio se vincula con el proyecto de granjas fotovoltaicas, debido a que ambos buscan implementar soluciones fotovoltaicas en áreas para mejorar el aprovechamiento de la energía solar a nivel local y regional.

Por otro parte, Martínez (2023), en su tesis "Análisis de factibilidad económica de un SFV, enfocado al usuario final residencial, analizando la normatividad colombiana y los modelos de contratos de venta de energía en el Atlántico", realizó una evaluación económica para implementar sistemas fotovoltaicos en el ámbito residencial. El objetivo fue analizar la viabilidad de estos sistemas en términos económicos, legales y técnicos, utilizando modelos de contratos PPA como alternativa de financiamiento. La metodología empleada incluyó un análisis financiero basado en simulaciones, en el que se calculó el costo de inversión y los beneficios de la adopción de sistemas solares fotovoltaicos, los resultados mostraron que la implementación de estos sistemas es viable de manera económica, con un retorno de inversión positivo a largo plazo. Esta investigación tiene relación con el proyecto de granjas fotovoltaicas, ya que aborda la viabilidad económica de la energía solar fotovoltaica en diferentes escalas, con el objetivo de fomentar su adopción en sectores residenciales y públicos.

En esta línea, Castaño (2024), en su tesis "Evaluación para medir la viabilidad financiera de instalación de energías renovables mediante paneles solares en las empresas del sector textil en Manizales, Caldas", realizó un análisis detallado de la viabilidad económica de implementar sistemas fotovoltaicos en la empresa Nicole, ubicada en Manizales. El objetivo de su investigación fue evaluar los costos y beneficios de adoptar energía solar en la industria textil, utilizando

herramientas financieras como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN). La metodología empleada consistió en la simulación del dimensionamiento del sistema fotovoltaico y el análisis financiero del proyecto, los resultados demostraron que la instalación de paneles solares es viable, con un atractivo retorno de inversión. Este estudio se relaciona con la investigación sobre granjas fotovoltaicas, debido a que busca optimizar el uso de la energía solar en el sector industrial, mejorando la eficiencia y la rentabilidad de los sistemas.

Según Cáceres et al. (2024), en su tesis titulada "Desarrollo de una guía metodológica para el análisis de la gestión de riesgos, la evaluación integral y el cumplimiento de objetivos en proyectos de energía solar fotovoltaica en Colombia", crearon una guía para mejorar la gestión de riesgos en proyectos fotovoltaicos. El objetivo de su investigación fue mejorar la viabilidad y el éxito de estos proyectos mediante la identificación y mitigación de riesgos técnicos, financieros, regulatorios y naturales. Utilizando una metodología cualitativa, los autores analizaron la situación de la industria solar fotovoltaica en Colombia y desarrollaron una matriz de riesgos que incluye factores para evaluar los proyectos, los resultados demostraron que la implementación de la guía metodológica puede reducir la incertidumbre y aumentar la tasa de éxito de los proyectos, contribuyendo al crecimiento de la energía renovable en Colombia. Esta investigación se vincula con el estudio de las granjas fotovoltaicas, ya que dichos trabajos comparten el objetivo de mejorar la gestión de proyectos fotovoltaicos y fortalecer tanto su eficiencia como su rentabilidad.

Por otro lado, Beltrán y Páez (2021), en su tesis "Factibilidad financiera de generar energía eléctrica, a partir de energía fotovoltaica en la finca La Macarena ubicada en el municipio San Martín-Cesar, Colombia", evaluaron la viabilidad económica de implementar sistemas fotovoltaicos en una finca ubicada en Colombia. El objetivo de su investigación fue analizar los

costos y beneficios asociados con la instalación de paneles solares en una zona rural, contribuyendo a la autosuficiencia energética y a la sostenibilidad. Utilizando indicadores financieros como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), realizaron un análisis detallado de la inversión necesaria y el retorno esperado, los resultados indicaron que la implementación de energía solar fotovoltaica era viable, reduciendo costos a largo plazo y promoviendo el uso de energías renovables en el sector rural. Este estudio guarda relación con la investigación sobre granjas fotovoltaicas, debido a que las dos perspectivas se centran en analizar la viabilidad financiera de proyectos fotovoltaicos en zonas rurales y en cómo estos pueden aportar ventajas tanto económicas como ambientales.

Según González et al. (2023), en su tesis "Propuesta para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica en la Dirección de Carabineros y Protección Ambiental de la Policía Nacional de Colombia, aplicando la metodología de gerencia de proyectos", evaluaron la viabilidad de instalar paneles solares en una instalación de la Policía Nacional en Bogotá. El objetivo fue analizar la factibilidad de implementar energía fotovoltaica para reducir el uso de recursos no renovables. Utilizando una metodología basada en la revisión organizacional y estudios de viabilidad, los resultados mostraron que la instalación de paneles solares es viable y contribuiría a la sostenibilidad ambiental de la institución. Este estudio está relacionado con el análisis de granjas fotovoltaicas, debido a que se comparte el objetivo de implementar energía solar para mejorar la eficiencia energética en sectores definidos.

En este contexto, Fonseca (2025), en su tesis "Estudio de viabilidad de la implementación de luminarias mediante sistemas eléctricos solares fotovoltaicos en zonas comunes de nuevas unidades residenciales de la ciudad de Medellín", evalúa la viabilidad de implementar sistemas

fotovoltaicos en el alumbrado público de zonas residenciales. El objetivo de la investigación fue determinar la factibilidad técnica y económica de esta transición, identificando factores como el costo de instalación y los ahorros energéticos a largo plazo. La metodología empleada consistió en un análisis de las condiciones meteorológicas de Medellín y el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos, los resultados indicaron que la implementación de luminarias solares es viable y contribuye a la sostenibilidad ambiental, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta investigación está vinculada con el estudio de granjas fotovoltaicas, ya que ambos enfoques buscan optimizar el uso de la energía solar para mejorar la eficiencia energética y reducir los costos operativos.

6.3.3 Local

Según Restrepo (2021), en su tesis "Energía solar fotovoltaica: diagnóstico, perspectivas y desempeño en el departamento del Valle del Cauca", evaluó el efecto de los sistemas solares fotovoltaicos instalados a red en esa región. El objetivo fue caracterizar los proyectos existentes y analizar su desempeño energético mediante un estudio de la radiación solar en diferentes subregiones del Valle del Cauca. La investigación utilizó información climática del IDEAM y de bases de datos internacionales como NREL. Los resultados mostraron que, a pesar de la capacidad solar de la región, existen barreras en la adopción generalizada de la energía solar fotovoltaica, en particular por la falta de difusión de proyectos exitosos y la estandarización de procesos. Este estudio está relacionado con la investigación sobre granjas fotovoltaicas, dado que se enfocan en analizar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y en cómo aprovechar al máximo su rendimiento en zonas con elevada radiación solar.

De la misma forma, Agudelo (2024), en su tesis "Diseño del Plan Estratégico Como

Fortalecimiento Organizacional, los Métodos y la Competitividad Mediante Tecnologías Energéticas Para Ingeplasticos SAS", propuso la implementación de una planificación estratégica en Ingeplasticos SAS para mejorar su competitividad y eficiencia organizacional. El objetivo principal fue diseñar un sistema energético alternativo, utilizando una auditoría energética como herramienta para diversificar su matriz energética. La metodología empleada incluyó cuatro etapas, la mejora del manejo de la información, el diseño de estrategias de toma de decisiones y la creación de una planeación estratégica para fortalecer la estructura organizacional de la empresa, los resultados mostraron que la implementación de estas estrategias podría mejorar la competitividad y la eficiencia energética de la empresa, contribuyendo a su sostenibilidad. Este trabajo se vincula con el análisis de proyectos fotovoltaicos, ya que ambos abordan la mejora de la eficiencia energética en el sector empresarial, utilizando fuentes de energía renovables para optimizar los recursos.

En esta línea, Amen (2022), en su tesis "Análisis de viabilidad técnico-económica para incorporar sistemas de almacenamiento de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional", aborda la viabilidad de integrar sistemas de almacenamiento de energía eléctrica (BESS) en la red colombiana. El objetivo de su investigación fue analizar los beneficios y desafíos de estos sistemas, evaluando su efecto en la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico nacional, utilizando una metodología de modelado y simulación, el estudio se enfocó en los costos de implementación, el retorno de inversión y los efectos sobre la confiabilidad del sistema eléctrico. Los resultados indicaron que los BESS pueden mejorar la estabilidad de la red y permitir una mayor integración de fuentes de energía renovables. Este estudio está relacionado con los proyectos fotovoltaicos, debido a que se enfocan en mejorar la generación y el almacenamiento de energía solar en las redes

eléctricas, con el objetivo de incrementar la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas energéticos.

Por último, Echeverri Chávez (2024), en su tesis "Viabilidad técnica y económica de una solución de generación fotovoltaica flotante sobre espejo de agua", presentó un análisis de la implementación de sistemas solares fotovoltaicos flotantes sobre los reservorios de agua de la planta de tratamiento de agua potable de Puerto Mallarino, en Cali. El objetivo principal fue evaluar la viabilidad de generar energía solar fotovoltaica en esta modalidad, comparando los resultados financieros entre sistemas flotantes y tradicionales en tierra. La investigación empleó una metodología de tres etapas, diseño conceptual, simulación del rendimiento solar y evaluación financiera. Los resultados mostraron que el sistema flotante presenta una TIR de 23,4% y un LCOE de 107,41 \$/kWh, mientras que el sistema en tierra tiene una TIR de 5,7% y un LCOE de 347,27 \$/kWh. Este trabajo está relacionado con proyectos fotovoltaicos de gran escala, ya que se examina la factibilidad técnica y económica de la energía solar en contextos determinados, impulsando propuestas innovadoras en el ámbito de las energías renovables.

7. Conclusiones

El análisis financiero desarrollado en este estudio permite establecer que la implementación de diez granjas fotovoltaicas en las subestaciones eléctricas de la Compañía Energética de Occidente (CEO) es viable bajo dos esquemas de ejecución: EPC y PPA. El análisis comparativo entre ambos modelos muestra que los indicadores financieros proyectados en ambos casos presentan rendimientos positivos. En el modelo EPC, CEO asume la inversión y accede a beneficios tributarios, mientras que en el modelo PPA se evita el gasto en CAPEX, permitiendo a

la organización recibir una retribución por facturación energética a través de un tercero, ambos modelos permiten una reducción de costos operativos y una mejora en el flujo de caja de la compañía durante el periodo de proyección.

La estructura del modelo financiero incorporó variables como inversión inicial, costos de operación, ingresos por autoconsumo y venta de excedentes, flujos de caja y beneficios tributarios establecidos en la Ley 1715. Esta configuración permitió proyectar escenarios con tasas de retorno favorables y periodos de recuperación viables, la inclusión del contrato de colaboración con Promigas en el modelo PPA fortaleció la estabilidad de ingresos y la rentabilidad del proyecto. Las diferencias entre esquemas permiten a la empresa tomar decisiones con base en su capacidad de inversión y sus objetivos operativos a mediano plazo. En ambos casos, los valores proyectados cumplen con los criterios financieros definidos al inicio del estudio (Congreso de Colombia, 2014).

Desde el componente técnico, el análisis de las subestaciones eléctricas permitió identificar la viabilidad de instalar sistemas fotovoltaicos en función del consumo energético histórico, el asoleamiento, las condiciones operativas y el estado de la infraestructura. Las simulaciones realizadas en cada ubicación evidenciaron que es posible generar la energía requerida para cubrir parte o la totalidad del autoconsumo y en algunos casos, generar excedentes. Estos resultados permiten proyectar la eficiencia operativa del sistema en diferentes periodos del año. El análisis técnico aporta información sobre la capacidad instalada necesaria para cada subestación y permite estimar los recursos requeridos para la implementación del proyecto.

Aunque los resultados obtenidos hasta ahora muestran una viabilidad positiva, es importante considerar algunos escenarios negativos o sensibles que podrían afectar la implementación del proyecto. En primer lugar, los costos ocultos asociados a la instalación y

operación de sistemas fotovoltaicos pueden no haber sido considerados en el análisis. Estos costos adicionales pueden incluir gastos inesperados relacionados con la adquisición de materiales, equipos de repuesto, mantenimiento no previsto o problemas técnicos imprevistos durante la instalación. Además, el riesgo regulatorio es un factor que podría impactar la viabilidad financiera. Las políticas gubernamentales y los incentivos fiscales pueden cambiar, afectando las proyecciones de ingresos y los beneficios derivados de los proyectos fotovoltaicos. Otro desafío es la resistencia de la comunidad local, que podría verse afectada por percepciones negativas sobre los proyectos de energía renovable. Las preocupaciones sobre el uso de tierras, el impacto ambiental percibido o el desconocimiento de los beneficios pueden generar oposición, retrasando o incluso bloqueando la implementación del proyecto.

En el componente ambiental, se identificó una reducción proyectada de emisiones de CO₂ cercana a las 181 toneladas anuales, lo que contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 7, 9, 12 y 13. El uso de energía solar disminuye la dependencia de fuentes convencionales y permite diversificar la matriz energética de CEO, la incorporación de energías renovables en el portafolio de la empresa genera un efecto ambiental favorable en términos de reducción de huella de carbono. Esta transición energética se alinea con las metas establecidas por la política energética nacional y fortalece la posición de la organización frente a los marcos regulatorios y de sostenibilidad que afectan al sector eléctrico en Colombia.

A pesar de los resultados positivos obtenidos en este estudio, es importante señalar algunas limitaciones y riesgos inherentes al proyecto. En primer lugar, la variabilidad climática representa una de las principales limitaciones, ya que las condiciones meteorológicas, como la falta de radiación solar en ciertos períodos o fenómenos climáticos extremos, pueden afectar la eficiencia

de los sistemas fotovoltaicos y, por ende, la producción de energía. Esta fluctuación en la generación puede modificar las proyecciones de ingresos y ahorros esperados, lo que plantea un desafío para la estabilidad financiera del proyecto a largo plazo. Además, la integración de energías renovables en la matriz energética está sujeta a condiciones cambiantes, lo que puede generar incertidumbre en cuanto a la rentabilidad de las inversiones

Por otro lado, la obsolescencia tecnológica es otro factor que debe considerarse en la implementación de las granjas fotovoltaicas. Dado que la tecnología fotovoltaica está en constante evolución, es posible que los sistemas instalados en el proyecto queden desactualizados antes de alcanzar su vida útil, lo que podría requerir inversiones adicionales para mantener la eficiencia y la competitividad operativa. Además, el modelo de contrato PPA (Power Purchase Agreement), aunque garantiza una fuente de ingresos estable, conlleva ciertos riesgos. Cualquier cambio en las condiciones contractuales o en las políticas regulatorias puede impactar en los ingresos proyectados, lo que recalca la necesidad de una gestión de riesgos adecuada y estrategias de contingencia para asegurar la viabilidad económica y financiera del proyecto a largo plazo.

8. Referencias bibliográficas

- Acosta, J. J. S., y Gámez, M. R. (2021). Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales. *Dominio De Las Ciencias*, 7(6), 129–147. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i6.2321>
- Agudelo, J. (2024). *Diseño del Plan Estratégico Como Fortalecimiento Organizacional, los Métodos y la Competitividad Mediante Tecnologías Energéticas Para Ingeplasticos SAS* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/64533/jjagudelom.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Akeyo, O. M., Rallabandi, V., Jewell, N., y Ionel, D. M. (2020). The Design and Analysis of Large Solar PV Farm Configurations With DC-Connected Battery Systems. *IEEE Transactions On Industry Applications*, 56(3), 2903-2912. <https://doi.org/10.1109/tia.2020.2969102>
- Algarni, S., Tirth, V., Alqahtani, T., Alshehery, S., y Kshirsagar, P. (2023). Contribution of renewable energy sources to the environmental impacts and economic benefits for sustainable development. *Sustainable Energy Technologies And Assessments*, 56, 103098. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103098>
- AlMallahi, M. N., Swailmeen, Y. A., Abdelkareem, M. A., Olabi, A. G., y Elgendi, M. (2024). A path to sustainable development goals: A case study on the thirteen largest photovoltaic power plants. *Energy Conversion And Management X*, 22, 100553. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2024.100553>
- Álvaro, J., Franco Luesma, S., Lafuente, V., Sen, P., Usón, A., Cantero-Martínez, C., y Arrúe, J.

(2022). Impacto ambiental, social y económico de los proyectos de energías renovables eólicos y fotovoltaicos en Aragón. In *Universidad de Zaragoza eBooks*.

<https://doi.org/10.26754/uz.978-84-18321-29-0>

Alves, M. N., y Falcão, D. M. (2020). Aplicação de Armazenamento de Energia em Redes de Distribuição com Elevada Penetração de Geração Solar Fotovoltaica Distribuída. *Anais Do Congresso Brasileiro De Automática 2020*. <https://doi.org/10.48011/asba.v2i1.1702>

Amen, A. E. (2022). *Análisis de viabilidad técnico-económica para incorporar sistemas de almacenamiento de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Occidente.

<https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/2a2c73a3-1651-48be-ae69-452f2adeb11a/content>

Amores, J. M. J., Naranjo, W. P. P., y Bonilla, J. I. C. (2024). Determinación de porcentajes de la reducción de dependencia de la red eléctrica con el uso de sistemas fotovoltaicos conectados a la red. *Revista Ingenio Global.*, 3(2), 5–21.

<https://doi.org/10.62943/rig.v3n2.2024.97>

Ávila, M. V., Flores-Lazo, E. T., Cobos-Torres, J. C., y Alvarez-Vera, M. S. (2023). Sistemas fotovoltaicos en sectores del Ecuador con difícil acceso y/o desprovistos de servicio eléctrico: un estudio desde las experiencias latinoamericanas. *Revista Fuentes El Reventón Energético*, 21(2). <https://doi.org/10.18273/revfue.v21n2-2023003>

Barrigón, J. M. R. (2022). Fernández, C. y López-Jacoiste Díaz, E. (Dirs.), Urbaneja Cillán, J. (Coord.), *Nuevas dimensiones del desarrollo sostenible y derechos económicos sociales y*

- culturales, Aranzadi, Pamplona, 2021, 569 pp. *Revista electronica iberoamericana*, 16(1), 271-277. <https://doi.org/10.20318/reib.2022.7025>
- Barrios, L. D. R. (2024). Crecimiento del Consumo Interno de Energía Eléctrica Período 1985-2022 y su Impacto Futuro en el Desarrollo Socioeconómico del Paraguay. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 10806–10817. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10381
- Basterra, N., Alba, M., y Bardolet, M. (2024). ¿Qué papel juega el sector privado en una transición energética justa? *Revista Diecisiete Investigación Interdisciplinar Para Los Objetivos De Desarrollo Sostenible*, 10, 103–116. https://doi.org/10.36852/2695-4427_2024_10.07
- Beltrán, B., y Páez, N. (2021). *Factibilidad financiera de generar energía eléctrica, a partir de energía fotovoltaica en la finca 'La Macarena' ubicada en el municipio San Martín – Cesar, Colombia* (Tesis de maestría). Universidad Externado de Colombia. file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/CAA-spa-2021-Factibilidad_financiera_de_generar_energia_electrica_a_partir_de_energia_fotovoltaica_en_la_finca.pdf
- Benalcazar, P., Malec, M., Kaszyński, P., Kamiński, J., y Saługa, P. W. (2024). Electricity Cost Savings in Energy-Intensive Companies: Optimization Framework and Case Study. *Energies*, 17(6), 1307. <https://doi.org/10.3390/en17061307>
- Bravo Bravo, I. F. (2024). Organizational learning culture and its relationship to business adaptability. *Revista Científica Zambos.*, 3(1), 1–18. <https://doi.org/10.69484/rcz/v3/n1/9>
- Briñez, M., & Penagos, M. (2021). La Sostenibilidad como Estrategia Competitiva en empresas

del sector Construcción del Departamento de Antioquia - Colombia. *Telos Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 23(2), 325–346.

<https://doi.org/10.36390/telos232.08>

Brodziński, Z., Brodzińska, K., y Szadziun, M. (2021). Photovoltaic Farms—Economic Efficiency of Investments in North-East Poland. *Energies*, 14(8), 2087.

<https://doi.org/10.3390/en14082087>

Brundtland, G. H. (1987). *Our common future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.

Cáceres, D. J., Navarrete, G. M., y Peñuela, J. F. (2024). *Desarrollo de una guía metodológica para el análisis de la gestión de riesgos, la evaluación integral y el cumplimiento de objetivos en proyectos de energía solar fotovoltaica en Colombia* (Tesis de maestría). Universidad Colombiana de la Sabana.

<https://repositorio.escuelaing.edu.co/server/api/core/bitstreams/43352048-e4c7-4c53-a488-a96564b0b0cd/content>

Canales, H. J. S. (2020). Tecnologías limpias como fuente de ventaja competitiva empresarial. *Academo Revista De Investigación En Ciencias Sociales Y Humanidades*, 7(1), 97–104.

<https://doi.org/10.30545/academo.2020.ene-jun.10>

Candra, O., Chammam, A., Alvarez, J. R. N., Muda, I., y Aybar, H. Ş. (2023). The Impact of Renewable Energy Sources on the Sustainable Development of the Economy and Greenhouse Gas Emissions. *Sustainability*, 15(3), 2104.

<https://doi.org/10.3390/su15032104>

Castaño, D. A. (2024). *Evaluación para medir la viabilidad financiera de instalación de energías*

renovables mediante paneles solares en las empresas del sector textil en Manizales, Caldas (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/87658/1053816368.2025.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Castellanos, L. Y. M., Muñoz, A. R., Meza, C., y Muegue, L. C. D. (2024). Análisis de expertos con enfoque cualitativo de la transición energética en la jagua de ibirico (corredor carbonifero del cesar). *Revista ambiental agua aire y suelo*, 13(1), 104–113.

<https://doi.org/10.24054/raaas.v13i1.2744>

Castillo, D. a. A. (2023). Estrategias que contribuyan a un óptimo ambiente laboral organizacional. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 4(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.612>

Castillo, F. J., Belmonte, L. J., Abad, E., y Camacho, F. (2024). Perception of photovoltaic energy consumption in the Spanish primary sector. An environmentally profitable alternative. *Journal Of Environmental Management*, 357, 120840.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120840>

Castro, A. M. (2021). *Evaluación para proyectos de implementación de sistemas solares fotovoltaicos en la infraestructura gubernamental de Sabana Centro* (Tesis de maestría). Universidad de La Sabana.

<https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/49532/Tesis%20Ana%20Mar%20c3%ada%20Castro%20Gonz%c3%a1lez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Casula, L., D'Amico, G., Masala, G., y Petroni, F. (2020). Performance estimation of photovoltaic energy production. *Letters In Spatial And Resource Sciences*, 13(3), 267-285. <https://doi.org/10.1007/s12076-020-00258-x>
- CEPAL. (2021). *Panorama de las energías renovables en América Latina y el Caribe 2021*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Chu, H., Xu, M., y Wu, Y. (2022). A Risk Assessment Framework of Photovoltaic Poverty Alleviation Projects under EPC Mode in China. *Mathematical Problems In Engineering*, 2022, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2022/2214431>
- Compañía Energética de Occidente S.A.S. E.S.P. (2023). *Historia*. CEO. <https://www.ceosp.com.co/web/corporativo-ceo/historia>
- Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014. Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*. Diario Oficial No. 49.129.
- Congreso de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014: Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Diario Oficial No. 49.129. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
- Corrales, R. R. C. (2025). Análisis de Políticas, estrategias y acciones específicas para promover la adopción y expansión de la generación distribuida fotovoltaica en la provincia de Cotopaxi. *Nexus Research Journal*, 4(1). <https://doi.org/10.62943/nrj.v4n1.2025.168>

- Cuervo, F. I., Arredondo-Orozco, C. A., & Marenco-Maldonado, G. C. (2020). Photovoltaic power purchase agreement valuation under real options approach. *Renewable Energy Focus*, 36, 96–107. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2020.12.006>
- Cuji, C., & Zambrano, R. O. G. (2022). Gestión óptima de la energía en un proceso paulatino y controlado para contribuir a la descarbonización del sector eléctrico. *Revista Técnica Energía*, 19(1), 71–84. <https://doi.org/10.37116/revistakW.v19.n1.2022.518>
- Cunial, S. L. (2021). Transitions for whom? Political alignment and subsidies for solar energy projects in rural Colombian municipalities. *Latin American Policy*, 12(2), 300–332. <https://doi.org/10.1111/lamp.12219>
- Czepło, F., y Borowski, P. F. (2024). Innovation Solution in Photovoltaic Sector. *Energies*, 17(1), 265. <https://doi.org/10.3390/en17010265>
- Da Silva Ribeiro Rocha, G., Kuchak, M. L., Biguelini, D., Rocha, P. D., De Oliveira, L., y Lago, A. (2020). Viabilidade econômica em um sistema de produção do cultivo de tilápia: um estudo de caso em uma propriedade rural. *Nucleus*, 17(1), 193-209. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.3670>
- Dallaev, R., Pisarenko, T., Papež, N., y Holcman, V. (2023). Overview of the Current State of Flexible Solar Panels and Photovoltaic Materials. *Materials*, 16(17), 5839. <https://doi.org/10.3390/ma16175839>
- Dalmora, G., Luzzi, K., y Hemkemeier, M. (2023). A contribuição da análise do ciclo de vida (ACV) para a minimização dos impactos ambientais de processos produtivos: uma abordagem teórica. *Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218*, 4(2), e422714. <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i2.2714>

- De Morais, D. O., & De Almeida, M. E. M. (2024). Contrato de Engineering, Procurement & Construction (EPC): aspectos jurídicos e regulatórios no ordenamento brasileiro. *Scientia Iuris*, 28(3), 95–114. <https://doi.org/10.5433/2178-8189.2024v28n3p95-114>
- De Morais, F. H. M., De Oliveira Lopes Da Silva, O. A. V., De Moraes, A. M., y Barbosa, F. R. (2021). Influência da Irradiação Solar na Análise de Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 36(4), 723-734. <https://doi.org/10.1590/0102-7786360049>
- Del Arco, I., Ramos-Pla, A., Zsembinski, G., De Gracia, A., y Cabeza, L. F. (2021). Implementing SDGs to a Sustainable Rural Village Development from Community Empowerment: Linking Energy, Education, Innovation, and Research. *Sustainability*, 13(23), 12946. <https://doi.org/10.3390/su132312946>
- Delapedra-, V., Ferreira, P., Cunha, J., y Kimura, H. (2022). Methods for Financial Assessment of Renewable Energy Projects: A Review. *Processes*, 10(2), 184. <https://doi.org/10.3390/pr10020184>
- Di Pietro, S. (2022). Procesos de la transición urbana a sistemas autónomos descentralizados de energía renovable. *Estudios Demográficos Y Urbanos*, 37(3), 807–837. <https://doi.org/10.24201/edu.v37i3.2073>
- Díaz, M. V. (2021). Sistema de comunicación para superar el conflicto entre empresa, estado y comunidad. *PAIAN*, 12(2), 14–26. <https://doi.org/10.26495/rcp.v12i2.2017>
- Dranka, G. G., Cunha, J., De Lima, J. D., y Ferreira, P. (2020). Economic evaluation methodologies for renewable energy projects. *AIMS Energy*, 8(2), 339-364. <https://doi.org/10.3934/energy.2020.2.339>

- Echeverri, H. A. (2024). *Viabilidad técnica y económica de una solución de generación fotovoltaica flotante sobre espejo de agua* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Occidente. <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/9d42f76e-9de2-4897-a655-fc0b371dd571/content>
- Eras, A. A., y Egido, M. A. (2020). What Is Still Necessary for Supporting the SDG7 in the Most Vulnerable Contexts? *Sustainability*, 12(17), 7184. <https://doi.org/10.3390/su12177184>
- Erdiwansyah, N., Mahidin, N., Husin, H., Nasaruddin, N., Zaki, M., y Muhibbuddin, N. (2021). A critical review of the integration of renewable energy sources with various technologies. *Protection And Control Of Modern Power Systems*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s41601-021-00181-3>
- Expósito-López, O. (2023). Contratación pública energética estratégica, una prioridad geopolítica incipiente. *Revista Eurolatinoamericana De Derecho Administrativo*, 10(1), e240. <https://doi.org/10.14409/redoeda.v10i1.13015>
- Falcón Pérez, C. E. (2020). Las cooperativas energéticas como alternativa al sector eléctrico español: una oportunidad de cambio. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 1–55. <https://doi.org/10.56398/ajacieda.00152>
- Farías, E. a. P., Bonilla, J. I. C., y Naranjo, W. P. P. (2024). Análisis de tecnologías de almacenamiento de energía para mejorar la gestión de energía renovable. *Polo Del Conocimiento*, 9(7), 1425–1439. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i7.7574>
- Fernández, J. M. R., Payán, M. B., y Santos, J. M. R. (2020). Profitability of household photovoltaic self-consumption in Spain. *Journal Of Cleaner Production*, 279, 123439. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123439>

- Feuillet Alzate, J., Correa-García, J. A., y Ceballos-García, D. (2022). Desempeño financiero y operativo del sector energético colombiano en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Revista CEA*, 8(18), e2022. <https://doi.org/10.22430/24223182.2022>
- Figuroa, A. R. (2024). *Estudio de las pérdidas energéticas debidas a una inadecuada orientación de las celdas solares fotovoltaicas en la ciudad de Tepic, Nayarit* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nayarit. <https://repositorio-energia.conahcyt.mx/jspui/bitstream/1000/189/1/Tesis%20ESTUDIO%20DE%20LAS%20P%C3%89RDIDAS%20ENERG%C3%89TICAS.pdf>
- Flores, J. F. Q., Yáñez, S. F., Mendoza, G. A., y Vaca, E. A. (2023). Diseño óptimo de una micro-red para maximizar la generación de potencia eléctrica en Paragachi y Wildtecsa modelado en Homer Pro. *I+D Tecnológico*, 19(2), 5–14. <https://doi.org/10.33412/idt.v19.2.3753>
- Fonseca, E. A. (2025). *Estudio de viabilidad de la implementación de luminarias mediante sistemas eléctricos solares fotovoltaicos en zonas comunes de nuevas unidades residenciales de la ciudad de Medellín* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/67050/eafonsecata.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fonseca, L. M., Domingues, J. P., y Dima, A. M. (2020). Mapping the Sustainable Development Goals Relationships. *Sustainability*, 12(8), 3359. <https://doi.org/10.3390/su12083359>
- Galarza, G. T. (2021). Nuevos retos para la gestión administrativa pública y privada: responsabilidad social y finanzas sostenibles. *Vinculatégica EFAN*, 7(2).

<https://doi.org/10.29105/vtga7.2-17>

Galvis Ardila, Y., Colmenares-Perdomo, M. A., y Rueda-Varón, M. J. (2023). The role of communication in project management: validation of a communication management model for project management. *DYNA*, 90(228), 83–90.

<https://doi.org/10.15446/dyna.v90n228.108641>

Gan, K. E., Taikan, O., Gan, T. Y., Weis, T., Yamazaki, D., y Schüttrumpf, H. (2023). Enhancing Renewable Energy Systems, Contributing to Sustainable Development Goals of United Nation and Building Resilience Against Climate Change Impacts. *Energy Technology*, 11(11). <https://doi.org/10.1002/ente.202300275>

García, J. G. B., Silva, J. Z., Macías, R. G., Muñoz, J. L. R., Sánchez, Y. M., y Cedeño, J. S. P. (2023). Administración Estratégica. *Ingenio Y Conciencia Boletín Científico De La Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 10(20), 98.

<https://doi.org/10.29057/escs.v10i20.10750>

García, V. M., Méndez, V. G., y Chacón, J. P. (2023). Formación y competencia digital del profesorado de Educación Secundaria en España. *Texto Livre Linguagem E Tecnologia*, 16. <https://doi.org/10.1590/1983-3652.2023.44851>

García-Beltrán, Y. (2024). Los actores frente a los proyectos de energía renovable en Yucatán: el Parque Fotovoltaico Ticul. *Letras Verdes Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales*, 36. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.36.2024.6107>

Godina, L. V. (2024). Empresa, ambiente y desarrollo sostenible. *Almanaque*, 43, 1–20.

<https://doi.org/10.58479/almanaque.2024.12>

Gomes, K. F., De Lourdes Torralbas Blazquez, A., Leite, E., y García, G. G. (2020).

Contabilidad Ambiental: Desde una Visión de Responsabilidad Social. *International Journal of Professional Business Review*, 5(1), 17–27.

<https://doi.org/10.26668/businessreview/2020.v5i1.171>

Gómez, Y. A. G., Céspedes, V. H., Sánchez, D. M. G., Trujillo, Á. A. L., y García, N. T. (2021). Social impact of renewable energy systems: solar energy system in vulnerable community case study. *Bulletin Of Electrical Engineering And Informatics*, 10(5), 2337-2344.
<https://doi.org/10.11591/eei.v10i5.3149>

González, A. Y., Gómez, C. A., y Robayo, F. E. (2023). *Propuesta para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica en la Dirección de Carabineros y Protección Ambiental de la Policía Nacional de Colombia, aplicando la metodología de gerencia de proyectos* (Tesis de maestría). Universidad EAN.

<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/e1f9cd25-326c-4cd7-88ac-9a22b9114916/content>

Gorjian, S., Calise, F., Kant, K., Ahamed, M. S., Copertaro, B., Najafi, G., Zhang, X., Aghaei, M., y Shamshiri, R. R. (2020). A review on opportunities for implementation of solar energy technologies in agricultural greenhouses. *Journal Of Cleaner Production*, 285, 124807. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124807>

Guaita, I., y Blasco, A. (2020). Analyzing Profitability and Discount Rates for Solar PV Plants. A Spanish Case. *Sustainability*, 12(8), 3157. <https://doi.org/10.3390/su12083157>

Guanipa, H. J., y Chimá, J. T. (2022). Integralidad derechos humanos-derechos de la naturaleza: hacia la debida diligencia empresarial y la transición energética sostenible. *Revista Derecho del Estado*, 54, 307-344. <https://doi.org/10.18601/01229893.n54.10>

- Guerreiro, L. R., & Pacca, S. A. (2023). EMISSÕES DO CICLO DE VIDA DE CO₂, EMISSÕES EVITADAS e TEMPO DE RECUPERAÇÃO DE ENERGIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL. *Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação*, 9(6), 2834–2849.
<https://doi.org/10.51891/rease.v9i6.10456>
- Guerrero, J. X. S. (2020). Caracterización de la demanda de energía mediante patrones estocásticos en las Redes Eléctricas Inteligentes.
<https://doi.org/10.4995/thesis/10251/153810>
- Gutierrez Ayala, J. (2022). Responsabilidad social empresarial: un análisis desde la sostenibilidad. *Inquietud Empresarial*, 22(2), I–IV.
<https://doi.org/10.19053/01211048.15340>
- Gutiérrez, G., y Herrera, E. A. (2022). *Análisis de la incidencia de reflexión solar sobre un sistema fotovoltaico* (Tesis de maestría). Universidad del Rosario.
<https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/3b64b9ac-a7df-47b1-ac8f-af54ac9f574f/content>
- Heringer, A. V. M. S., y De Oliveira, C. M. M. (2023). Cultura organizacional: o impacto na produtividade dos colaboradores. *Revista Foco*, 16(11), e3588.
<https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n11-067>
- Hernández, J. R. E. E., Montaña-Arango, O., Castañeda-Robles, I. E., Corona-Armenta, J. R., y Medina Marin, J. (2022). Configuración de un modelo de Cadena de Suministro para la energía solar fotovoltaica Caso México. *PÄDI Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 10(Especial2), 65–74.

<https://doi.org/10.29057/icbi.v10iespecial2.8706>

Hidalgo, Ó. R., Sánchez, A. H., Aybar, E. C., y Carrillo, J. R. (2021). Gestión empresarial y su influencia en los planes estratégicos de las medianas empresas del Ecuador. *SUMMA Revista Disciplinaria En Ciencias Económicas Y Sociales*, 3(2).

<https://doi.org/10.47666/summa.3.2.33>

Huchin-Miss, M. I., Cruz-Acosta, R. D., Escalante-Notario, G., y Olmos-Martínez, F. (2024).

Uso eficiente de la energía en sistemas fotovoltaicos interconectados a red. *Tendencias En Energías Renovables Y Sustentabilidad.*, 3(1), 182–185.

<https://doi.org/10.56845/terys.v3i1.258>

Hundt, S., Jahnel, J., y Horsch, A. (2020). Power purchase agreements and financing renewables: an interdependency. *the Journal of Structured Finance*, 27(1), 35–50.

<https://doi.org/10.3905/jsf.2020.1.119>

Jiménez, I. C., y Velasco, C. (2023). Inversión sostenible y de impacto para la viabilidad financiera de la empresa social. El caso Liight. *Estudios Gerenciales*, 67-76.

<https://doi.org/10.18046/j.estger.2023.166.5439>

Kamel, A., Elwageeh, M., Bonduà, S., & Elkarmoty, M. (2022). Evaluation of mining projects subjected to economic uncertainties using the Monte Carlo simulation and the binomial tree method: Case study in a phosphate mine in Egypt. *Resources Policy*, 80, 103266.

<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103266>

Kandpal, B., Backe, S., y Del Granado, P. C. (2024). Power purchase agreements for plus energy neighbourhoods: Financial risk mitigation through predictive modelling and bargaining theory. *Applied Energy*, 358, 122589. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122589>

- Lema, R., Fu, X., y Rabellotti, R. (2020). Green windows of opportunity: latecomer development in the age of transformation toward sustainability. *Industrial And Corporate Change*, 29(5), 1193-1209. <https://doi.org/10.1093/icc/dtaa044>
- León, I. E. A. (2022). México y la implementación del ODS-7 de la Agenda 2030. *Regions & Cohesion*, 12(3), 47-77. <https://doi.org/10.3167/reco.2022.120304>
- Loor-Zambrano, P., y Hinostrroza-Dueñas, G. (2024). Gestión comercial de la generación distribuida mediante sistemas fotovoltaicos en la Empresa Eléctrica de Manabí. 593 *Digital Publisher CEIT*, 9(5), 483–497. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.5.2617>
- López, B. (2022). De la sociedad fósil a la sociedad hipocarbónica: la ciudad inteligente como estrategia facilitadora. *Arbor*, 198(803-804), a636. <https://doi.org/10.3989/arbor.2022.803-804003>
- Lorente, D. B., Álvarez-Herránz, A., y Torres, J. B. (2020). La innovación y la sustitución energética como medidas de corrección medioambiental en países de la OCDE. *Studies of Applied Economics*, 34(1), 235–260. <https://doi.org/10.25115/ae.v34i1.3021>
- Madero, W. R., Maita, J. D. T., y Guerra, A. R. M. (2024). Estabilidad de tensión en una red de 115 kV con integración de generación fotovoltaica. *Simposio Internacional Sobre La Calidad De La Energía Eléctrica.*, 11. <https://doi.org/10.15446/sicel.v11.109659>
- Marco, A. I. M. (2020). *Metodología para la evaluación de la implantación de recursos de generación y demanda distribuidos en grandes consumidores en entornos de mercado competitivos. Caso de aplicación.* <https://doi.org/10.4995/thesis/10251/144651>
- Martínez, J. (2023). *Análisis de factibilidad económica de un SFV, enfocado al usuario final residencial, analizando la normatividad colombiana y los modelos de contratos de venta*

de energía en el Atlántico (Tesis de maestría). Universidad de la Costa.

<https://repositorio.cuc.edu.co/server/api/core/bitstreams/a5b15fef-62ef-4bb2-ab02-f2b23fc61805/content>

Martínez-Ruiz, Y., Manotas-Duque, D. F., y Ramírez-Malule, H. (2021). Análisis de opciones reales para la valoración financiera de proyectos de energía geotérmica en Colombia.

Revista CEA, 7(15), e1944. <https://doi.org/10.22430/24223182.1944>

Mayorga, P. T. P., Suárez, I. D. S., Quiroga, Ó. a. Q., y Barreto, M. L. T. (2024). Desafíos en el diseño de mercados de energía para lograr la transición energética sostenible. *Encuentro*

Internacional De Educación En Ingeniería, 1–12. <https://doi.org/10.26507/paper.3868>

Mazo, C. M. G. (2024). La valoración de proyectos de Generación Hidráulico y Eólica en

Colombia mediante una opción real compuesta. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–30. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1808>

Medina, W. G. (2021). Gestión estratégica, factor clave para el éxito organizacional. *SUMMA*

Revista Disciplinaria En Ciencias Económicas Y Sociales, 3(2).

<https://doi.org/10.47666/summa.3.2.40>

Mejía, H. V., y Puerta, G. S. M. (2024). Comunidades energéticas, estrategia para la transición energética en Colombia. *Revista Teinova*, 8, 12–25.

<https://doi.org/10.23850/25007211.6166>

Mekaoui, A. E., & Ramírez, O. B. (2021). La transición energética mexicana en una comunidad maya: el caso de San José Tipceh, Yucatán. *Región Y Sociedad*, 33, e1417.

<https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1417>

Mekaoui, A. E., y Ramírez, O. B. (2021). La transición energética mexicana en una comunidad

maya: el caso de San José Tipceh, Yucatán. *Región Y Sociedad*, 33, e1417.

<https://doi.org/10.22198/rys2021/33/1417>

Menezes, D. F. N., y Vedovato, L. R. (2023). Objetivos de Desarrollo Sostenible y Transición Energética en América Latina y el Caribe: Búsqueda para reducir las desigualdades sociales y económicas. *Ratio Juris*, 18(37), 221-256.

<https://doi.org/10.24142/raju.v18n37a8>

ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas.

ONU. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Energía asequible y no contaminante*. Naciones Unidas.

Ordoñez, D. D., Proaño, C. X., y Villegas, C. L. (2024). Desvelando el nexo: urbanismo, economía circular y desarrollo sostenible. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(107), 1025-1039. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.107.2>

Organización de las Naciones Unidas. (2023). Objetivos de Desarrollo Sostenible.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Osorio Huertas, S. A., y Giraldo, Ó. D. M. (2024). Análisis de factores de riesgo e indicadores relevantes para optimizar la ejecución de proyectos de subestaciones eléctricas.

TecnoLógicas, 27(61), e3070. <https://doi.org/10.22430/22565337.3070>

Palma, H. H., y Nieble, W. A. (2020). Financial evaluation of photovoltaic energy projects in colombia. *International Journal Of Energy Economics And Policy*, 10(6), 225-228.

<https://doi.org/10.32479/ijeep.9976>

Pavón, W., y Gualotuña, S. (2024). Estrategia de control robusto descentralizado para una micro-

red aislada con generación distribuida acoplada para mejorar la estabilidad de voltaje.

Revista Técnica Energía, 20(2), 58–71.

<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20.n2.2024.604>

Peralta, R. E. L. (2020). *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso vereda Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare*. <https://doi.org/10.11144/javeriana.10554.1085>

Pérez, N. S., y Alonso-Montesinos, J. (2023). Economic and environmental solutions for the PV solar energy potential in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 413, 137489.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137489>

Perez, S. A. (2022). Identidad organizacional: análisis y revisión sobre su influencia en la toma de decisiones organizacionales. *Business Innova Sciences*, 3(2), 47–59.

<https://doi.org/10.58720/bis.v3i2.97>

PNUMA. (2019). *Perspectivas del medio ambiente mundial GEO-6: resumen para responsables de políticas*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Prats, G. M., y Hernández, V. S. (2022). Control de las funciones administrativas aplicadas en una empresa. *Revista De Investigación Académica Sin Frontera División De Ciencias Económicas Y Sociales*, 37, 10. <https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi37.461>

Puente, M. E. Z., y Gámez, T. a. Z. (2021). Evaluación financiera y huella de carbono de un proyecto de transición energética en una microempresa. *Tecnología Ciencia Y Estudios Organizacionales*, 3(5), 17–35. <https://doi.org/10.56913/teceo.3.5.17-35>

Quant, R. C., y Méndez, A. K. (2020). *Evaluación técnico-financiera del consumo energético en el molino de producción de Papelera Calpules S.A.* (Tesis de maestría). Universidad

Tecnológica Centroamericana UNITEC.

<https://repositorio.unitec.edu/server/api/core/bitstreams/f6e7a1d4-9cfb-4274-833d-2cbc5322ade5/content>

Ramírez, L. F. (2022). *Controlador óptimo de energía para una estación de carga multi-terminal basada en energía solar* (Tesis de maestría). Universidad de Guanajuato.

http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/7106/1/LEONARDO%20FABIO%20RAM%c3%8dREZ%20HERN%c3%81NDEZ_Tesis24.pdf

Ramos Rivadeneira, D. X., y Jiménez-Toledo, J. A. (2023). La innovación desde las tecnologías emergentes para la competitividad empresarial. *Gestión Y Desarrollo Libre*, 9(17).

<https://doi.org/10.18041/2539-3669/gestionlibre.17.2024.11052>

Rangel, F. L. M., Flórez, M. a. P., & Montealegre, H. a. M. (2024). Razonamientos Legales de la Contratación Estatal en Colombia Contra la Corrupción. *Deleted Journal*, 58–74.

<https://doi.org/10.25097/rep.n39.2024.04>

Redrován, T. J. G., Ayala, M. a. S., y Castro, J. C. O. (2022). Gestión estratégica para el desarrollo de energía fotovoltaica en pequeñas industrias de la ciudad de Azogues: caso de estudio industrias panificadoras. *MQRInvestigar*, 6(3), 1396–1416.

<https://doi.org/10.56048/mqr20225.6.3.2022.1396-1416>

Restrepo, A. M. (2021). *Energía solar fotovoltaica: diagnóstico, perspectivas y desempeño en el departamento del Valle del Cauca* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de

Manizales. <https://core.ac.uk/download/pdf/481646535.pdf>

Ribó-Pérez, D., Marín-Taurá, A., De La Sota, C., & Pajín, L. (2022). Renovables, territorio y aceptación: buenas prácticas para mejorar la implantación de proyectos de energías

renovables en España. *Revista Diecisiete Investigación Interdisciplinar Para Los Objetivos De Desarrollo Sostenible, Call for Cases*(OCTUBRE 2022), 71–78.

https://doi.org/10.36852/2695-4427_2022_cfc.07

Robles, J. L. L., y Gómez, J. M. (2022). Factores que intervienen en el desempeño laboral en equipos de trabajo: una revisión de literatura. *Vinculatégica EFAN*, 8(4), 168–181.

<https://doi.org/10.29105/vtga8.4-371>

Rodrigo, S. G. (2023). Autoconsumo colectivo: (mucho) más allá de los tejados. *Cuadernos de Derecho Local*. <https://doi.org/10.61521/cuadernosderecholocal.61.935>

Rodríguez, E. G. (2023). *Propuesta metodológica para la evaluación financiera de proyectos de energización rural en Colombia con soluciones aisladas* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/85378/79954824.2023.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Rodríguez-Gómez, B. A. (2023). La relevancia del Análisis del Ciclo de Vida de los Sistemas Energéticos, para la Sostenibilidad. *EASI Ingeniería Y Ciencias Aplicadas En La Industria*, 2(2), 1–5. <https://doi.org/10.53591/easi.v2i2.2566>

Rodríguez-Segura, F. J., Frolova, M., & Osorio-Aravena, J. C. (2023). Aceptación social de las energías renovables en Europa: Estudio comparativo entre la provincia de Jaén (España) y condado de Somogy (Hungría). *Anales De Geografía De La Universidad Complutense*, 43(1), 211–236. <https://doi.org/10.5209/aguc.85946>

Romero, V. (2020). *Sistema fotovoltaico autónomo para mayor disponibilidad de energía eléctrica en SENATI* (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Centro del Perú.

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6598/T010_19843522_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sáchica, J. A. (2020). Metodología para la optimización del consumo energético bajo el análisis de eficiencia financiera con un alto impacto en la reducción de emisiones de GEI. Caso exitoso de aplicación en el campo más grande de Colombia. *Revista Fuentes El Reventón Energético*, 18(2). <https://doi.org/10.18273/revfue.v18n2-2020007>

Saltos, M., Velásquez, A., Aguirre, M., Villamarín, A., Ortíz, D., y Haro, R. (2022). Planificación Óptima de Recursos Energéticos Distribuidos para Mejorar la Resiliencia de Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica frente a Desastres Naturales: Caso en Lahares Volcánicos. *Revista Técnica Energía*, 18(2), 13–24.
<https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v18.n2.2022.488>

Sánchez, A., Zhang, Q., Martín, M., y Vega, P. (2021). Towards a new renewable power system using energy storage: An economic and social analysis. *Energy Conversion and Management*, 252, 115056. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.115056>

Sánchez, J. G. N., Herrera, S. G., Pirela, R. V., y Villavicencio, M. a. N. (2023). Energías renovables y dinámicas laborales emergentes: desafíos para la transformación socioeconómica en Colombia. *Revista Venezolana De Gerencia*, 28(102), 565–580.
<https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.102.8>

Scarpellini, S., Gimeno, J. Á., Portillo, P., y Llera, E. (2021). Financial Resources for the Investments in Renewable Self-Consumption in a Circular Economy Framework. *Sustainability*, 13(12), 6838. <https://doi.org/10.3390/su13126838>

Segura, E., Belmonte, L. M., Morales, R., y Somolinos, J. A. (2023). A Strategic analysis of

- photovoltaic energy projects: The case Study of Spain. *Sustainability*, 15(16), 12316.
<https://doi.org/10.3390/su151612316>
- Seminario, R. (2023). Latin America towards Sustainability through Renewable Energies: A Systematic Review. *Energies*, 16(21), 7422. <https://doi.org/10.3390/en16217422>
- Serrano, L., y Muñoz, J. I. (2020). Risk Influence Analysis Assessing the Profitability of Large Photovoltaic Plant Construction Projects. *Sustainability*, 12(21), 9127.
<https://doi.org/10.3390/su12219127>
- Sosa, I. J. E., Torres, F. a. B., y Ortiz, D. M. P. (2022). Uso de las Energías Renovables En La Agroindustria en Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 5679–5697. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3744
- Talayero, N. a. P., Llombart, N. A., y Melero, N. J. J. (2020). Diagnosis of failures in Solar Plants based on Performance monitoring. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 18(2).
<https://doi.org/10.24084/repqj18.248>
- Timilsina, G. R. (2021). Are renewable energy technologies cost competitive for electricity generation? *Renewable Energy*, 180, 658-672.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.08.088>
- Torres, J. C. I., Chávez, J. R., & Barbosa, L. P. (2024). Punto de Equilibrio y Punto de Indiferencia, Perspectiva Financiera en la Toma de Decisiones Empresariales. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica*, 4(3), 2683–2703.
<https://doi.org/10.61384/r.c.a..v4i3.571>
- Torres, L. M. L., Chiluisa, J. I. C., Cedeño, B. S. A., Cajas, J. a. M., & Navas, M. B. G. (2025). Impacto de la Gestión de Riesgos en la Sostenibilidad de Proyectos Públicos. *Estudios Y*

Perspectivas Revista Científica Y Académica, 4(4), 1575–1604.

<https://doi.org/10.61384/r.c.a..v4i4.750>

Ulloa, A. (2021). Transformaciones radicales ambientales frente a la destrucción renovada y verde, La Guajira, Colombia. *Revista De Geografía Norte Grande*, 80, 13–34.

<https://doi.org/10.4067/s0718-34022021000300013>

Urdialez, M. P., Yépez, A., Tolmasquim, M., Alatorre, C., Rasteletti, A., Stampini, M., y Hallack, M. (2021). *El papel de la transición energética en la recuperación sostenible de América Latina y el Caribe*. <https://doi.org/10.18235/0003214>

Vañó, M. J. V. (2022). Cooperativizar la energía. La fórmula para el empoderamiento del consumidor. *Revista De Treball Economia I Societat N° 101*, 1–20.

<https://doi.org/10.52991/revista106art3>

Villacreses, G., Martínez, J., Jijón, D., y Cordovez, M. (2022). Geolocation of photovoltaic farms using Geographic Information Systems (GIS) with Multiple-criteria decision-making (MCDM) methods: Case of the Ecuadorian energy regulation. *Energy Reports*, 8, 3526-3548. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.152>

Villada, N. F., Saldarriaga-Loaiza, N. J., & López-Lezama, N. J. (2021). Incentives for renewable energies in Colombia. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 19(1).

<https://doi.org/10.24084/repqj19.203>

Villavicencio, D. H. C., y Millán, J. C. (2020). La transición energética en México: disyuntivas, tensiones y avances en la ejecución del proyecto nacional. *Caravelle*, 115, 25–40.

<https://doi.org/10.4000/caravelle.8635>

Volpentesta, J. R. (2022). La Gestión Empresarial en el Marco de las Ideas Sobre Sostenibilidad,

RSE y Grupos de Interés. *Sotavento M B A*, 33, 22–32.

<https://doi.org/10.18601/01233734.n33.03>

Wang, S., y Liu, X. (2021). Development of EPC model in Chinese public projects: evolutionary game among stakeholders. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 21(5), 2095–2113. <https://doi.org/10.1080/13467581.2021.1971681>

Yao, Y., Xu, J., y Sun, D. (2020). Untangling global levelised cost of electricity based on multi-factor learning curve for renewable energy: Wind, solar, geothermal, hydropower and bioenergy. *Journal Of Cleaner Production*, 285, 124827.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124827>

Zamignan, G., Almeida, A. C., Da Silva, R. G. P., Gaivizzo, L. H. B., Soares, D. N., y Saito, C. H. (2022). Agenda 2030: inter-relações sistêmicas entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *Desenvolvimento E Meio Ambiente*, 60.
<https://doi.org/10.5380/dma.v60i0.78530>

Zárate, B. I. (2020). *Evaluación de potencial de ahorro energético de techos verdes aplicados en la zona conurbada Veracruz – Boca del Río* (Tesis de maestría). Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Veracruz.
<http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/1617/1/ZARATE%20SANTIAGO%20BLANCA%20IRIS.pdf>

Zavala, J. B., y Valero, E. C. S. (2021). El liderazgo transformacional y la competitividad de las PYMES del sector farmacéutico de la ciudad de Babahoyo. *Revista Científica Ciencia Y Tecnología*, 21(30). <https://doi.org/10.47189/rcct.v30i30.443>

Anexos

Anexo A.

Entrevista Semi-estructurada sobre la Percepción y Aceptación Social del Proyecto de Granjas Fotovoltaicas

Objetivo: Garantizar la aceptación social del proyecto y validar las percepciones de las comunidades locales sobre la implementación de las granjas fotovoltaicas en las subestaciones de la Compañía Energética de Occidente (CEO). Esta entrevista tiene como propósito comprender las preocupaciones, expectativas y posibles resistencias hacia el proyecto, con el fin de gestionar estos factores de manera proactiva.

Información del Entrevistado:

- **Nombre del Entrevistado:**
- **Edad:**
- **Ocupación:**
- **Cargo (si aplica):**
- **Ubicación (subestación o zona cercana):**
- **Fecha de la entrevista:**

Preguntas de la Entrevista:

1. ¿Está usted al tanto del proyecto de implementación de las granjas fotovoltaicas en las subestaciones cercanas a su comunidad?

- Sí
 No

Si su respuesta fue no, ¿le gustaría recibir más información sobre el proyecto?

2. ¿Qué opina acerca de la transición a energías renovables, como la energía solar fotovoltaica, en su comunidad?

- Muy a favor
 A favor
 Neutral
 En contra
 Muy en contra

3. ¿Cuáles considera que son los principales beneficios que este proyecto podría traer a su comunidad? (Seleccione todas las que apliquen)

- Generación de empleo
- Mejora de la infraestructura local
- Reducción de costos energéticos
- Reducción de la huella de carbono
- Otros (especificar): _____

4. ¿Cree que la instalación de las granjas fotovoltaicas podría generar algún impacto negativo en su comunidad o entorno?

- Sí
- No

Si su respuesta fue sí, ¿qué tipo de impactos cree que podrían ocurrir?

5. ¿Qué preocupaciones tiene respecto al proyecto?

- Cambios en el uso del suelo
- Efectos sobre la salud
- Impacto en la fauna/flora local
- Aumento de tráfico o ruido
- Otros (especificar): _____

6. ¿Considera importante que las comunidades locales participen activamente en las decisiones sobre la implementación del proyecto?

- Muy importante
- Importante
- Neutral
- Poco importante
- No importante

7. ¿Qué tipo de actividades o estrategias de socialización le gustaría que CEO implementara para comunicar los beneficios del proyecto a la comunidad?

- Reuniones comunitarias informativas
- Folletos o materiales informativos
- Visitas a las subestaciones
- Participación en mesas de trabajo

Otros (especificar): _____

8. ¿Considera que las comunidades cercanas al proyecto deberían recibir algún beneficio directo, como empleos o proyectos de infraestructura, como parte del desarrollo de las granjas fotovoltaicas?

- Sí
 No

Si su respuesta fue sí, ¿qué tipo de beneficios le gustaría recibir?

9. ¿Cree que el proyecto tendrá una buena acogida en su comunidad?

- Sí
 No
 No sabe

10. ¿Qué medidas sugiere para minimizar cualquier posible resistencia al proyecto y asegurar que el proyecto sea percibido de manera positiva por la comunidad?

Firma del Entrevistado: **(opcional)**

Instrucciones para el Aplicante de la Entrevista:

- Explique brevemente el propósito de la entrevista y el objetivo social de la investigación.
- Asegúrese de que el entrevistado entienda que sus respuestas son confidenciales y se utilizarán para el análisis del proyecto.
- Fomente un diálogo abierto y permita al entrevistado expresar todas sus preocupaciones y sugerencias.
- Al final de la entrevista, agradezca al entrevistado por su tiempo y confirme que está dispuesto a colaborar en futuras actividades de socialización.