

Maestría en

**Desarrollo Sostenible y
Responsabilidad Social Organizacional**

**Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Magíster en Desarrollo Sostenible y Responsabilidad Social Organizacional**

AUTORES:

Arcos García Pamela Alejandra
Bonilla Valencia Sara María
Enríquez Puyol Óscar Gabriel
Guijarro Arias Marcelo Gabriel
Peralta Almeida Sebastián

TUTORES:

Docente titulación

Josep María Calafell Martínez
Beatriz Zambruno Fernández
Cecilia del Carmen Puertas Donoso

**Optimización del Ciclo de Vida del Servicio de Electrificación Rural con Sistemas
Fotovoltaicos Aislados en Ecuador:
Un Enfoque Integral de Sostenibilidad y Responsabilidad Social**

Quito, julio 2025

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Certificación de autoría

Nosotros, **Arcos García Pamela Alejandra, Bonilla Valencia Sara María, Enríquez Puyol Óscar Gabriel, Guijarro Arias Marcelo Gabriel y Peralta Almeida Sebastián**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

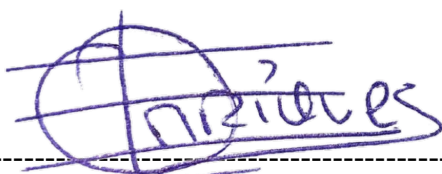
Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



Firma del graduando
Arcos García Pamela Alejandra



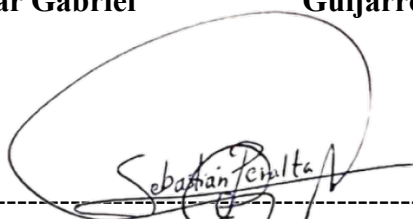
Firma del graduando
Bonilla Valencia Sara María



Firma del graduando
Enríquez Puyol Óscar Gabriel



Firma del graduando
Guijarro Arias Marcelo Gabriel



Firma del graduando
Peralta Almeida Sebastián

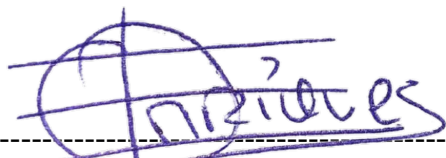
Autorización de Derechos de Propiedad Intelectual

Nosotros, Arcos García Pamela Alejandra, Bonilla Valencia Sara María, Enríquez Puyol Óscar Gabriel, Guijarro Arias Marcelo Gabriel y Peralta Almeida Sebastián, en calidad de autores del trabajo de investigación titulado *Optimización del Ciclo de Vida del Servicio de Electrificación Rural con Sistemas Fotovoltaicos Aislados en el Ecuador: Un Enfoque Integral de Sostenibilidad y Responsabilidad Social*, autorizamos a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) para hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos corresponden, lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento en Ecuador.

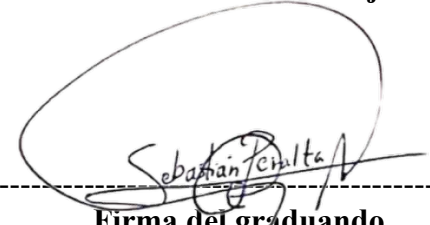
D. M. Quito, julio 2025



Firma del graduando
Arcos García Pamela Alejandra


Firma del graduando
Bonilla Valencia Sara María


Firma del graduando
Enríquez Puyol Óscar Gabriel


Firma del graduando
Guijarro Arias Marcelo Gabriel


Firma del graduando
Peralta Almeida Sebastián

Aprobación de dirección y coordinación del programa

Nosotros, **Jesús Campos, Director EIG**, y **Cecilia Puertas, Coordinadora UIDE**, declaramos que los graduandos: **Arcos García Pamela Alejandra, Bonilla Valencia Sara María, Enríquez Puyol Óscar Gabriel, Guijarro Arias Marcelo Gabriel y Peralta Almeida Sebastián** son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal de ellos.


Jesús Campos Alcaide

Jesús Campos
Director de la
Maestría en Desarrollo Sostenible y
Responsabilidad Social Organizacional



Cecilia Puertas
Coordinadora de la
Maestría en Desarrollo Sostenible y
Responsabilidad Social Organizacional

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a quienes han sido pilares fundamentales en nuestro camino académico y personal.

A nuestras familias, por su amor incondicional, su paciencia y su constante apoyo. Ustedes han sido la motivación que nos impulsó a seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes.

A nuestros docentes y mentores, por compartir su conocimiento con generosidad y por inspirarnos a alcanzar la excelencia.

A nuestras amistades, por estar presentes con palabras de aliento, compañía y comprensión durante este proceso.

Y, finalmente, a nosotros mismos, como equipo de cinco maestrantes, por la perseverancia, el compromiso mutuo y la capacidad de superar obstáculos con trabajo colaborativo, respeto y visión compartida. Este logro es el reflejo de nuestra unión y esfuerzo colectivo.



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Internacional del Ecuador y a nuestros tutores, por su guía y acompañamiento.

A nuestras familias y amigos, por su paciencia, comprensión y motivación.

A nuestra Coordinadora y nuestro Director de la Maestría, Cecilia y Jesús, su apoyo y soporte incondicional hicieron posible conquistar esta meta.

RESUMEN

El presente estudio analiza y optimiza el ciclo de vida del servicio de electrificación rural mediante sistemas fotovoltaicos aislados implementados en el Ecuador. Se emplea un enfoque integral de sostenibilidad, considerando aspectos económicos, sociales, ambientales y de gobernanza. El trabajo incluye un diagnóstico estratégico, benchmarking, análisis de ciclo de vida, y la propuesta de estrategias de mejora alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Los resultados evidencian la importancia de la economía circular, la participación comunitaria y la gestión ambiental en la consolidación de modelos energéticos sostenibles para zonas rurales.

Palabras clave:

Sostenibilidad, electrificación rural, sistemas fotovoltaicos, ciclo de vida, economía circular, responsabilidad social, gestión ambiental.

ABSTRACT

This research analyzes and optimizes the life cycle of the rural electrification service through isolated photovoltaic systems implemented in Ecuador. An integral sustainability approach is applied, considering economical, social, environmental, and governance aspects. The study includes strategic diagnosis, benchmarking, life cycle analysis, and the proposal of improvement strategies aligned with the Sustainable Development Goals. The results highlight the importance of circular economy, community participation, and environmental management in consolidating sustainable energy models for rural areas.

Keywords:

Sustainability, rural electrification, photovoltaic systems, life cycle, circular economy, social responsibility, environmental management.

TABLA DE CONTENIDO

Acuerdo de confidencialidad	4
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTOS	7
RESUMEN	8
ABSTRACT.....	9
TABLA DE CONTENIDO	10
LISTA DE TABLAS	15
LISTA DE FIGURAS	16
LISTA DE ANEXOS	17
CAPÍTULO 1.....	18
1. Introducción al Estudio: Sostenibilidad en el sector eléctrico del Ecuador y Planteamiento del Proyecto.....	18
1.1. Sostenibilidad empresarial en el Ecuador.....	18
1.2. Análisis de Sostenibilidad de las Empresas Eléctricas de Distribución (EED) en el Ecuador	19
1.2.1. Criterios de enfoque hacia la sostenibilidad	22
1.2.2. Gobernanza: políticas, estructura organizacional	23
1.2.3. Aspectos: económicos, sociales y ambientales.....	24
1.2.4. Indicadores: legales, sociales, económicos y ambientales.....	25
1.3. Planteamiento del Problema e Importancia del Estudio	27
1.3.1. Definición del Proyecto	27
1.3.2. Naturaleza o Tipo de Proyecto.....	29
1.3.3. Objetivos.....	29
1.3.3.1. Objetivo General.....	29
1.3.3.2. Objetivos Específicos.....	29
1.3.4. Justificación e Importancia del Trabajo de Investigación.....	30
1.4. Perfil Organizacional	30
1.4.1. Descripción de las EED	30
1.4.2. Misión, Visión, Valores	31

1.4.3.	Actividades, Marcas, Productos y Servicios.....	32
1.4.4.	Órgano Rector.....	33
1.4.5.	Ubicación de las Operaciones.....	33
1.4.6.	Propiedad y Forma Jurídica	34
1.4.7.	Mercados Servidos o Ubicación de sus Actividades de Negocio	35
1.4.8.	Procesos Claves Relacionados con el Objetivo Propuesto	35
1.4.9.	Estructura de un SFV.....	35
1.4.10.	Grupos de Interés Internos y Externos de las EED.....	37
CAPITULO 2.....		38
2.	Diseño Estratégico para la Sostenibilidad Corporativa en las EED	38
2.1.	Análisis Externo.....	38
2.1.1.	Análisis PESTEL	38
2.1.2.	Análisis de Benchmarking	39
2.1.3.	Análisis de Consumidores, Target y Buyer Persona	42
2.2.	Análisis Interno.....	44
2.2.1.	Recursos Tangibles	44
2.2.1.1.	Recursos Financieros	45
2.2.2.	Intangibles.....	45
2.2.2.1.	Reputación y Experiencia	45
2.2.2.2.	Conocimiento y Tecnología	45
2.2.2.3.	Capacidades de Información sobre el Equipo.....	46
2.3.	Análisis FODA y CAME de las EED	47
2.1.	Business Model CANVAS.....	48
2.2.	Lanzamiento del Producto al Mercado (go to market)	50
2.2.1.	Segmentos de Mercado	50
2.2.2.	Identificación de Características y Beneficios Clave.....	50
2.2.3.	Comparación con la Competencia	51
2.2.4.	Análisis de Precios.....	52
2.2.5.	Canales de Distribución	53
2.2.6.	Plan de Marketing.....	53

2.2.6.1.	Objetivos del Plan de Marketing.....	53
2.2.6.2.	Estrategias de Marketing.....	53
2.2.6.3.	Público Objetivo	54
2.2.6.4.	Establecimiento de Métricas Clave de Rendimiento	55
CAPÍTULO 3.....		56
3.	Sistemas Integrados de Gestión	56
3.1.	Diagnóstico Estratégico y Planificación de la Sostenibilidad en las EED.....	56
3.1.1.	Análisis Externo.....	56
3.1.2.	Análisis Interno.....	57
3.1.3.	Estrategias en el Contexto ASG de las EED	59
3.1.3.1.	Línea de Éxito:.....	59
3.1.3.2.	Línea de Reacción:.....	59
3.1.3.3.	Línea de Adaptación:	59
3.1.4.	Determinación del Alcance del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC).....	60
3.1.5.	Alcance Geográfico del SGC.....	62
3.1.6.	Requisitos No Aplicables del SGC	63
3.1.7.	Objetivos del SGC	63
3.1.8.	Acciones para Abordar Riesgos y Oportunidades	64
3.1.9.	Plan de Acción ante los Desafíos	65
3.2.	Plan de Implementación del SGA en base a la norma ISO 14001	66
3.2.1.	Etapas del Plan de Implementación	66
3.2.2.	Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales	69
3.2.3.	Análisis de Resultados	69
3.2.4.	Requisitos Legales.....	70
3.2.5.	Objetivos y Metas Ambientales.....	71
3.2.6.	Plan de Acción para la Implementación del SGA	71
3.2.7.	Sistema de Evaluación y Seguimiento	73
3.2.8.	Conclusiones del Plan de Implementación del SGA	74
3.3.	Diagnóstico del Sistema Integrado de Gestión (SIG) en las EED.....	75
3.3.1.	Análisis del Contexto y Alcance del SIG en las EED.....	75

3.3.1.1.	Alineación con UNE 66177:2005	76
3.3.2.	Apoyo y Compromiso de la Alta Dirección.....	77
3.3.3.	Definición del Alcance y los Objetivos para la Integración.....	78
3.3.3.1.	Alcance del SIG	78
3.3.3.1.1.	Ámbito de Aplicación.....	78
3.3.3.1.2.	Cobertura Geográfica	78
3.3.3.1.3.	Exclusiones	78
3.3.3.1.4.	Partes Interesadas del SIG	79
3.3.3.2.	Objetivos para la Integración del SIG.....	79
3.3.3.2.1.	Objetivos Estratégicos.....	80
3.3.3.2.2.	Objetivos Específicos	81
3.3.4.	Desarrollo de un Plan de Trabajo	82
3.3.5.	Definición del Contexto de la Organización	84
3.3.6.	Establecimiento de Políticas, Objetivos y Compromisos	85
3.3.7.	Elaboración de los Documentos Necesarios	85
3.3.8.	Diseño e Implementación de Controles Operativos y Protocolos de Seguimiento 86	
3.3.9.	Diseño e Implementación de Planes de Respuesta a Emergencias	87
3.3.10.	Establecimiento de Sugerencias de Capacitación y Formación	87
3.3.11.	Comunicación a Todas las Partes Interesadas	88
3.3.12.	Definición de un Programa de Auditorías y Comprobar la Mejora Continua ...	89
CAPÍTULO 4.....		91
4.	Impacto Ambiental, Sostenibilidad de las EED y perspectiva de caso: Análisis de Ciclo de Vida de los Sistemas Fotovoltaicos.....	91
4.1.	Análisis Referencial de Impactos Ambientales de Empresas Eléctricas Generadoras	92
4.2.	Los Impactos Ambientales de Centrales Hidroeléctricas en el Ecuador.....	92
4.3.	Legislación Existente a Nivel Global y en Ecuador	93
4.4.	Evaluación de Impactos Ambientales de un SFV	94
4.4.1.	Impactos Ambientales Negativos.....	96
4.4.2.	Impactos Ambientales Positivos	96
4.4.3.	Análisis Comparativo con el Plan de Manejo Ambiental de las EED	97

4.5.	Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de los SFV aislados	98
4.5.1.	Hallazgos y Resultados de ACV sobre SFV aislados similares a los utilizados por las EED 100	
4.5.2.	Ejemplos de Casos Reales en el Ecuador y el Mundo	101
4.5.3.	Alcance y Unidad Funcional	102
4.5.3.1.	Fases del ACV	103
4.5.3.2.	Beneficios del ACV para la Gestión Organizacional	104
4.5.3.3.	Análisis de Mejoras que se pueden implementar	105
4.5.3.4.	Recomendaciones sobre la Metodología del ACV	106
	CONCLUSIONES Y APLICACIONES	107
5.1.	Conclusiones Generales	107
5.2.	Conclusiones Específicas	107
5.2.1.	Análisis del Cumplimiento de los Objetivos de la Investigación	107
5.2.2.	Contribución a la Gestión Empresarial	107
5.2.3.	Contribución a Nivel Académico	107
5.2.4.	Contribución a Nivel Personal	108
5.3.	Limitaciones a la Investigación	108
	BIBLIOGRAFÍA	109
	ANEXOS	119

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Indicadores legales, sociales, económicos y ambientales	26
Tabla 2	Grupos de Interés Internos	37
Tabla 3	Grupos de Interés Externos	37
Tabla 4	Análisis PESTEL de los factores externos del Programa de SFV de las EED.....	38
Tabla 5	Benchmarking de programas de electrificación rural	41
Tabla 6	Análisis FODA de las EED	47
Tabla 7	Análisis CAME	48
Tabla 8	Comparación General de Modelos de Electrificación Rural.....	51
Tabla 9	Indicadores clave de desempeño (KPIs)	55
Tabla 10	Modelo de las 5 fuerzas de Porter	56
Tabla 11	Análisis de la Cadena de Valor aplicando las 6 M de Ishikawa	58
Tabla 12	Necesidades y productos de las partes interesadas internas del SGC	60
Tabla 13	Necesidades y productos de las partes interesadas externas del SGC.....	61
Tabla 14	Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales.....	69
Tabla 15	Requisitos Legales.....	70
Tabla 16	Plan de acción para la implementación del SGA del Plan de Electrificación Rural con SFV aislados.....	72
Tabla 17	Diagnóstico de los SIG y su Alineación con UNE 66177:2005.....	77
Tabla 18	Plan de Trabajo para la Integración del Sistema de Gestión de las EED	83
Tabla 19	Cuestiones Internas	84
Tabla 20	Cuestiones Externas	84
Tabla 21	Matriz de seguimiento indicadores estratégicos.....	86
Tabla 22	Sugerencias de capacitación.....	87
Tabla 23	Propuesta de Estrategias de Mejora	91
Tabla 24	Impactos Ambientales de las empresas generadoras.....	93
Tabla 25	Cuerpo Legal aplicable a Proyectos de SFV aislados	93
Tabla 26	Análisis del PMA de las EED.....	98
Tabla 27	Tipos de Análisis de Ciclo de Vida.....	99
Tabla 28	Fases del Análisis de Ciclo de Vida.....	100
Tabla 29	Fases del Ciclo de Vida del SFV aislado de las EED.....	103
Tabla 30	Diagrama de entradas y salidas por etapas.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama Sankey, BNEE 2024 (GWh).....	21
Figura 2 Mapa Eléctrico del Ecuador	34
Figura 3 Buyer persona.....	43
Figura 4 Business Model CANVAS de SFV de las EED	49
Figura 5 Estrategias de Marketing	54
Figura 6 Matriz de Identificación de Impactos de los SFV Aislados	95

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	Disponibilidad del servicio de energía eléctrica por hogares en Ecuador.....	119
Anexo B	Ficha socioeconómica de beneficiarios de los SFV	120
Anexo C	Inventario de entradas y salidas	121
Anexo D	Ficha Técnica	123

CAPÍTULO 1

1. Introducción al Estudio: Sostenibilidad en el sector eléctrico del Ecuador y Planteamiento del Proyecto.

1.1. Sostenibilidad empresarial en el Ecuador

Según Cueva Villamarín et al (2024), la sostenibilidad empresarial ha evolucionado hasta convertirse en un pilar fundamental para el desarrollo económico, social y ambiental a nivel global. En el contexto actual, las empresas no solo deben buscar la rentabilidad económica, sino también generar valor social y minimizar su impacto ambiental, asegurando así su viabilidad a largo plazo. Esta visión integral es clave para responder a los desafíos globales como el cambio climático, la desigualdad social y la degradación ambiental.

En el Ecuador, el avance hacia la sostenibilidad empresarial ha cobrado importancia en los últimos años, impulsado tanto por políticas públicas como por la creciente conciencia social y ambiental (Corresponsables, 2024).

Las empresas del sector eléctrico desempeñan un rol estratégico, dado su impacto en el desarrollo nacional y en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente los relacionados con energía asequible y no contaminante (ODS 7) y acción por el clima (ODS 13) (Naciones Unidas, s.f.).

1.2. Análisis de Sostenibilidad de las Empresas Eléctricas de Distribución (EED) en el Ecuador

Las empresas de energía reconocen cada vez más la importancia de equilibrar los objetivos económicos con la responsabilidad social y ambiental. Existe una creciente comprensión de que la sostenibilidad, además de ser un imperativo ético, se constituye en un elemento crucial para la viabilidad económica a largo plazo (International Energy Agency [IEA], 2021).

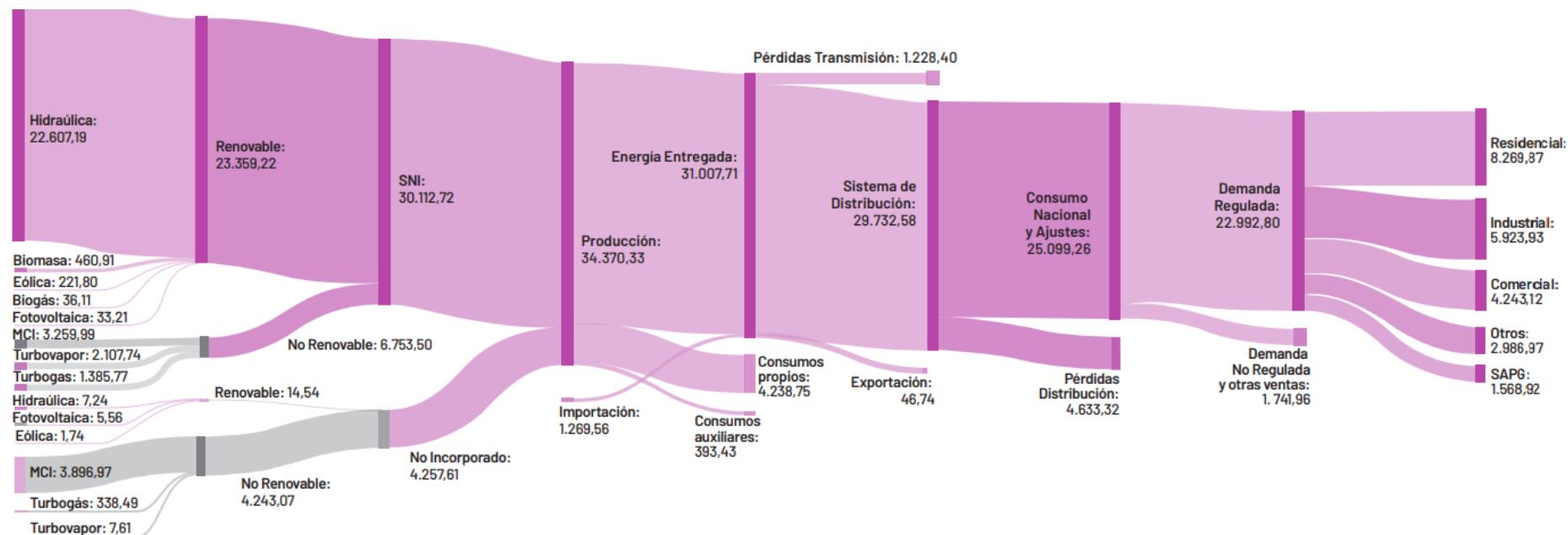
En el Ecuador se registran 5.053.414 clientes residenciales, 510.944 comerciales y 37.557 industriales, cuya demanda de energía eléctrica es atendida por las siguientes EED: CNEL EP, CNEL-Bolívar, CNEL-El Oro, CNEL-Esmeraldas, CNEL-Guayaquil, CNEL-Guayas Los Ríos, CNEL-Los Ríos, CNEL-Manabí, CNEL-Milagro, CNEL-Sta. Elena, CNEL-Sto. Domingo, CNEL-Sucumbíos, E.E. Ambato, E.E. Azogues, E.E. Centro Sur, E.E. Cotopaxi, E.E. Galápagos, E.E. Norte, E.E. Quito, E.E. Riobamba, E.E. Sur [ARCONEL], 2024; Ministerio de Energía y Minas, 2024).

Al 2024 la cobertura eléctrica nacional fue de 97,78 %, evidenciándose que las provincias con mayor cobertura del servicio eléctrico fueron Galápagos (99,83 %), Pichincha (99,76 %), El Oro (98,95 %), Tungurahua (98,90 %) y Azuay (98,89 %). Por otro lado, los porcentajes de cobertura eléctrica más bajos se registraron en las provincias de Pastaza, Orellana, Napo y Morona Santiago (ARCONEL), 2024.

El proceso de abastecimiento de energía eléctrica del Ecuador correspondiente al Balance Nacional de Energía Eléctrica (BNEE) del 2024 se resume en el Diagrama Sankey de la Figura 1.

Figura 1

Diagrama Sankey, BNEE 2024 (GWh)



Fuente: (ARCONEL, 2024)

1.2.1. Criterios de enfoque hacia la sostenibilidad

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica en el Ecuador responden a la necesidad creciente de garantizar un servicio energético eficiente, confiable, sostenible y de calidad, en concordancia con las dinámicas de desarrollo urbano, rural, industrial y tecnológico del país (Código Orgánico de la Energía, 2018). La diversidad geográfica y socioeconómica del Ecuador exige una infraestructura eléctrica moderna que permita no solo cubrir la demanda actual, sino también anticiparse a los requerimientos futuros derivados del crecimiento poblacional, la expansión urbana, el desarrollo productivo y la transformación digital (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

Asimismo, las empresas distribuidoras generan múltiples beneficios sociales y económicos al fomentar empleo directo e indirecto, dinamizar las economías locales mediante la inversión en infraestructura, y contribuir al cumplimiento de los ODS, en particular el acceso universal a energía asequible y no contaminante (ODS 7) (Naciones Unidas, 2015).

Desde un enfoque técnico y de gestión, este sector representa una oportunidad para consolidar modelos de gobernanza energética participativa, fortalecer la incorporación de tecnologías inteligentes y promover prácticas de eficiencia energética, que incrementen la resiliencia del sistema eléctrico nacional frente a los desafíos del cambio climático y los eventos climáticos extremos (ARCERNR, 2023; International Energy Agency [IEA], 2022).

1.2.2. Gobernanza: políticas, estructura organizacional

En materia de gestión empresarial, las EED implementan sistemas de gestión certificados bajo las normas internacionales: ISO 9001: Gestión de la calidad, ISO 45001: Seguridad y salud en el trabajo, ISO 14001: Gestión Ambiental, ISO 50001: Gestión de la energía

Estos sistemas fortalecen la transparencia, la eficiencia energética, la ética organizacional y la mejora continua.

Su estructura organizativa está conformada por áreas estratégicas, operativas y de soporte, distribuidas de forma funcional para cubrir todas las aristas del negocio: distribución, comercialización y eficiencia energética.

En materia de gestión empresarial, las EED en Ecuador han avanzado en la implementación de sistemas de gestión certificados bajo normas internacionales que fortalecen la calidad del servicio y la sostenibilidad institucional. Varias distribuidoras alinean su gestión las siguientes normas: ISO 9001 (Gestión de la calidad), ISO 45001 (Seguridad y salud en el trabajo), ISO 14001 (Gestión ambiental), e ISO 50001 (Gestión de la energía), impulsadas por requerimientos regulatorios y compromisos con la mejora continua (ARCERNNR, 2023).

La adopción de estos sistemas de gestión contribuye a la consolidación de una gobernanza basada en la transparencia, la eficiencia energética, la ética organizacional y la responsabilidad ambiental empresarial, garantizando la alineación con los ODS.

En términos de estructura organizativa, las distribuidoras en el Ecuador se estructuran en áreas estratégicas, operativas y de soporte, diseñadas para garantizar la cobertura integral del negocio: distribución, comercialización, mantenimiento de redes y eficiencia energética. Esta organización permite responder a los desafíos crecientes de un sistema eléctrico diversificado que busca asegurar la calidad, continuidad y sostenibilidad del servicio en todo el territorio nacional a través de las EED.

1.2.3. Aspectos: económicos, sociales y ambientales

Las EED mantienen modelos económicos basados en prestación del servicio de distribución de energía eléctrica como proveedoras únicas en su área de concesión, inversiones en infraestructura y estrategias de eficiencia energética y reducción de pérdidas eléctricas.

Sin embargo, enfrentan desafíos como las restricciones presupuestarias públicas, la necesidad de modernizar infraestructura y el interés por integrar tecnologías renovables, eficientes e incrementar la cobertura garantizando el acceso al servicio público de energía de calidad a toda la población.

Sociales. Las políticas de responsabilidad social empresarial (RSE) de las EED incluyen aspectos relacionados con el apoyo y respeto por los derechos humanos, la eliminación de todas las formas de trabajo forzado, trabajo infantil, y equidad de género con respecto al empleo y la ocupación, fomento de una mayor responsabilidad ambiental, enfoque preventivo

de los impactos ambientales, el trabajo contra la corrupción y apoyo al desarrollo del talento humano interno.

Las EED tienen impacto social y buscan garantizar a la población el acceso a un servicio básico como la electricidad a través de subsidios públicos en sus tarifas, alternativas de electrificación en zonas rurales y otras iniciativas de inclusión energética.

Entre sus iniciativas de responsabilidad social destacan proyectos de electrificación de zonas rurales marginadas, programas de formación y capacitación técnica para el personal, intercambio de experiencias y buenas prácticas con empresas distribuidoras de otros países, promoción de la inclusión energética para personas con distintos tipos de limitaciones y campañas de educación ciudadana sobre el uso responsable de la energía.

Ambientales. La sostenibilidad ambiental forma parte integral de la estrategia de las EED. Entre sus principales acciones ambientales se pueden mencionar programas de reforestación, compensación de la huella de carbono, la implementación de Sistemas Fotovoltaicos (SFV) en zonas rurales y la reducción del uso de combustibles fósiles mediante la instalación de electrolinerías para incentivar cambios en movilidad. Estas iniciativas se complementan con acciones de generación de energía eléctrica de fuentes renovables y alternativas ejecutadas por algunas de las EED.

1.2.4. Indicadores: legales, sociales, económicos y ambientales

En la Tabla 1 se encuentran resumidos los principales indicadores a considerarse de tipo legal, social, económico y ambiental de las actividades y servicios que realizan las EED.

Tabla 1

Indicadores legales, sociales, económicos y ambientales

Tipo	Nombre	Descripción
Legal	Cumplimiento de normativa	Medición del grado de cumplimiento de normativa (Ley Orgánica de Energía Renovable y Eficiencia Energética (Asamblea Nacional del Ecuador, 2019) y la legislación ambiental vigente aplicable.
	Certificaciones de sistemas de gestión	Cantidad de certificaciones como prueba de buenas prácticas de gobernanza corporativa.
	Transparencia en procesos de contratación pública	Número y porcentaje de procesos de contratación realizados conforme a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública, evaluados anualmente.
Social	Cobertura eléctrica urbana y rural	Porcentaje de población rural atendida en comparación con la población total. Porcentaje de población urbana atendida en comparación con la población total.
	Número de beneficiarios en programas de RSE	Cantidad de familias beneficiadas a través de programas de electrificación rural, eficiencia energética, movilidad eléctrica, entre otros.
	Índice de satisfacción del cliente	Resultado promedio anual de encuestas de satisfacción de usuarios en calidad de servicio, atención y continuidad.
	Programas de capacitación interna	Número de programas de formación técnica y ética impartidos a colaboradores de la empresa
Económico	Ingresos por ventas de energía	Facturación anual por comercialización de energía eléctrica en el área de concesión.
	Nivel de pérdidas eléctricas	Porcentaje de pérdidas técnicas y no técnicas de energía en la red de distribución, indicador clave de eficiencia operativa
	Inversión anual en infraestructura energética	Monto ejecutado en proyectos de expansión, modernización y mantenimiento de la infraestructura eléctrica
Ambiental	Porcentaje de energía renovable en la matriz de generación	Porcentaje de energía generada a partir de fuentes sostenibles propias frente al total de energía gestionada.
	Cantidad de emisiones evitadas	Toneladas de CO ₂ evitadas gracias al uso de SFV.
	Gestión de desechos	Cantidad de desechos gestionados adecuadamente conforme a normativas ambientales.

Fuente: Autores (2025).

1.3.Planteamiento del Problema e Importancia del Estudio

La sostenibilidad empresarial en el Ecuador ha adquirido relevancia estratégica en sectores clave como el energético, donde las EED destacan por sus prácticas responsables. Este análisis aborda su desempeño económico, social y ambiental, así como su compromiso con los ODS. El estudio se enfoca particularmente en la optimización del servicio de electrificación rural mediante SFV aislados, bajo un enfoque integral de sostenibilidad.

1.3.1. Definición del Proyecto

El objetivo de este estudio es la “Optimización del Ciclo de Vida del Servicio de Electrificación Rural con Sistemas Fotovoltaicos Aislados en el Ecuador: Un Enfoque Integral de Sostenibilidad y Responsabilidad Social”.

Este servicio, relacionado con energías renovables, consiste en la instalación de SFV aislados para familias que residen en zonas alejadas o desconcentradas y que no pueden conectarse al sistema convencional de redes de distribución.

Las familias interesadas se registran su solicitud, adjuntan documentación necesaria para cumplir con los requisitos establecidos. Una vez revisados los documentos, las EED confirman que se cumplan todos los requerimientos para la aprobación de la instalación de los SFV.

Centrosur lleva a cabo la instalación de paneles fotovoltaicos en comunidades shuar y achuar desde el 2011 (Bacuilima, 2024). Algunos equipos en funcionamiento ya han

cumplido su vida útil promedio dentro del servicio de electrificación mediante SFV, y ahora requieren una gestión adecuada para su disposición final.

El proyecto busca optimizar y mejorar al programa y servicio proporcionado por las EED, incorporando criterios de Ambiente, Sostenibilidad y Gobernanza (ASG) en todas sus fases. Esto incluye desde el acceso y aplicación al servicio, hasta su disposición final, adoptando prácticas del tipo “de la cuna a la tumba” para minimizar los impactos que el proyecto pueda generar.

En general, las fases del programa de los SFV incluyen la siguiente estructura:

Planificación y Diseño. Las solicitudes de electrificación rural llegan directamente a la empresa y el diseño del sistema es estandarizado para todos los usuarios.

Adquisición y Suministro. Los materiales y equipos son adquiridos a través de procesos de contratación pública, lo que garantiza transparencia, pero también puede generar demoras en la adquisición de insumos.

Instalación y Puesta en Marcha. La instalación de los sistemas está a cargo de contratistas externos. El tiempo de instalación aproximado es de tres a cuatro horas, sin contar el tiempo requerido para la movilización hacia las zonas rurales donde las EED desarrolla su programa.

Mantenimiento y Soporte Post-Instalación. Se pueden realizar mantenimientos correctivos cuando el cliente lo solicita, ya sea por desgaste, fallas eléctricas o terminación de la vida útil de los equipos. También se pueden retirar y reubicar los SFV en casos específicos.

Disposición final. Usualmente, los equipos retirados del servicio son almacenados en bodegas temporales hasta su disposición final.

1.3.2. Naturaleza o Tipo de Proyecto

Este proyecto facilitará el acceso de las comunidades rurales al servicio de electrificación, garantizando que se cumplan los principios de sostenibilidad en todas las etapas del ciclo de vida del servicio, alineándose con el concepto “de la cuna a la tumba”.

Este enfoque busca asegurar que las soluciones energéticas sean no solo accesibles y eficientes, sino también respetuosas con el ambiente, promoviendo el desarrollo sostenible y responsable para las comunidades.

1.3.3. Objetivos

1.3.3.1. Objetivo General

Optimizar el ciclo de vida del servicio de electrificación rural con SFV aislados en las EED del Ecuador, incorporando criterios de sostenibilidad ambiental, social, económica y de gobernanza, para fortalecer el desarrollo sostenible en comunidades rurales.

1.3.3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado general de los programas de electrificación rural con SFV a nivel nacional, identificando fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.
- Analizar el ciclo de vida del servicio de electrificación mediante SFV, desde la planificación hasta la disposición final de los equipos.

- Proponer estrategias de mejora basadas en economía circular, gestión ambiental y participación comunitaria.
- Evaluar el impacto social, económico y ambiental de los programas en las comunidades beneficiarias.
- Formular recomendaciones para la gestión sostenible y replicabilidad de los modelos en zonas rurales.

1.3.4. Justificación e Importancia del Trabajo de Investigación

Las EED han llevado a cabo la instalación de paneles fotovoltaicos para usuarios ubicados en áreas rurales del Ecuador con dificultades para acceder a las redes convencionales de distribución.

Sin embargo, el desgaste y uso de estos equipos ha provocado la desinstalación de algunos sistemas, que han sido retirados y almacenados.

Es necesario realizar una adecuada disposición de los equipos, priorizando la protección del ambiente y basada en principios de economía circular.

1.4. Perfil Organizacional

1.4.1. Descripción de las EED

La Ley Orgánica del Servicio del Público de Energía Eléctrica (LOSPEE) en Ecuador otorga a las EED un papel fundamental en la prestación del servicio público, regulando su

participación bajo principios de eficiencia, transparencia y sostenibilidad (Asamblea Nacional del Ecuador, 2015).

1.4.2. Misión, Visión, Valores

Las EED en el Ecuador cuentan con declaratorias de **misión** empresarial que buscan garantizar la prestación eficiente, continua y segura del servicio público de energía eléctrica, promoviendo el acceso universal, la sostenibilidad ambiental y el uso responsable de los recursos energéticos, cumpliendo con la normativa nacional y contribuyendo al desarrollo social y económico del país (Asamblea Nacional, 2024).

Por otra parte, y conforme a lo establecido en el Plan Maestro de Electrificación, la **visión** establece el compromiso por parte de las EED de considerar una visión integral de los sistemas de distribución en el ámbito técnico, económico, social y ambiental; cumpliendo sus objetivos organizacionales y empresariales. Los planes, programas y proyectos de las Distribuidoras, están orientados a incrementar el nivel de cobertura eléctrica en zonas urbanas, rurales y urbano-marginales a nivel nacional en los próximos diez años (Ministerio de Energía y Minas, 2024).

A fin de cumplir con la misión y la visión que las EED han establecido, se definen **valores** que servirán de soporte para sus operaciones y actividades. Estos valores incluyen:

- Responsabilidad

Las EED asumen sus funciones y decisiones, priorizando la seguridad, la confiabilidad del servicio y el bienestar de la comunidad.

- Transparencia

Las EED actúan con integridad y apertura, garantizando una gestión ética y accesible para sus grupos de interés.

- Calidad

Las EED ofrecen un servicio con los más altos estándares técnicos y de atención al cliente, promoviendo la mejora continua en todos sus procesos.

- Innovación

Las EED impulsan el uso de tecnologías de vanguardia para optimizar la distribución eléctrica y responder a los retos del sector energético.

- Sostenibilidad

Las EED promueven prácticas responsables con el medio ambiente y fomentan una cultura energética eficiente en armonía con el entorno.

- Compromiso social

Las EED trabajan para generar valor compartido, fortaleciendo el desarrollo local y asegurando el acceso equitativo a la energía para toda la comunidad en sus áreas de concesión.

- Trabajo en equipo

Las EED fomentan la colaboración entre áreas internas y actores externos, entendiendo que el logro de los objetivos depende del esfuerzo colectivo.

1.4.3. Actividades, Marcas, Productos y Servicios

Las EED prestan diferentes tipos de servicio para las comunidades que se encuentran dentro de su área de concesión, los mismos que comprenden:

Servicio Público. Este proceso se compone de la distribución de la energía eléctrica a través de redes de bajo y medio voltaje que se ubican en las zonas urbanas y rurales de sus áreas de concesión.

El modelo de gestión incluye centros de recaudación y atención al cliente. Adicionalmente, los canales de pago abarcan puntos físicos, soluciones digitales y banca virtual.

Servicio de Carga. Este servicio permite la provisión de energía eléctrica a vehículos eléctricos para su carga y posterior movilidad.

1.4.4. Órgano Rector

El órgano rector de las empresas eléctricas en Ecuador es el Ministerio de Energía y Minas. Este ministerio es el encargado de formular, coordinar y ejecutar las políticas públicas en el sector eléctrico, incluyendo la planificación, regulación y supervisión de las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en el país (Asamblea Nacional, 2024).

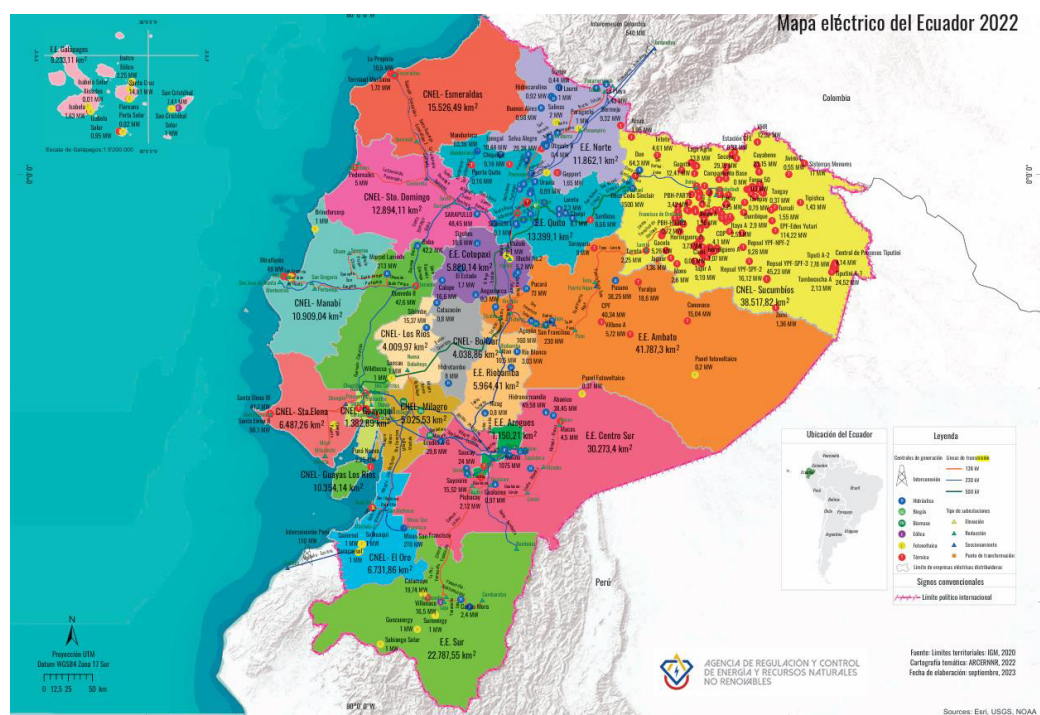
Por otro lado, la Agencia Nacional de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) es el ente encargado de regular y controlar los aspectos técnico-económicos y operativos de las actividades relacionadas con el servicio público de energía eléctrica, asegurando el cumplimiento de la normativa y las obligaciones de las empresas eléctricas.

1.4.5. Ubicación de las Operaciones

Las EED están distribuidas a nivel nacional, como se evidencia en la Figura 2 a continuación:

Figura 2

Mapa Eléctrico del Ecuador



Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2024

1.4.6. Propiedad y Forma Jurídica

Las EED son empresas públicas. Por lo tanto, su propiedad y forma jurídica están definidas por la Constitución de la República del Ecuador y la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE) (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008; Asamblea Nacional del Ecuador, 2015).

Las empresas públicas son entidades que pertenecen al estado, lo que significa que el capital social y el control de la empresa son del Estado, ya sea a nivel central o de los

Gobiernos Autónomos. Adicionalmente, las empresas públicas son personas jurídicas de derecho público lo que les confiere características y prerrogativas especiales, así como responsabilidades adicionales, en virtud de su rol en la prestación de servicios públicos (Asamblea Nacional, 2024).

1.4.7. Mercados Servidos o Ubicación de sus Actividades de Negocio

Las EED prestan sus servicios en todas las parroquias y cantones del Ecuador, atendiendo proyectos eléctricos.

1.4.8. Procesos Claves Relacionados con el Objetivo Propuesto

Las EED han implementado programas de electrificación para zonas rurales con SFV para proporcionar energía eléctrica a viviendas aisladas a las que no es posible acceder directamente con el sistema de distribución convencional. Hasta el 2024, se han instalado en Ecuador 1.290 SFV, lo que equivale a 60,21 Mw (Ministerio de Energía y Minas de Ecuador, 2024).

1.4.9. Estructura de un SFV

Según SotySolar, 2024, un SFV aislado es una instalación solar diseñada para funcionar de manera independiente de la red eléctrica convencional, siendo ideal para zonas rurales o lugares donde la conexión a la red no es viable. La estructura de estos sistemas incluye varios componentes esenciales que trabajan en conjunto y se detallan a continuación:

Paneles solares fotovoltaicos. Primer elemento del sistema y se encargan de captar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica de corriente continua (CC). Estos paneles pueden ser monocristalinos o policristalinos, y su selección depende de las necesidades energéticas y las condiciones del lugar de instalación.

Regulador de carga. Dispositivo que controla el flujo de energía entre los paneles solares y las baterías, evitando sobrecargas o descargas profundas que puedan dañar el sistema de almacenamiento. Es fundamental dimensionar correctamente el regulador para asegurar la protección y eficiencia del sistema.

Baterías solares. Almacenan la energía generada durante el día para su uso en horas nocturnas o en periodos de baja radiación solar. La capacidad y tipo de baterías (por ejemplo, plomo-ácido o litio) se eligen en función de la demanda energética y de autonomía.

Inversor solar. Convierte la energía de corriente continua almacenada en las baterías en corriente alterna (CA), que es la forma de energía utilizada por la mayoría de los electrodomésticos y equipos eléctricos. El dimensionamiento del inversor debe considerar la potencia máxima que se va a demandar en la instalación.

Sistema de monitoreo. Permite supervisar en tiempo real el rendimiento y el estado de los diferentes componentes, facilitando el mantenimiento y la detección de posibles fallos.

Cableado y conectores eléctricos. Aseguran la correcta interconexión de todos los componentes, garantizando la seguridad y eficiencia del sistema.

En conjunto, estos elementos permiten que los sistemas fotovoltaicos aislados sean una alternativa sostenible y eficiente para el suministro eléctrico en lugares apartados, contribuyendo a la independencia energética y al desarrollo de comunidades rurales.

1.4.10. Grupos de Interés Internos y Externos de las EED

En las Tablas 2 y 3 se listan los grupos de interés internos y externos.

Tabla 2

Grupos de Interés Internos

Nro.	Grupos de Interés Internos
1	Directivos y Gerentes
2	Propietarios y Accionistas
3	Empleados y Trabajadores

Fuente: Autores (2025).

Tabla 3

Grupos de Interés Externos

Nro.	Grupos de Interés Externos
1	Presidencia del Ecuador
2	Ministerio de Energía y Minas
3	Agencia de Regulación y Control de Electricidad – ARCONEL
4	Servicio Nacional de Contratación Pública – SERCOP
5	Contraloría General del Estado
6	Ciudadanía/clientes
7	Proveedores y contratistas

Fuente: Autores (2025).

CAPITULO 2

2. Diseño Estratégico para la Sostenibilidad Corporativa en las EED

En el Capítulo 2 se utilizan herramientas y metodologías disponibles para evaluar y mejorar el desempeño en sostenibilidad de las EED, tales como indicadores, estrategias y normas de responsabilidad social. Se enfatiza la necesidad de establecer técnicas y oportunidades de mejora, con el objetivo de optimizar su desempeño en el contexto del desarrollo sostenible.

2.1. Análisis Externo

2.1.1. Análisis PESTEL

A continuación, en la Tabla 4, se realiza el análisis PESTEL, mismo que evalúa los factores externos que influyen en la viabilidad y operatividad de los proyectos de electrificación rural mediante SFV.

Tabla 4

Análisis PESTEL de los factores externos del Programa de SFV de las EED

	Muy positivo	Positivo	Indiferente	Negativo	Muy negativo
Político – Legal					
Apoyo del Gobierno Nacional a Proyectos Sostenibles	X				
Subsidios	X				
Comercial y Arancelaria				X	
Cambio autoridades Nacionales				X	
Normativa de contratación pública				X	
Económico					
Déficit gubernamental				X	
Inflación				X	

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

	Muy positivo	Positivo	Indiferente	Negativo	Muy negativo
Crecimiento económico		X			
Precio de tecnologías verdes		X			
Socio – Cultural					
Calidad de vida		X			
Hábitos y tendencias		X			
Patrones de compra		X			
Medios de información				X	
Inclusión social					X
Nivel de educación					X
Demografía				X	
Tecnológico					
Infraestructura tecnológica		X			
Desarrollo de redes informáticas		X			
Obsolescencia (ciclo de vida)					X
Ecológico					
Gestión de desechos y residuos					X
Condiciones climáticas	X				
Uso de energías renovables	X				
Normativa ambiental		X			

Fuente: Autores (2025).

2.1.2. Análisis de Benchmarking

Se puede evidenciar la ejecución de proyectos similares a nivel internacional como es el caso de Perú, donde se cuenta con el Plan Nacional de Electrificación Rural “PNER” que busca brindar soluciones a los usuarios, que se encuentran en zonas aisladas, a través de energías alternativas (Ministerio de Energía y Minas de Perú, 2023), y de Nigeria donde, desde el 2016, se ejecuta el *Rural Electrification Strategy and Implementation Plan*, que busca expandir el acceso a la electrificación rural por medio de la promoción de energías térmicas y renovables, entre otras (Federal Ministry of Power, Works and Housing, 2016).

En la Tabla 5, se realiza una comparación de diferentes proyectos de generación de energía alternativa en el Ecuador y en otros países, donde se analizan algunas variables como alcance, modelo, tecnología y puntos destacados.

Tabla 5
Benchmarking de programas de electrificación rural

País/ región	Nombre de la iniciativa	Organismo responsable	Alcance	Modelo	Tecnología	Puntos destacados
Perú	Plan Nacional de Electrificación Rural 2022 - 2033	Dirección General de Electrificación Rural (Ministerio de Energía y Minas)	Nacional	Modelo centralizado. Prioriza necesidades del territorio en función de: ▪ Coeficiente de electrificación rural ▪ Índice de pobreza ▪ Uso productivo de la electricidad ▪ Utilización de energías renovables	Paneles fotovoltaicos, pequeñas centrales hidroeléctricas, y energía eólica	Las inversiones son priorizadas y ordenadas según su estado de avance en el Ciclo de Inversión.
Nigeria	Estrategia de Electrificación Rural y el Plan de Implementación (RESIP)	Agencia de Electrificación Rural	Nacional	Alternativas en función de necesidades específicas: extensión de la red eléctrica convencional, redes a pequeña escala (mini grids), sistemas autónomos	Energía térmica y alternativas renovables	Ofrece una amplia gama de soluciones, tanto conectadas a la red como fuera de ella. Fuentes de energía convencionales y renovables

Fuente: Modificado de: Ministerio de Energía y Minas de Perú. (2023), Federal Ministry of Power, Works and Housing. (2016), Bacuilima J. (2024), EEASA. (2023).

2.1.3. Análisis de Consumidores, Target y Buyer Persona

Las EED han identificado a los beneficiarios de los proyectos como los usuarios que habitan en zonas geográficamente complejas y dispersas de las provincias del Ecuador, caracterizados por estar alejadas de la red de distribución convencional y atender a familias que aún no cuentan con el servicio de energía eléctrica.

En este sentido, según datos del INEC para el 2022, existen 84.037 hogares en el Ecuador que carecen de energía eléctrica (Ver Anexo A), donde se revelan características significativas que permiten una segmentación de mercado diferenciado.

A fin de determinar las características de los usuarios, se propone una ficha socioeconómica según el modelo adjunto en el Anexo B, que debe ser aplicada a beneficiarios o grupo familiar que cuentan con el SFV instalado, conforme la siguiente información:

- Datos de identificación (nombre, provincia, parroquia y sector)
- Fecha de la entrevista y fecha de instalación del sistema
- Composición del hogar (número de personas que viven en el hogar, adultos mayores, niños, personas con discapacidad, etc.)
- Acceso a servicios básicos (agua y alcantarillado)
- Percepción de mejora en la calidad de vida después de la instalación del SFV.

Con estos antecedentes, se ha definido el *buyer* persona para este caso, de acuerdo a lo detallado en la Figura 3.

Figura 3*Buyer persona***Fuente:** Autores (2025).

Del análisis del levantamiento de las fichas socioeconómicas y de la definición del *buyer persona*, se pueden obtener los siguientes resultados:

- Número de entrevistas por período de tiempo. Análisis a corto y largo plazo del uso del SFV.
- Identificación del número de ocupantes por edad.
- Identificación del impacto en la calidad de vida de los hogares tras la instalación del SFV, destacando el acceso a iluminación nocturna, mayor seguridad y posibilidad de realizar actividades productivas o educativas en la noche.

2.2. Análisis Interno

El análisis interno de las EED del Ecuador permite identificar los recursos, capacidades y competencias clave que sustentan su desempeño y sostenibilidad. Este análisis abarca tanto los recursos tangibles como intangibles, así como los procesos y sistemas de gestión implementados para garantizar la calidad del servicio y la responsabilidad ambiental y social.

2.2.1. Recursos Tangibles

Las EED cuentan con una infraestructura robusta que incluyen subestaciones eléctricas, redes de distribución, equipos de medición y sistemas de respaldo. La gestión eficiente de estos activos es fundamental para asegurar la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico, así como para responder a las demandas crecientes de la población y los sectores productivos del país (Ministerio de Energía y Minas, 2024).

2.2.1.1. Recursos Financieros

El financiamiento de este tipo de proyectos proviene de las asignaciones gubernamentales, sin embargo, existen restricciones presupuestarias, lo que podría afectar la expansión y el mantenimiento de los sistemas instalados.

En términos financieros, las EED gestionan recursos provenientes de la facturación del servicio, inversiones públicas y privadas, y programas de financiamiento para proyectos de electrificación rural y eficiencia energética. La adecuada administración de estos fondos permite la modernización de la infraestructura y la implementación de tecnologías innovadoras.

2.2.2. Intangibles

2.2.2.1. Reputación y Experiencia

Las EED del Ecuador han consolidado una reputación basada en la calidad del servicio, la transparencia en la gestión y el compromiso con el desarrollo sostenible. La experiencia acumulada en la operación y mantenimiento de sistemas eléctricos, así como en la ejecución de proyectos de electrificación rural, constituye un activo estratégico que fortalece su posición en el sector (ARCONEL, 2023).

2.2.2.2. Conocimiento y Tecnología

El capital humano de las EED se distingue por una alta especialización y un compromiso constante con la formación continua. Se prioriza la capacitación permanente del personal en áreas técnicas, operativas y de gestión, fomentando activamente la inclusión y la

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

diversidad. Asimismo, se invierte en la actualización constante en nuevas tecnologías, energías renovables y sistemas de gestión ambiental para asegurar un equipo a la vanguardia.

La adopción de tecnologías avanzadas, como sistemas de monitoreo inteligente, redes eléctricas inteligentes (smart grids) y soluciones de energía distribuida, ha permitido mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad de los servicios prestados (IEA, 2023).

Por ejemplo, se ha observado una evolución tecnológica en los controladores utilizados: los modelos iniciales del tipo PWM¹ han sido reemplazados progresivamente por controladores MPPT², los cuales optimizan el aprovechamiento de la potencia generada por los paneles y permiten configuraciones más flexibles respecto al voltaje nominal del sistema fotovoltaico (Romero Pereira & Sánchez Coria, 2022).

2.2.2.3. Capacidades de Información sobre el Equipo

Las EED han desarrollado sistemas de información y gestión de activos que permiten el seguimiento en tiempo real del estado de la infraestructura, la planificación de mantenimientos preventivos y la optimización de recursos. Estas capacidades contribuyen a la reducción de fallas, la mejora de la calidad del servicio y la toma de decisiones basada en datos (Ministerio de Energía y Minas, 2024).

El equipo responsable de estos proyectos está conformado por profesionales de distintas disciplinas, quienes reciben capacitación continua para asegurar la correcta

¹ PWM: Pulse Width Modulation, son dispositivos que controlan el flujo de corriente entre los paneles solares y las baterías

² MPPT: Maximum Power Point Tracking, son dispositivos utilizados en sistemas solares fotovoltaicos para optimizar la eficiencia de carga de las baterías

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

operación y monitoreo de los sistemas. El personal debe contar con herramientas de gestión que facilitan la organización, el seguimiento y la evaluación de los proyectos implementados.

2.3. Análisis FODA y CAME de las EED

En las Tablas 6 y 7 se realiza el análisis FODA y CAME de las EED, respectivamente.

Tabla 6

Análisis FODA de las EED

Elemento	Descripción
Debilidades	• Gestión de desechos y residuos: Desafíos en la disposición final de los residuos y desechos generados. • Obsolescencia tecnológica: Riesgo de no contar con las últimas actualizaciones de la tecnología. • Medios de información: Limitada vinculación con los medios de comunicación, lo que dificulta la difusión efectiva del Proyecto. • Sistema de gestión: Falta de procedimiento interno para mantenimiento preventivo y de proceso de integración de las fases del ciclo de vida del servicio.
Amenazas	• Normativa de contratación pública: Puede generar barreras administrativas. • Déficit gubernamental: Riesgo de reducción en inversión pública y financiamiento. • Inclusión social y nivel de educación: Factores que pueden limitar la adopción de nuevas iniciativas. • Cambio de autoridades nacionales: Posible inestabilidad en políticas públicas. • Política comercial y arancelaria: Restricciones que pueden afectar la importación/exportación de los equipos. • Demografía y patrones de compra variables: Posibles cambios en el mercado.
Fortalezas	• Monopolio: Prestadores únicos del servicio eléctrico en sus áreas de concesión. • Subsidios: Posibilidad de financiación para proyectos estratégicos. • Riesgo financiero: Bajo riesgo en inversiones • Plan estratégico vigente: Propone incrementar la eficiencia del servicio eléctrico en la producción, distribución y comercialización de la electricidad en el área de concesión.
Oportunidades	• Condiciones climáticas favorables: Alto índice de radiación solar durante todo el año. • Apoyo del Gobierno Nacional a proyectos sostenibles: Facilita el desarrollo de iniciativas ecológicas y de energías renovables. • Desarrollo tecnológico: Posibilidad de innovación en productos y servicios. • Normativa ambiental favorable: Incentivos y regulaciones que apoyan la sostenibilidad.

Fuente: Autores (2025).

Tabla 7*Análisis CAME*

Enfoque estratégico	Descripción
Corregir debilidades	• Gestión de desechos y residuos: Implementar un plan de gestión basado en economía circular y reciclaje. • Monitoreo tecnológico: Evaluar nuevas tendencias para evitar la obsolescencia prematura de los sistemas. • Medios de información: Fortalecer la difusión del proyecto a través de medios digitales y alianzas con Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD). • Sistema de gestión: Desarrollar un procedimiento interno de mantenimiento preventivo.
Afrontar amenazas	• Normativa de contratación pública: Adaptarse con procesos internos más eficientes para minimizar demoras en adquisiciones clave. • Buscar financiamiento externo: Explorar convenios con organismos internacionales o alianzas público-privadas para reducir dependencia del presupuesto gubernamental. • Adaptabilidad regulatoria: Desarrollar estrategias para ajustar el modelo de negocio ante cambios políticos. • Capacitación a usuarios: Fomentar el conocimiento sobre eficiencia energética y mantenimiento de sistemas.
Mantener fortalezas	• Preservar la reputación: Mantener la confianza de las EED. • Mantener y fomentar el desarrollo de planes estratégicos orientados a la eficiencia del servicio bajo un modelo de responsabilidad social organizacional (RSO). • Proceso de adquisición: Promover la compra de equipos que cuenten con las tecnologías más actualizadas. • Reforzar la capacitación del personal: Actualizar constantemente los conocimientos en energías renovables.
Explotar oportunidades	• Aprovechar subsidios y apoyo gubernamental para fortalecer proyectos de electrificación rural sostenible. • Fomentar la innovación mediante la implementación de nuevos modelos operativos de SFV. • Aprovechar las condiciones climáticas favorables para la eficiencia de los SFV. • Potenciar la innovación de productos y servicios sostenibles priorizando la inclusión social

Fuente: Autores (2025).

2.1.Business Model CANVAS

A continuación, en la Figura 4 se describe el modelo de negocio, basado en la metodología Business Model CANVAS.

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Figura 4

Business Model CANVAS de SFV de las EED

9. Key Partners Proveedores tecnológicos Contratistas GADs parroquiales Líderes locales y comunidades rurales. Tenderos Medios de comunicación.	5. Actividades clave: Elaborar procedimiento interno donde se defina las fases del proyecto, responsables y presupuesto. Realizar mantenimiento periódico preventivo de los paneles fotovoltaicos. Facilitar y mejorar el acceso al servicio para potenciales clientes. Realizar una campaña de marketing dirigida a potenciales beneficiarios ubicados en el área rural del área de concesión. Definir el presupuesto para la adquisición de paneles fotovoltaicos. Optimizar la compra de paneles fotovoltaicos que ofrezcan una mayor eficiencia energética, durabilidad y calidad – precio. Implementar un sistema de gestión y disposición de residuos y desechos generados. 6. Recursos clave: Equipo multidisciplinario de las EED encargado de: comunicación social, investigación y adquisición de paneles fotovoltaicos, contratación pública, instalación y mantenimiento externo y gestión de los residuos y desechos. Infraestructura tecnológica (sistemas fotovoltaicos con baterías) Financiamiento de entidades internas y externas.	1. Propuesta de Valor: Proveer energía eléctrica limpia, sostenible y accesible a habitantes de zonas rurales de difícil acceso en las áreas de concesión. Mejorar la calidad de vida de hogares sin conexión a la red eléctrica. Reducir la brecha energética mediante tecnologías fotovoltaicas accesibles. Contribuir a la sostenibilidad ambiental y la reducción de emisiones de carbono.	4. Relación con clientes: La relación con los clientes será personalizada (cara a cara) durante socializaciones, eventos y visitas a las agencias, retroalimentación de beneficiarios, encuestas de satisfacción y visitas técnicas a territorio. 3. Canales: La propuesta se socializará a través de la colocación de afiches en tiendas de barrio, visitas, difusión en asambleas comunitarias, puntos de información en eventos deportivos y sociales de las comunidades, agencias de atención al cliente de las EED, páginas web y redes sociales.	2. Segmento de clientes Hogares en zonas rurales aisladas sin acceso a la red eléctrica (84.037 hogares en el Ecuador). Los beneficiarios del proyecto tienen perfiles entre 13 a 95 años, con un género indiferente, un poder adquisitivo bajo, se localizan en las áreas rurales de difícil acceso (INEC, 2022).
7. Estructura de costes Recursos para la adquisición de equipos. Contratos con terceros para: instalación, mantenimiento, logística y transporte de los equipos Gestión de residuos y disposición de final de desechos.		8. Fuente de ingresos Financiamiento gubernamental y tarifas reguladas. Fondos propios de las EED destinados al programa. Cobro a consumidores por servicio, reparación y reemplazo de equipo (cuando aplique).		

Fuente: Autores (2025).

Nota sobre los derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

2.2.Lanzamiento del Producto al Mercado (go to market)

2.2.1. Segmentos de Mercado

El segmento de mercado para el presente proyecto se compone de personas adultas con edades que oscilan entre los 45 a 90 años, sin distinción de género, que se dedican principalmente a actividades agrícolas y ganaderas.

Este grupo está caracterizado por tener bajos ingresos, contar con niveles educativos básicos y residir en viviendas modestas (mediaguas) ubicadas en áreas rurales y de difícil acceso. Por lo que la falta de infraestructura eléctrica les impide acceder al servicio.

Las personas que pertenecen a este segmento de mercado manifiestan frustración por no contar con servicio de electricidad; se sienten aisladas y excluidas porque no pueden acceder a medios de comunicación como: radio, televisión o redes sociales. En este sentido, buscan nutrirse de aprendizajes y experiencias que les faciliten una mejor calidad de vida, además de tener la capacidad de brindar una educación de mayor calidad a sus hijos mediante el uso de herramientas tecnológicas.

2.2.2. Identificación de Características y Beneficios Clave

El acceso a la electricidad es fundamental porque mejora la calidad de vida de las personas que habitan en zonas rurales mediante: funcionamiento de sistemas de agua potable, refrigeración de alimentos y medicinas; facilita el uso de equipos médicos y reduce la dependencia de combustibles fósiles. La electricidad impulsa la productividad (uso de

maquinarias y herramientas eléctricas). Adicionalmente, facilita el acceso a educación, y abre nuevas oportunidades de aprendizaje.

2.2.3. Comparación con la Competencia

Las principales diferencias entre los distintos modelos de electrificación rural radican en el tipo de energías que se utilizan. En los casos de Perú y Nigeria, se incorporan energías renovables (hidroeléctrica, eólica) mientras que en Ecuador se prioriza el uso de paneles fotovoltaicos, según se describe en el análisis comparativo de la Tabla 8 a continuación:

Tabla 8

Comparación General de Modelos de Electrificación Rural

País/Región	Modelo de Electrificación	Tipos de Energía Utilizada	Criterios de Priorización	Enfoque Tecnológico
Ecuador Centro Norte	SFV aislados en zonas rurales	Paneles fotovoltaicos	Solicitudes de usuarios y disponibilidad de presupuesto	Paneles fotovoltaicos de 130 W con capacidad de 1000 Wh/día
Ecuador – Centro Sur	Soluciones en zonas donde la red convencional no es viable	Paneles fotovoltaicos	Habitantes que cumplen con las características descritas en el modelo de electrificación	Energía solar
Perú	Modelo centralizado	Paneles fotovoltaicos, micro - hidroeléctricas, energía eólica	Índice de pobreza, electrificación rural, uso productivo de la electricidad	Integración de diversas fuentes renovables según características del territorio
Nigeria	Modelo descentralizado (extensión de red, mini grids y sistemas autónomos)	Energía térmica y renovable	Necesidades específicas de cada comunidad	Soluciones híbridas entre red convencional y renovables

Fuente: Autores (2025).

Nota sobre los derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

2.2.4. Análisis de Precios

El proyecto no se rige por precios de mercado. Su implementación responde a una política diseñada específicamente para beneficiar a los usuarios que residen en zonas rurales y en condiciones de pobreza. Como objetivo principal se busca garantizar el acceso a la energía eléctrica como un derecho a un servicio básico y no se persigue rentabilidad o beneficio económico ya que funciona como parte del sistema de subsidios.

De igual manera, en el Gobierno de Perú, a través de la Dirección General de Electrificación Rural (DGER) del Ministerio de Energía y Minas, se lleva a cabo el Programa Masivo Fotovoltaico II que inició en el año 2021, dirigido a poblaciones de diversas regiones del país con altos índices de pobreza y donde la geografía dificulta llegar con la red eléctrica convencional. En este sentido, al ser un programa social, se cuenta con sostenibilidad financiera a través del Fondo de Inclusión Social Energético (FISE) y el Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE), estableciendo una tarifa de USD 3,70 mensuales por el pago del servicio de energía eléctrica (El Peruano, 2022).

Por otro lado, el costo estimado para la conexión de un hogar rural a un sistema fotovoltaico del Gobierno de Nigeria varía entre USD 330 y USD 550 por instalación. Este monto incluye los costos de los equipos, la instalación y los subsidios otorgados por el gobierno para facilitar la electrificación rural. Los subsidios, proporcionados a través del Fondo de Electrificación Rural (REF), están destinados a proyectos que cumplan con los criterios de menor costo por conexión (Adeleke, 2021).

2.2.5. Canales de Distribución

En los programas de electrificación rural, los canales de distribución están directamente gestionados por las áreas técnicas de las EED. Se utilizan mecanismos de difusión personalizados como atención persona a persona, socialización de información durante eventos sociales y deportivos en las comunidades, distribución de contenidos publicitarios en redes sociales y la página web de las distintas EED, entre otros.

2.2.6. Plan de Marketing

A continuación, se detalle el plan de marketing propuesto:

2.2.6.1.Objetivos del Plan de Marketing

- Atraer y captar el interés de posibles beneficiarios del servicio en comunidades rurales.
- Aumentar el reconocimiento del programa en medios digitales y tradicionales.
- Fomentar la confianza y educación sobre energías renovables.

2.2.6.2.Estrategias de Marketing

En la Figura 5 se listan las distintas estrategias de marketing según su tipo.

Figura 5*Estrategias de Marketing*

Marketing de Influencia * Colaboraciones con líderes comunitarios y GADs para difundir el programa. * Puntos de información en eventos deportivos y sociales de las comunidades. * Creación de un sistema de monitoreo de la calidad del servicio.
Marketing de Contenidos * Blog y micrositos con casos de éxito y beneficios de la energía solar en zonas rurales. * Infografías sobre el uso, beneficios y mantenimiento de paneles fotovoltaicos.
Relaciones Públicas * Notas de prensa en medios locales sobre el impacto del programa. * Alianzas con municipios para aumentar la confianza y difusión. * Apariciones en radio y TV comunitaria para difundir el proyecto.
Publicidad en línea * Campañas en redes sociales, motores de búsqueda y grupos comunitarios para generar tráfico e interesados (videos educativos y testimoniales). * Segmentación geográfica enfocada en comunidades rurales.
Materiales de Marketing * Web y redes sociales optimizadas para informar y captar beneficiarios. * Folletos y afiches para ser distribuidos en: eventos, tiendas y puntos de información. * Videos explicativos y testimoniales sobre la instalación y beneficios.

Fuente: Autores (2025).

2.2.6.3. Público Objetivo

El público objetivo está compuesto por:

- Hogares con difícil o nulo acceso a la red eléctrica convencional, ubicados en comunidades rurales (84.037 hogares) (INEC, 2022).
- Usuarios con poca experiencia digital que requieren información clara y accesible.

2.2.6.4. Establecimiento de Métricas Clave de Rendimiento

Para esta propuesta, en la Tabla 9, se definen los *Key Performance Indicators* (KPI) o indicadores clave de desempeño, métricas utilizadas para evaluar el éxito de una organización o actividad específica:

Tabla 9

Indicadores clave de desempeño (KPIs)

Nro	Indicador
1	Porcentaje de población rural electrificada: mide el porcentaje de hogares que se han beneficiado por el proyecto durante un periodo de tiempo definido.
2	Número de SFV instalados vs. meta anual.
3	Reducción de emisiones de CO ₂ : mide la cantidad de emisiones de CO ₂ que se han ahorrado en comparación al uso de combustibles fósiles.
4	Número de solicitudes de nuevas instalaciones tras socialización del proyecto.
5	Cantidad de desechos procesados: mide la cantidad de desechos especiales y peligrosos que se dispusieron a través de un Gestor Ambiental calificado por la autoridad ambiental.
6	Porcentaje de residuos recuperados del sistema obsoleto.
7	Tiempo de respuesta en atención al cliente: mide el tiempo promedio que se demora la Empresa en reparar los fallos o consultas sobre los paneles fotovoltaicos.
8	Tasa de mantenimiento correctivo de paneles fotovoltaicos: mide la durabilidad y resistencia de los equipos fotovoltaicos.
9	Número de empleos generados: mide la cantidad de empleos generados para participar en las diferentes fases del proyecto, desde su difusión hasta la disposición final de desechos.
10	Índice de satisfacción del cliente: mide el nivel de satisfacción de los beneficiarios del proyecto.
11	Tasa de retención del servicio: usuarios que siguen utilizando el sistema después de periodos de tiempo definidos.

Fuente: Autores (2025).

CAPÍTULO 3

3. Sistemas Integrados de Gestión

Este capítulo analiza la dinámica interna y externa de las EED en su esfuerzo por la sostenibilidad, enfocándose en la electrificación rural con SFV. Para ello, se usan herramientas de análisis estratégico que evalúan su microentorno, la eficiencia de su cadena de valor y sus capacidades. Este análisis es la base para desarrollar un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) y un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), buscando la excelencia del servicio, la optimización de recursos y la mejora continua en la gestión energética de las EED.

3.1. Diagnóstico Estratégico y Planificación de la Sostenibilidad en las EED

3.1.1. Análisis Externo

Para entender mejor el microentorno en el que operan las EED, aplicamos el modelo de las 5 fuerzas de Porter, identificando los factores que condicionan el entorno inmediato, tal como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10

Modelo de las 5 fuerzas de Porter

Fuerzas	Análisis
Poder de negociación de los proveedores (Medio)	- Las EED adquieren paneles fotovoltaicos y equipos electrónicos a proveedores mediante el Portal de Compras Públicas, lo que limita la disponibilidad de proveedores que cumplan con los requisitos específicos. - Al tratarse de tecnología especializada, el cambio de proveedor no es sencillo ya que los equipos requieren especificaciones precisas para su compatibilidad y rendimiento óptimo. - La dependencia de proveedores especializados, para la adquisición de los SFV, podría incrementar la posición negociadora de estos

Fuerzas	Análisis
	participantes. La escasez de alternativas en la cadena de suministro y la necesidad de equipos homologados constituyen elementos esenciales que pueden aumentar los costos o generar retrasos en la implementación de nuevos proyectos.
Poder de negociación de los clientes (Bajo)	• Los beneficiarios son comunidades rurales sin acceso a otras alternativas de energía. • La demanda es alta, pero las EED son los únicos proveedores en sus áreas de concesión. • Los clientes, compuestos mayoritariamente por comunidades rurales sin alternativas de suministro energético, presentan un poder de negociación reducido. Esta estructura permite a las EED mantener condiciones contractuales y de servicio que favorecen la continuidad del programa, aunque exige un enfoque intensivo en la educación del usuario final para garantizar la correcta utilización y mantenimiento de los sistemas.
Amenazas de nuevos competidores (Baja)	• El sector eléctrico en Ecuador está regulado, lo que limita la entrada de nuevos competidores. • Altas barreras de entrada por infraestructura y costos iniciales elevados. • La existencia de un monopolio apoyado por políticas gubernamentales y la consolidación de las EED en el mercado rural generan barreras de entrada significativas. La inversión inicial y el cumplimiento normativo actúan como limitantes para nuevos competidores, por lo tanto, el riesgo de entrada de nuevos actores permanece bajo.
Amenaza de productos sustitutos (Media)	• Existen opciones como generadores a diésel o sistemas de baterías, aunque son costosos y menos sostenibles. • En algunos casos, la expansión de la red eléctrica convencional puede reducir la demanda de SFV. • La presencia de alternativas tecnológicas puede incitar a la adopción de soluciones que integren otras fuentes de energía, por lo que es fundamental que las EED se mantengan a la vanguardia tecnológica para superar esta competencia.
Rivalidad entre competidores (Baja)	• Las EED son las únicas proveedoras en su área de concesión. • La operación de las EED, en un nicho de mercado con respaldo estatal y presencia consolidada, implica que la competencia con otros actores es baja. Sin embargo, la posibilidad de entrada de nuevos modelos de negocio o tecnologías disruptivas en el sector energético exige una vigilancia constante para mantener la ventaja competitiva.

Fuente: Autores (2025).

3.1.2. Análisis Interno

El análisis de la cadena de valor, aplicando la metodología de las 6 M de Ishikawa,

permite identificar cómo integrar parámetros de sostenibilidad y ciclo de vida en cada etapa

Nota sobre los derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

del programa de implementación del servicio eléctrico mediante SFV en áreas rurales. En la Tabla 11 se listan los factores por cada una de las categorías de Ishikawa.

Tabla 11

Análisis de la Cadena de Valor aplicando las 6 M de Ishikawa

Categoría (6M)	Factores identificados
Método (Procesos y normativas)	• Ausencia de un procedimiento formal para mantenimiento preventivo. • No existe un proceso definido para la gestión de residuos y desechos de los SFV. • Necesidad de mejorar los tiempos de respuesta en atención a fallas.
Maquinaria (Infraestructura y tecnología)	• Equipos fotovoltaicos mejorados, pero aún con limitaciones en eficiencia. • Dependencia de proveedores específicos para repuestos y componentes. • Obsolescencia tecnológica sin un programa de actualización definido.
Mano de obra (Personal y capacitación)	• Actualización de conocimientos para la instalación y necesidad de capacitación del personal para realizar el mantenimiento de los SFV. • Dependencia de contratistas externos para instalación y mantenimiento correctivo de los SFV.. • Falta de personal para optimización del acceso al servicio para la comunidad.
Medición (Indicadores y control de calidad)	• No existen métricas claras sobre eficiencia de los paneles en operación. • Falta de indicadores específicos para evaluar la satisfacción del usuario. • Deficiencias en la medición del impacto ambiental de los programas de electrificación rural con SFV aislados.
Medioambiente (Impacto ambiental y regulaciones)	• Gestión inadecuada de los residuos y desechos (especiales y peligrosos) generados por equipos obsoletos. • Regulaciones ambientales favorables, pero falta de aplicación interna de estrategias de economía circular. • Oportunidad de aprovechar los modelos de economía circular en zonas rurales y en zonas urbanas.
Moneda (Presupuesto y financiamiento)	• Restricciones presupuestarias que limitan la expansión del servicio. • Dependencia de subsidios gubernamentales y financiamiento externo. • Falta de inversión para adquisición de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia de los SFV.

Fuente: Autores (2025).

3.1.3. Estrategias en el Contexto ASG de las EED

3.1.3.1.Línea de Éxito:

Aprovechar subsidios y apoyo gubernamental para mantener y fomentar el desarrollo de planes estratégicos orientados a la eficiencia del servicio, bajo un modelo de RSO.

Fomentar la innovación mediante la implementación de nuevos modelos operativos de SFV a través de la compra de equipos que cuenten con las tecnologías más actualizadas.

Potenciar la innovación de productos y servicios sostenibles priorizando la inclusión social para preservar la reputación y mantener la confianza en las EED.

3.1.3.2.Línea de Reacción:

Potenciar la innovación de productos y servicios sostenibles para evitar la obsolescencia prematura de los sistemas.

Fortalecer la difusión del proyecto a través de medios digitales y alianzas con los GAD aprovechando los subsidios y el apoyo gubernamental.

Fomentar la innovación mediante la implementación de un plan de gestión basado en economía circular y reciclaje.

3.1.3.3. Línea de Adaptación:

Explorar convenios con organismos internacionales y alianzas público-privadas para reducir la dependencia del presupuesto gubernamental.

Implementar procesos internos más ágiles para minimizar demoras en adquisiciones y garantizar la adaptabilidad regulatoria ante cambios políticos.

Fortalecer la capacitación a usuarios en eficiencia energética y mantenimiento de sistemas, consolidando a las EED como referentes en electrificación y sostenibilidad.

3.1.4. Determinación del Alcance del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC)

Para la determinación del alcance, a continuación, se detallan los factores externos e internos, así como los requisitos de las partes interesadas para definir qué procesos, productos y servicios cubre el SGC para el presente proyecto.

En las Tablas 12 y 13 se enumeran las Partes Interesadas (PI) internas y externas de las EED para el SGC y se vinculan con los productos y servicios que atienden sus requerimientos respectivamente.

Tabla 12

Necesidades y productos de las partes interesadas internas del SGC

Nro.	PI interna	Necesidades	Productos/Servicios
1	Gerencia General (GG)	- Asegurar la viabilidad financiera y operativa del programa. - Cumplir con los objetivos estratégicos de electrificación rural. - Coordinar con entidades gubernamentales y reguladoras.	- Plan Estratégico Institucional - Informe de gestión anual - Matriz de proyectos de eficiencia energética
2	Gerencia de Tecnología e Innovación (GTI)	- Garantizar el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos. - Evaluar el impacto del programa en términos de eficiencia energética.	- Informes de mantenimientos de equipos fotovoltaicos - Informe de gestión de eficiencia energética

Nro.	PI interna	Necesidades	Productos/Servicios
		Capacitar a los usuarios sobre el uso y mantenimiento de los sistemas.	Matriz de capacitaciones a clientes
3	Gerencia de Seguridad Industrial, Ambiente y Relaciones Comunitarias (GSIARC)	- Implementar un plan de gestión de residuos y desechos basado en economía circular. - Evaluar el impacto ambiental en la disposición de equipos.	- Plan de gestión de residuos y desechos - Estrategia de economía circular para disposición de equipos
4	Gerencia Administrativa Financiera (GAF)	- Asegurar procesos de contratación pública transparentes y eficientes. - Garantizar la adquisición de equipos con estándares de calidad y sostenibilidad. - Optimizar costos en la compra de materiales y servicios.	Procesos de contratación publicados en Portal de Compras Públicas.

Fuente: Autores (2025).

Tabla 13

Necesidades y productos de las partes interesadas externas del SGC

Nro.	PI externa	Necesidades	Productos/Servicios
1	Presidencia del Ecuador	- Cumplir con la Constitución de la República (Art. 52 - Art. 53). - Cumplir con el Plan Anual de Desarrollo. - Cumplir con la Agenda Nacional de la Energía 2016 – 2040. - Cumplir con la Ley Orgánica de Eficiencia Energética y su Reglamento Plan Nacional de Eficiencia Energética.	- Rendición de cuentas de las EED. - Informe de gestión anual
2	Ministerio de Energía y Minas	- Cumplir con la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (Artículo 2.- Objetivos). - Cumplir con el Plan Maestro de Electricidad.	- Informe de gestión anual - Matriz de proyectos de eficiencia energética
3	Agencia de Regulación y Control de Electricidad - ARCONEL	- Cumplir Regulaciones ARCONEL 001-2021, ARCONEL 002-2021, sobre autoabastecimiento e inclusión de empresas habilitadas como generadoras. - Supervisar el cumplimiento de los estándares de calidad del servicio	- Estudios de prefactibilidad de generación eléctrica distribuida no convencional menor a 1MW - Procedimientos para el seguimiento y supervisión de la calidad del servicio eléctrico. - Informes de monitoreo en base a

Nota sobre los derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Nro.	PI externa	Necesidades	Productos/Servicios
		eléctrico. • Monitorear el impacto ambiental y social del programa de electrificación rural.	indicadores de gestión.
4	Servicio Nacional de Contratación Pública - SERCOP	• Cumplir con la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública – LOSNCP. • Cumplir con el Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública – LOSNCP.	• Desarrollo y gestión de las fases: preparatoria, precontractual y contractual para la adquisición de equipos fotovoltaicos.
5	Contraloría General del Estado	• Velar por el estricto cumplimiento de la Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado y todos los documentos relacionados. • Velar por el estricto cumplimiento de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública – LOSNCP. • Velar por el estricto cumplimiento del Reglamento General de la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública – LOSNCP.	• Informes de auditoría interna sobre procesos de adquisición de equipos fotovoltaicos y contratación de servicios técnicos relacionados
6	Ciudadanía	• Acceder a un servicio eléctrico confiable y sostenible. • Participar en programas de eficiencia energética y energías renovables. • Recibir información y capacitación sobre el uso de SFV.	• Reporte de indicadores operativos y estratégicos.
7	Proveedores y contratistas	• Cumplir con los requisitos de contratación pública de las EED. • Garantizar la calidad y sostenibilidad de los materiales y equipos suministrados. • Proveer servicios de instalación, mantenimiento y disposición final de los equipos.	• Certificados de calidad de los materiales y equipos • Garantías de equipos • Orden de trabajo de: instalación, mantenimiento y disposición final de los equipos

Fuente: Autores (2025).

3.1.5. Alcance Geográfico del SGC

El proyecto de electrificación aborda principalmente las áreas rurales del Ecuador, con especial énfasis en comunidades que históricamente han carecido de acceso a servicios

energéticos adecuados. Como se mencionó previamente, se identifican 84.037 hogares con

limitada o nula conexión a la red eléctrica central, lo que configura una geografía de alta vulnerabilidad social y una oportunidad estratégica para expandir el impacto positivo de la electrificación a través de soluciones fotovoltaicas (INEC, 2022).

3.1.6. Requisitos No Aplicables del SGC

Los productos/servicios que entregan las EED a sus clientes en su área de concesión es el servicio público de energía eléctrica según lo establece la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, por tanto;

- El requisito 8.3 “Diseño y desarrollo de los productos y servicios” de la Norma ISO 9001 no es aplicable, ya que las EED no realizan actividades de diseño o desarrollo propio de equipos, infraestructura o servicios eléctricos, sino que ejecutan sus operaciones en cumplimiento de los diseños, especificaciones y normativas técnicas establecidas por el marco regulatorio del sector eléctrico nacional.
- En el contexto del SGC orientado a la electrificación rural, ciertos requisitos normativos o estándares de calidad pueden no ser aplicables debido a la realidad operativa y el ámbito de acción de las EED.

3.1.7. Objetivos del SGC

- Incrementar la calidad de servicio público de electricidad en el Ecuador.
- Incrementar la eficacia en la atención al crecimiento de la demanda de energía en el área de concesión de las EED.
- Reducir y mitigar los impactos ambientales y sociales de las EED.

- Garantizar una mayor fiabilidad en la provisión de energía eléctrica a comunidades vulnerables a través de la mejora continua de los procesos.
- Incorporar criterios de sostenibilidad y economía circular en los procesos de electrificación, permitiendo la reutilización o reciclaje de equipos al final de su ciclo de vida.

3.1.8. Acciones para Abordar Riesgos y Oportunidades

Ante los diversos riesgos y oportunidades identificados en el entorno interno y externo, se plantean acciones estratégicas orientadas a mitigar los impactos negativos y potenciar los positivos:

- Implementar un plan integral de gestión de residuos que contemple el proceso de recolección, clasificación y reciclaje de equipos obsoletos de los SFV, alineado con principios de economía circular y reutilización. Esta acción reduce el impacto ambiental y abre la posibilidad de aprovechar materiales en el desarrollo de nuevos proyectos.
- Fortalecer las estrategias de comunicación y capacitación dirigida a las comunidades rurales, con el fin de mejorar la comprensión y el uso adecuado de los SFV. La educación continua es un elemento clave para la sostenibilidad del proyecto.
- Optimizar los procesos internos de instalación y mantenimiento de los SFV mediante la adopción de tecnologías de gestión digital que permitan un seguimiento en tiempo real, reduciendo retrasos y anticipando potenciales fallas.

- Diversificar las fuentes de financiamiento, integrando recursos provenientes tanto del sector público como de entidades privadas y organismos internacionales, para sortear las limitaciones presupuestarias y asegurar la continuidad operativa a largo plazo.
- Desarrollar alianzas estratégicas con proveedores tecnológicos que posibiliten la actualización y modernización constante de los equipos, minimizando el riesgo de obsolescencia tecnológica y garantizando la competitividad en el sector.

3.1.9. Plan de Acción ante los Desafíos

Con el fin de articular una respuesta integral a los desafíos identificados, el plan de acción se estructura en tres temporalidades: corto, mediano y largo plazo:

Corto Plazo. Se priorizarán iniciativas orientadas a la corrección inmediata de procesos críticos. Entre ellas se encuentran la revisión de los procedimientos de adquisición e instalación de equipos, el establecimiento de protocolos de mantenimiento preventivo y la implementación de un programa para la gestión de residuos. Se propone asimismo la elaboración de un plan de capacitación para el personal técnico y las comunidades beneficiarias, que permita consolidar las bases operativas y sociales del proyecto.

Mediano Plazo. Se prevé la ejecución de proyectos de modernización tecnológica que integren sistemas de monitoreo y control digital, facilitando el seguimiento del rendimiento de los equipos. Se desarrollará un sistema de KPI orientados a evaluar la eficiencia del servicio, la satisfacción de los usuarios y la efectividad en la gestión ambiental. Además, se fomentará la diversificación de fuentes de financiamiento.

Largo Plazo. La visión estratégica apunta a la transformación del modelo operativo hacia una economía circular completa. Esto implica la integración de procesos de reciclaje y reutilización, la implementación de soluciones híbridas que combinen diferentes fuentes de energía y la consolidación de alianzas estratégicas para la expansión del programa a otras áreas vulnerables. Se planifica, además, la revisión periódica de los lineamientos del SGC, garantizando una adaptación constante a los cambios tecnológicos, normativos y sociales, lo que sustentará una evolución continua del proyecto.

3.2. Plan de Implementación del SGA en base a la norma ISO 14001

Con el objeto de realizar la implementación del SGA en las EED es necesario conocer su contexto:

Factores internos:

- Gestión de residuos de equipos fotovoltaicos obsoletos.
- Necesidad de optimizar procesos de mantenimiento preventivo.
- Dependencia de proveedores especializados.

Factores externos:

- Regulaciones ambientales y de contratación pública.
- Expectativas de las comunidades rurales respecto al acceso sostenible a la energía eléctrica.

3.2.1. Etapas del Plan de Implementación

La implementación de la norma ISO 14001 considera el análisis de los posibles impactos ambientales del proyecto, incluyendo la generación de residuos y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Organización Internacional de Normalización, 2015).

Las etapas del Plan de implementación incluyen:

1. Compromiso de la alta dirección:
 - Designar líderes del proyecto para la implementación del SGA en las EED.
 - Comunicar la política ambiental a todos los niveles de organizacionales de las EED.
2. Identificación de requisitos legales y normativos:
 - Revisar las normativas aplicables, como el Código Orgánico del Ambiente y regulaciones ambientales locales.
3. Capacitación del personal:
 - Capacitar a los empleados en la gestión ambiental y en los procedimientos del SGA.
4. Control de aspectos ambientales significativos:
 - Definir objetivos ambientales
 - Implementar un sistema de monitoreo para la gestión de residuos y la calidad ambiental.
5. Documentación del SGA:
 - Crear procedimientos documentados para la gestión de residuos, el transporte de equipos y el mantenimiento de sistemas.
6. Auditorías internas:
 - Realizar auditorías periódicas para evaluar el cumplimiento del SGA y la efectividad de las medidas implementadas.
7. Revisión por la dirección:

- Revisar el desempeño ambiental y establecer objetivos de mejora continua.

Una vez establecidas las etapas del plan de implementación, se realiza el análisis de los posibles impactos del proyecto, considerando cada aspecto, a fin de determinar su relevancia y alcanzar la mejora continua del desempeño ambiental en base al cumplimiento de la legislación aplicable. Para esto se utiliza una matriz de aspectos e impactos ambientales y se identifican y evalúan los más significativos. Los criterios de evaluación incluyen:

- **Magnitud:** Grado de impacto ambiental.
- **Frecuencia:** Frecuencia con la que ocurre el aspecto.
- **Cumplimiento legal:** Si el aspecto está regulado por normativas.
- **Significancia:** Se considera significativo si el puntaje total de la correlación entre la magnitud y la frecuencia supera un umbral definido.

Posteriormente se definen los objetivos y metas ambientales específicos del servicio de electrificación con SFV, y se elaboran los planes de acción correspondientes.

A continuación, se proponen los siguientes indicadores, con el objetivo de realizar el monitoreo y seguimiento del cumplimiento de los objetivos ambientales propuestos:

- Porcentaje de residuos recuperados del sistema obsoleto.
- Cantidad de desechos procesados
- Reducción de emisiones de GEI

La implementación de la norma ISO 14001, bajo el contexto proporcionado, implica un enfoque sistemático y proactivo hacia la gestión ambiental. El plan de implementación

demuestra un compromiso con la mejora continua, el cumplimiento legal y aporta al alcance de objetivos de sostenibilidad de las EED.

3.2.2. Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales

En la Tabla 14 se resumen los principales aspectos relacionados al servicio mediante SFV aislados y los impactos ambientales bajo un triple criterio para priorizar acciones, donde el umbral de la significancia se ha definido como mayor o igual a 11.

Tabla 14

Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Magnitud	Frecuencia	Cumplimiento Legal	Significancia Total	Significativo (Sí/No)
Generación de residuos fotovoltaicos	Contaminación del suelo y agua	5	4	5	14	Sí
Uso de energía en la instalación	Emisiones indirectas de CO ₂	3	4	3	10	No
Transporte de equipos a zonas rurales	Emisiones de gases contaminantes	4	3	4	11	Sí
Mantenimiento de los SFV aislados	Generación de residuos peligrosos	4	4	5	13	Sí
Disposición final de equipos obsoletos	Contaminación por metales pesados	5	4	5	14	Sí

Fuente: Autores (2025).

3.2.3. Análisis de Resultados

De acuerdo con la evaluación realizada a partir de la Tabla 14, los aspectos significativos son los siguientes:

- Generación de residuos fotovoltaicos.
- Transporte de equipos a zonas rurales.
- Mantenimiento de los SFV aislados.
- Disposición final de equipos obsoletos.

A fin de abordar los aspectos indicados, se proponen las siguientes acciones prioritarias:

- Implementar un plan de gestión de residuos basado en economía circular.
- Optimizar la logística de transporte para reducir emisiones.
- Establecer protocolos para el manejo seguro de residuos y desechos peligrosos.

3.2.4. Requisitos Legales

En la Tabla 15 se enlista, de forma general, la normativa ambiental aplicable a las actividades de las EED y en particular al servicio de electrificación mediante SFV aislados.

Tabla 15

Requisitos Legales

Normativa	Descripción
Código Orgánico del Ambiente	Establece los principios para la gestión de residuos y desechos, definiendo responsabilidades y protegiendo el ambiente.
Reglamento al Código Orgánico del Ambiente	Detalla los procesos y requerimientos para la correcta gestión de los residuos y desechos.
Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva	Impulsa un cambio hacia un modelo donde los residuos se reutilizan, reduciendo la generación de desechos.

Normativa	Descripción
Acuerdo Ministerial 061 – Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria	Actualiza las normas de gestión de desechos, adaptándolas a nuevas tecnologías y prácticas sostenibles.

Fuente: Autores (2025).

3.2.5. Objetivos y Metas Ambientales

Objetivo 1:

Reincorporar el 90% de los elementos considerados recuperables de los residuos generados a un proceso de economía circular en los próximos 5 años, a fin de minimizar la cantidad de desechos y residuos generados actualmente y que no reciben una gestión ambiental adecuada.

Objetivo 2:

Garantizar una gestión adecuada del 100% de los desechos y residuos no recuperables provenientes de los equipos fotovoltaicos que cumplan su vida útil y/o sean retirados de servicio durante los próximos tres años, a través de Gestores Ambientales calificados, de acuerdo con el procedimiento interno a ser establecido.

Objetivo 3:

Reducir las emisiones de GEI generadas por el servicio de electrificación mediante SFV aislados en un 4% en los próximos 10 años, teniendo como línea base el 2025, en función de las políticas de sostenibilidad a implementarse en las EED.

3.2.6. Plan de Acción para la Implementación del SGA

A continuación, en la Tabla 16 se describen los objetivos, acciones y responsables para la ejecución del Plan de Acción propuesto.

Tabla 16

Plan de acción para la implementación del SGA del Plan de Electrificación Rural con SFV aislados

Objetivo	Acción	Responsable	Recursos	Plazo
1	Servicio de consultoría para el análisis del potencial de aprovechamiento de residuos, incluyendo diagnóstico y propuesta de implementación de modelos de economía circular.	Planificación Estratégica (PE) GSIARC	Presupuesto de inversión año 2027	12 meses
	Desarrollar alianzas con nuevos socios estratégicos para implementar el modelo de economía circular (generadores de las nuevas cadenas de valor).	GG	Autofinanciamiento	4 meses
	Suscripción de convenios con los socios estratégicos públicos o privados	Departamento Jurídico (DJ)	Autofinanciamiento	6 meses
2	Diseño y aprobación de procedimiento interno para la gestión de desechos y residuos generados por los SFV.	PE GSIARC	Autofinanciamiento	3 meses
	Capacitación al personal sobre el nuevo procedimiento interno	GSIARC	Autofinanciamiento	3 meses
	Revisión y actualización del alcance de los contratos con Gestores Ambientales	GSIARC DJ GTI	Autofinanciamiento	1 mes
3	Levantamiento de línea base de emisiones de GEI – 2025	GSIARC	Autofinanciamiento	9 meses
	Implementación de módulo especializado	GTI GSIARC	Presupuesto de inversión año 2026	12 meses

Nota sobre los derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Objetivo	Acción	Responsable	Recursos	Plazo
	para la sistematización de datos			
	Cuantificación anual de las emisiones de GEI	GSIARC	Autofinanciamiento	9 meses
	Informe de cuantificación y plan de acción	GSIARC GTI	Autofinanciamiento	3 meses

Fuente: Autores (2025).

3.2.7. Sistema de Evaluación y Seguimiento

Para realizar la evaluación y seguimiento del Objetivo 1: *Reincorporar el 90% de los elementos considerados recuperables de los residuos generados a un proceso de economía circular en los próximos 5 años, a fin de minimizar la cantidad de desechos y residuos generados actualmente y que no reciben una gestión ambiental adecuada*, se propone el uso del siguiente KPI: **porcentaje de residuos recuperados del sistema obsoleto**. Este indicador permitirá medir la proporción de residuos que se logran extraer y aprovechar de los SFV que se consideran obsoletos. En otras palabras, evalúa la eficiencia con la que se rescatan materiales que antes se consideraban inservibles.

Para realizar la evaluación y seguimiento del Objetivo 2: *Garantizar una gestión adecuada del 100% de los desechos y residuos no recuperables provenientes de los equipos fotovoltaicos que cumplan su vida útil y/o sean retirados de servicio durante los próximos tres años, a través de Gestores Ambientales calificados, de acuerdo al procedimiento interno a ser establecido*, se propone el siguiente KPI: **cantidad de desechos procesados**, el cual permite medir la cantidad de desechos especiales y peligrosos que se disponen a través de un Gestor Ambiental calificado por la autoridad ambiental.

Para realizar la evaluación y seguimiento del Objetivo 3: *Reducir las emisiones de GEI generadas por el servicio de electrificación mediante SFV aislados en un 4% en los próximos 10 años, teniendo como línea base el 2025, en función de las políticas de sostenibilidad a implementarse en las EED*, se propone el siguiente KPI: **reducción de emisiones de GEI**, el cual compara la cantidad de emisiones de GEI que se producen durante los años posteriores en comparación a las cantidades medidas en el año base.

3.2.8. Conclusiones del Plan de Implementación del SGA

Las principales **conclusiones** del Plan de Implementación del SGA se detallan a continuación:

- Se propone realizar un análisis exhaustivo de los impactos ambientales asociados al proyecto de electrificación rural con SFV aislados.
- Se implementa una metodología estructurada (matriz de aspectos e impactos) para ponderar los impactos ambientales, considerando criterios como: magnitud, frecuencia y cumplimiento legal.
- El plan de implementación tiene un fuerte enfoque en la mejora continua del desempeño ambiental, alineándose con los principios de la norma ISO 14001.
- Se definen objetivos y metas ambientales específicos, con los correspondientes planes de acción, para asegurar la implementación efectiva del SGA.

- Se proponen indicadores específicos para monitorear y dar seguimiento al cumplimiento de los objetivos ambientales.
- El plan de implementación toma en cuenta tanto los factores internos como externos que influyen en el proyecto.

3.3.Diagnóstico del Sistema Integrado de Gestión (SIG) en las EED

3.3.1. Análisis del Contexto y Alcance del SIG en las EED

Los esfuerzos de las EED apuntan a la implementación SIG, los cuales buscan alinearse con diversos estándares normativos internacionales. Entre ellos, destacan el Sistema de Gestión de la Calidad (ISO 9001), la Gestión Ambiental (ISO 14001), Eficiencia Energética (ISO 50001) y la Seguridad y Salud en el Trabajo (ISO 45001).

El alcance del SIG busca estar alineado con la prestación de servicios de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica y se extiende a la Gestión de Eficiencia Energética.

Dentro del alcance del SIG se incluyen los siguientes aspectos:

- La planificación y ejecución de proyectos de energía renovable, que implican la integración de proyectos de ingeniería y construcción.
- La gestión operativa de la prestación del servicio, con énfasis en la calidad, la mejora continua y la responsabilidad social.
- Cumplimiento de normativas nacionales e internacionales para la atención en las áreas de concesión de las EED.

Las EED cuentan con procedimientos e instructivos que definen responsabilidades, diagramas de flujo, mecanismos de control y las matrices de caracterización de procesos.

3.3.1.1. Alineación con UNE 66177:2005

La UNE 66177:2005 establece pautas para la integración efectiva de diversos sistemas de gestión, la adopción de un enfoque basado en procesos y riesgos, la mejora continua y el compromiso de la alta dirección (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2005).

Para alcanzar una integración completa de los SIG se requiere reforzar los siguientes aspectos:

- Actualización y simplificación de procedimientos de los distintos sistemas, eliminando redundancias y facilitando la trazabilidad de la información.
- Mayor sistematización en el monitoreo de indicadores cruzados para detectar oportunidades de mejora en todas las áreas integradas del SIG.
- Incremento en la ejecución de programas de capacitación sobre la integración de sistemas e identificación de riesgos y oportunidades.

En la Tabla 17 se identifican de forma general las fortalezas y debilidades que presentan los SIG de las EED en relación con los estándares de la norma UNE 66177:2005.

Tabla 17

Diagnóstico de los SIG y su Alineación con UNE 66177:2005

Elemento de análisis	Fortalezas	Debilidades
Integración y Gestión Documental	Los diferentes sistemas de gestión buscan un enfoque integral, por lo que el alcance del SIG debe evidenciar la intención de unificar los procesos operativos y estratégicos.	La ausencia de procesos en la gestión de proyectos y la necesidad de actualizar manuales internos, dificultan integración de los elementos del sistema.
Enfoque Basado en Procesos y Mejora Continua	Los procedimientos alineados a la normativa favorecen la identificación de indicadores y riesgos.	La existencia de procedimientos no alineados con las directrices de la UNE 66177:2005.
Gestión de Riesgos e Indicadores de Desempeño	La implementación de un SIG que contempla el análisis de riesgos y oportunidades, sería fundamental para la toma de decisiones proactivas y el impacto en la calidad del servicio.	La ausencia de revisión de indicadores impide la identificación de oportunidades de mejora.
Participación de la Alta Dirección y Enfoque en Partes Interesadas	El compromiso de la Alta Dirección garantizaría la implementación de un SIG.	Sin el compromiso de la Alta Dirección, no se realizaría la actualización de los distintos manuales y procedimientos.

Fuente: Autores (2025).

3.3.2. Apoyo y Compromiso de la Alta Dirección

Del análisis realizado en los puntos anteriores de este documento, se evidencia que el compromiso de la Alta Dirección de las EED, para la implementación y mantenimiento de un SIG sólido, requiere fortalecerse, a fin de implementar certificaciones en base a normativas internacionales.

Visión estratégica. la Alta Dirección debería establecer una visión estratégica que incluya la incorporación de normas ISO.

Certificaciones y cumplimiento. La EED propenden a certificarse con las normas Gestión de la Calidad (ISO 9001), la Gestión Ambiental (ISO 14001), Eficiencia Energética (ISO 50001) y la Seguridad y Salud en el Trabajo (ISO 45001).

Recursos y procesos. Las EED pueden invertir recursos en la implementación de sistemas de gestión y formación de profesionales para el cumplimiento de los requisitos establecidos y la ejecución de auditorías internas de las normas a certificarse, lo que permitiría la obtención de certificaciones y el establecimiento de procesos alineados con las normas ISO.

3.3.3. Definición del Alcance y los Objetivos para la Integración

3.3.3.1. Alcance del SIG

3.3.3.1.1. Ámbito de Aplicación

El SIG de las EED abarca las actividades de distribución y comercialización del servicio público de energía eléctrica en su área de concesión.

3.3.3.1.2. Cobertura Geográfica

El SIG cubre el área de concesión de las EED, que incluye a todas las provincias del Ecuador.

3.3.3.1.3. Exclusiones

- **ISO 9001: Requisito 8.3 (Diseño y desarrollo de productos y servicios):** No aplica, dado que los requisitos del servicio público de energía eléctrica están definidos por la normativa del sector eléctrico vigente.

3.3.3.1.4. Partes Interesadas del SIG

El SIG considera las necesidades y expectativas de las partes interesadas internas y externas, como:

- **Externas:** Presidencia de la República, Ministerio de Energía y Minas, Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), clientes, proveedores y contratistas.
- **Internas:** Directivos y gerentes, empleados y trabajadores, propietarios y accionistas, además de otras áreas operativas.

3.3.3.2. Objetivos para la Integración del SIG

La UNE 66177:2005 establece pautas para la integración efectiva de diversos sistemas de gestión, la adopción de un enfoque basado en procesos y riesgos, la mejora continua y el compromiso de la alta dirección. (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2005).

En ese sentido, a continuación, se describen algunos de los objetivos para la integración del SIG:

- Unificar los sistemas de gestión existentes en un solo modelo integral.
- Implementar la mejora continua enfocada en los procesos administrativos y operativos.
- Reducir y mitigar los impactos ambientales.
- Garantizar la satisfacción del cliente.

- Fortalecer la seguridad y salud ocupacional.
- Capacitar continuamente al personal en el SIG.

3.3.3.2.1. Objetivos Estratégicos

Los objetivos estratégicos para la integración del SIG de las EED son:

1. Incrementar la eficiencia operativa:

- a. Optimizar los procesos de distribución, comercialización y eficiencia energética.
- b. Reducir la duplicidad de funciones y mejorar la coordinación entre los sistemas de gestión.

2. Garantizar la sostenibilidad ambiental:

- a. Implementar estrategias de economía circular para la gestión de residuos y desechos.
- b. Incrementar el uso de energías renovables y la eficiencia energética en las operaciones.

3. Fortalecer la seguridad y salud en el trabajo:

- a. Reducir los índices de accidentes laborales y enfermedades ocupacionales.
- b. Garantizar ambientes laborales seguros y saludables para el personal.

4. Promover la ética y la transparencia:

- a. Prevenir y combatir actos de soborno mediante la implementación efectiva del Sistema de Gestión Antisoborno (ISO 37001).
- b. Fomentar una cultura organizacional basada en valores éticos.

5. Mejorar la satisfacción de las partes interesadas:

- a. Incrementar la calidad del servicio público de energía eléctrica.
- b. Garantizar la atención oportuna a los requerimientos de los clientes.

3.3.3.2.2. Objetivos Específicos

Una vez implementado el SIG en las EED, los objetivos específicos para su integración serían:

1. Integración documental:

- a. Unificar los procedimientos, instructivos y registros de los sistemas de gestión en una estructura documental común.
- b. Socializar la documentación integrada con todo el personal en cada EED.

2. Gestión de riesgos y oportunidades:

- a. Desarrollar una matriz integrada de riesgos y oportunidades que abarque los sistemas de gestión.
- b. Implementar controles operacionales para mitigar riesgos significativos.

3. Auditorías internas integradas:

- a. Realizar auditorías internas que evalúen el desempeño de todos los sistemas de gestión de manera conjunta.

4. Capacitación y sensibilización:

- a. Capacitar al personal en la integración de los sistemas de gestión y en los beneficios de un enfoque unificado.
- b. Promover la participación de los empleados en la mejora continua del SIG.

5. Indicadores de desempeño:

- a. Establecer indicadores clave de desempeño para medir la eficacia y eficiencia del SIG.

- b. Monitorear el cumplimiento de los objetivos estratégicos y específicos.

3.3.4. Desarrollo de un Plan de Trabajo

En la Tabla 18 se detalla las acciones, indicadores, recursos y responsables de la ejecución del Plan de Trabajo para la implementación del SIG.

Tabla 18*Plan de Trabajo para la Integración del Sistema de Gestión de las EED*

Acción	Descripción	Relevancia	Indicador	Recursos	Responsable	Plazo
Desarrollar una política integrada del SIG	Crear una política que combine los principios de calidad, seguridad, ética y sostenibilidad.	Proporciona una visión unificada para todos los sistemas de gestión.	Política aprobada y difundida a todo el personal.	Requiere la participación de la Alta Dirección y el equipo del SIG.	PE	2 meses
Implementar un plan estratégico integrado	Diseñar un plan que contemple objetivos, riesgos y oportunidades de todos los sistemas de gestión.	Alinea los objetivos del SIG con el Plan Estratégico Institucional.	Plan estratégico documentado y aprobado.	Se puede desarrollar con el equipo de planificación y gerencias involucradas	PE	2 meses
Crear una matriz de riesgos y oportunidades integrada.	Consolidar los riesgos y oportunidades de calidad, seguridad, ética y sostenibilidad.	Mejora la gestión de riesgos y oportunidades de manera holística.	Matriz integrada aprobada y utilizada en la gestión.	Requiere la colaboración de los responsables de cada sistema.	PE	2 meses
Unificar la estructura documental del SIG	Integrar procedimientos, instructivos y registros en un sistema documental común.	Reduce redundancias y mejora la eficiencia operativa.	Sistema documental unificado y accesible.	Herramientas tecnológicas existentes en las EED.	PE	6 meses
Establecer indicadores clave de desempeño integrados	Definir KPIs que midan la eficacia y eficiencia del SIG en su conjunto.	Permite evaluar el desempeño global del SIG.	KPIs definidos y monitoreados periódicamente.	Requiere la colaboración de las áreas de planificación.	PE	2 meses
Establecer un proceso de mejora continua integrado	Implementar el ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) en todos los sistemas.	Garantiza la sostenibilidad y evolución del SIG.	Acciones de mejora documentadas y ejecutadas.	Requiere la participación de los responsables de cada sistema de gestión.	PE	3 meses

Fuente: Autores (2025).

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

3.3.5. Definición del Contexto de la Organización

En la Tabla 19 se identifican los principales retos internos de las EED.

Tabla 19

Cuestiones Internas

Cuestiones internas
1. Posible politización
2. Burocratización de los procesos
3. Capacitación en nuevas tecnologías a un mayor contingente humano
4. Procesos de contratación
5. Cooperación e integración entre las diferentes áreas y procesos
6. Plan de carrera y escalafón profesional
7. Incertidumbre laboral
8. Motivación y compromiso del personal por ausencia de reconocimientos e incentivos
9. Normas de gestión institucional no actualizadas o inexistentes
10. Planificación integral
11. Rotación de personal con conocimiento del giro del negocio
12. Integración de la gestión de proyectos
13. Tiempo de atención de requerimientos de la ciudadanía
14. Actualización de sistemas informáticos

Fuente: Autores (2025).

De forma complementaria, en la Tabla 20 se identifican los principales retos externos de las EED.

Tabla 20

Cuestiones Externas

Cuestiones externas
1. Falta de crecimiento ordenado de asentamientos humanos
2. Riesgo por emergencia sanitaria mundial.
3. Economía local, regional y global debilitada
4. Riesgo por fenómenos naturales (terremotos)
5. Falta de inversión pública y privada por la inestabilidad económica, política y jurídica
6. Cambios en la normativa de contratación pública
7. Injerencia política en la estructura institucional
8. Definición de políticas públicas que afecten los niveles de recaudación por venta de energía eléctrica

Fuente: Autores (2025).

3.3.6. Establecimiento de Políticas, Objetivos y Compromisos

Las EED buscan mantener y mejorar sus SIG y dar respuesta a las necesidades organizacionales. Con este fin y para fortalecer la eficacia del SIG, se establece el objetivo de incrementar el control y seguimiento de sus procesos, medidos a través del Índice de Eficacia de Control y Seguimiento (calculado como acciones correctivas, riesgos y oportunidades ejecutadas sobre el total declarado). Paralelamente, busca fomentar la eficiencia operativa mediante el asesoramiento y seguimiento en la actualización documental interna, monitoreando la creación y actualización de documentos requeridos por las áreas, cuyo cumplimiento se evalúa mediante el porcentaje de solicitudes atendidas sobre el total recibido.

3.3.7. Elaboración de los Documentos Necesarios

A continuación, se listan los documentos necesarios para la generación de formatos que conforman el SIG:

- Matriz de Caracterización: Registro de los factores internos y externos y establecimiento de los recursos e indicadores del Proceso.
- Procedimiento: Documento donde se detalla el método para ejecución de una tarea específica.
- Instructivo: Guía complementaria a la información incluida en el Procedimiento.
- Solicitud de Acción Correctiva: Documento para informe, análisis, corrección y cierre de no conformidades identificadas en auditorías internas.

3.3.8. Diseño e Implementación de Controles Operativos y Protocolos de Seguimiento

Como parte de la mejora continua, las EED pueden establecer indicadores de gestión, que permiten evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos (Tabla 21).

Tabla 21

Matriz de seguimiento indicadores estratégicos

Área responsable	Objetivo estratégico	Indicador clave (kpi)	Fórmula / unidad	Meta anual
Área de Operaciones	Incrementar la eficiencia operativa	Eficiencia operativa (%)	$(\text{Energía entregada} / \text{Energía comprada}) \times 100$	$\geq 95\%$
Área Ambiental	Garantizar la sostenibilidad ambiental	% de residuos gestionados adecuadamente	$(\text{Residuos gestionados} / \text{Residuos generados}) \times 100$	100%
Área Ambiental	Reducir emisiones de GEI	Toneladas de CO ₂ evitadas	tCO ₂ /año	a+4% anual
Área de Seguridad y Salud Ocupacional	Fortalecer la seguridad y salud en el trabajo	Tasa de accidentes laborales	$(\text{N}^\circ \text{ accidentes} / \text{N}^\circ \text{ empleados}) \times 1000$	0
Área de Atención al Cliente	Mejorar la satisfacción de los usuarios	Índice de satisfacción del cliente	Encuesta (escala 1-5)	$\geq 4,5$
Auditoría Interna	Promover la ética y la transparencia	Nº de incidentes reportados de soborno	Casos/año	0
Área de Calidad	Optimizar la gestión documental integrada	% de procedimientos actualizados	$(\text{Procedimientos actualizados} / \text{Total procedimientos}) \times 100$	100%

Fuente: Autores (2025).

3.3.9. Diseño e Implementación de Planes de Respuesta a Emergencias

Dentro del SIG, las EED pueden establecer Planes de Emergencia que detallan las acciones a seguir antes, durante y después de una situación de emergencia en todas sus instalaciones. Estos planes garantizarían una respuesta inmediata del personal involucrado cuando se alteran las condiciones normales de funcionamiento, con el objetivo de proteger al personal de la institución, a los usuarios, así como la infraestructura y los bienes materiales.

3.3.10. Establecimiento de Sugerencias de Capacitación y Formación

El programa de capacitación es un componente clave para garantizar la implementación efectiva del SIG y la mejora continua. En la Tabla 22 se describen las sugerencias en temas de capacitación para las EED.

Tabla 22

Sugerencias de capacitación

Nivel	Tema	Duración	Método	Frecuencia
Alta Dirección	Liderazgo en sistemas integrados	8 horas	Taller ejecutivo	Anual
Gerentes	Gestión de riesgos y mejora continua	16 horas	Curso práctico	Anual
Personal técnico	Procedimientos operativos seguros	12 horas	Simulacros	Semestral
Personal administrativo	Gestión documental y ética	8 horas	Curso en línea	Anual
Comunidad y/o clientes	Uso eficiente de energía y sostenibilidad	2 horas	Taller comunitario	Según necesidad

Fuente: Autores (2025).

3.3.11. Comunicación a Todas las Partes Interesadas

Se sugiere una estrategia de comunicación multicanal en dos niveles:

Comunicación Formal.

- Correo electrónico y comunicaciones oficiales para detallar la política, los cambios y cronogramas de implementación. Estos mensajes deben ser claros, concisos y accesibles, con la posibilidad de adjuntar documentos explicativos o enlaces a recursos adicionales como procedimientos, instructivos, matrices de caracterización, matrices de riesgos y oportunidades, entre otros.
- Circulares para información clave que requiera atención inmediata, las circulares pueden ser efectivas, especialmente para cambios que afecten directamente a los procesos operativos.

Comunicación Informal y Participativa.

- Grupos de mensajería instantánea específicos para cada área o departamento, facilitando la comunicación rápida y la resolución de dudas.
- Espacios de Socialización para organizar reuniones informativas, talleres y sesiones de preguntas y respuestas para fomentar la participación y el diálogo. Estos espacios permiten aclarar dudas, recoger opiniones y generar un sentido de pertenencia en el proceso de cambio.

3.3.12. Definición de un Programa de Auditorías y Comprobar la Mejora Continua

En base al análisis realizado, se recomienda lo siguiente:

- **Actualizar y Unificar Documentación:**
 - a. Revisar y consolidar los manuales para eliminar redundancias y fortalecer la integración.
 - b. Establecer un repositorio único de gestión documental para facilitar el acceso y la actualización de la información.
- **Fortalecer la Gestión de Procesos y Riesgos:**
 - a. Implementar una metodología de gestión de procesos que permita la integración de indicadores cruzados.
 - b. Optimizar la sistematización en el análisis de riesgos y oportunidades, vinculándolos de manera explícita a los objetivos estratégicos del SIG.
- **Incrementar la Participación de la Alta Dirección:**
 - a. Definir reuniones periódicas de revisión del SIG con participación de la Alta Dirección.
 - b. Establecer mecanismos formales de comunicación entre la dirección y los equipos operativos para asegurar la retroalimentación constante.
- **Capacitación y Sensibilización del Personal:**
 - a. Diseñar programas de capacitación orientados a la cultura integradora de los sistemas de gestión.



- b. Realizar seminarios o talleres que fortalezcan el sentido de pertenencia y compromiso con las políticas integradas de la organización.
- **Monitoreo y Auditorías Integradas:**
 - a. Vincular los resultados de las auditorías con planes de acción específicos y medibles que impulsen la mejora continua.

CAPÍTULO 4

4. Impacto Ambiental, Sostenibilidad de las EED y perspectiva de caso: Análisis de Ciclo de Vida de los Sistemas Fotovoltaicos.

A partir del análisis de sostenibilidad realizado, se identifican varias oportunidades de mejora que permitirán consolidar su desempeño económico, social, ambiental y de gobernanza. Las siguientes estrategias, descritas en la Tabla 23, están alineadas con los principios de desarrollo sostenible y buenas prácticas corporativas.

Tabla 23

Propuesta de Estrategias de Mejora

Estrategia	Descripción
Fortalecer la economía circular en la gestión de activos y desechos	Implementar un Plan Integral de Gestión de desechos, este plan deberá cumplir con la normativa ambiental nacional vigente, conforme lo indicado por la autoridad ambiental e incorporar principios de economía circular para maximizar la recuperación de materiales.
Institucionalizar el mantenimiento preventivo de infraestructura y equipos	Desarrollar un plan transversal de mantenimiento preventivo para redes, transformadores, SFV y alumbrado público, que permita reducir pérdidas eléctricas, aumentar la eficiencia energética y extender la vida útil de los activos.
Fortalecimiento de la participación comunitaria	Desarrollar un programa de capacitación para usuarios. Además, establecer canales de comunicación directa con las comunidades beneficiadas, mediante encuentros periódicos y encuestas de satisfacción, fortaleciendo así la participación y apropiación del servicio por parte de la ciudadanía.
Potenciar la formación y participación del talento humano	Implementar programas continuos de capacitación técnica y ética para el personal, fortaleciendo la cultura organizacional, la innovación y el cumplimiento de normas como ISO 50001, 14001, 45001 y 9001.
Mejorar la interacción con las comunidades y partes interesadas	Diseñar e implementar una estrategia de comunicación y participación comunitaria, que refuerce la confianza de las EED como actores clave en el desarrollo territorial, especialmente en contextos rurales y de difícil acceso.
Implementación de sistemas de gestión ambiental	Una estrategia clave es fortalecer la gestión mediante la norma ISO 14001 para mantener un sistema de gestión ambiental a fin de controlar y reducir los impactos ambientales de sus operaciones.

Fuente: Autores (2025).

4.1. Análisis Referencial de Impactos Ambientales de Empresas Eléctricas Generadoras

A nivel global, las hidroeléctricas representan aproximadamente el 16% de la generación eléctrica mundial. Sin embargo, la construcción de represas ha desplazado a millones de personas y ha alterado ecosistemas acuáticos (International Hydropower Association [IHA], 2022). Ejemplos incluyen la represa de las Tres Gargantas en China y la represa de Itaipú en Brasil-Paraguay (Andrade Navia & Olaya Amaya, 2021).

Las empresas generadoras de energía, especialmente las hidroeléctricas, tienen impactos ambientales significativos que incluyen la alteración de ecosistemas acuáticos, cambios en el régimen hidrológico, emisiones de GEI como metano (CH₄) por descomposición de materia orgánica en embalses, generación de desechos peligrosos (aceites, lubricantes), y posibles impactos sociales como desplazamiento o afectación a comunidades locales (Sanchez, 2021).

En Ecuador, la generación hidroeléctrica es una fuente importante de energía, pero también ha generado conflictos socioambientales y alteraciones en cuencas hidrográficas, como se ha evidenciado en proyectos como Coca Codo Sinclair (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2024).

4.2. Los Impactos Ambientales de Centrales Hidroeléctricas en el Ecuador

En la Tabla 24 se describen impactos ambientales globales y en Ecuador producidas por empresas generadoras de energía eléctrica.

Tabla 24*Impactos Ambientales de las empresas generadoras*

Impactos Globales	• Alteración de ecosistemas: Fragmentación de ríos, pérdida de biodiversidad acuática. • Emisiones de GEI: CH₄ por descomposición de materia orgánica en embalses (50-100 veces más potente que el CO₂ – IPCC, 2023). • Desplazamiento de comunidades. Ejemplo: Presa de las Tres Gargantas (China) desplazó a 1.4 millones de personas (The Epoch Times, 2006).
Impactos en Ecuador	Central hidroeléctrica Coca Codo Sinclair • Alteración del cauce del Río Coca (1.500 MW) (INAMHI, 2023). • Reducción del 50% del caudal del Río Coca por sedimentación (INAMHI, 2023). • Fallas estructurales: 7.000 fisuras reportadas en 2022 (CELEC, 2023). Central hidroeléctrica Minas – San Francisco • Conflictos sociales: Oposición de comunidades indígenas en Azuay (CONAIE, 2024).

Fuente: Autores (2025).

4.3. Legislación Existente a Nivel Global y en Ecuador

En la Tabla 25 se resume la legislación existente respecto a proyectos de SFV aislados.

Tabla 25*Cuerpo Legal aplicable a Proyectos de SFV aislados*

Legislación	Descripción
Constitución de la República del Ecuador (2008)	• Art. 14: Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano. • Art. 71–74: Reconoce derechos de la naturaleza, obliga a prevenir impactos y restaurar ecosistemas afectados.
Código Orgánico del Ambiente (COA) y su Reglamento (2017)	• Regula el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), los permisos, licencias y auditorías ambientales. • Regula la gestión de desechos peligrosos y especiales. • Define la viabilidad ambiental cuando los proyectos intersecan áreas protegidas.
Acuerdo Ministerial 061	• Establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad

	ambiental.
Acuerdo Ministerial 142	Listado Nacional de sustancias químicas peligrosas.
Acuerdo Ministerial 026	Procedimientos para Registro de generadores de desechos peligrosos, gestión de desechos peligrosos previo al licenciamiento ambiental, y para el transporte de materiales peligrosos.

Fuente: Autores (2025). Modificado de: *Acuerdo Ministerial No. 026* (Ministerio del Ambiente, Gobierno del Ecuador, 2011), el *Acuerdo Ministerial No. 061* (Ministerio del Ambiente, Gobierno del Ecuador, 2015), el *Acuerdo Ministerial No. 142* (Ministerio del Ambiente, Gobierno del Ecuador, 2012), Gobierno del Ecuador, 2015), la *Constitución de la República del Ecuador* (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008), el *Código Orgánico del Ambiente* (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017) y el *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente* (Ministerio del Ambiente, Gobierno del Ecuador, 2019).

4.4. Evaluación de Impactos Ambientales de un SFV

La matriz de identificación de impactos ambientales para los SFV aislados (Figura 6) permite visualizar los impactos positivos y negativos asociados a cada fase del ciclo de vida del sistema: fabricación, transporte e instalación, operación y mantenimiento, y desmantelamiento y disposición final.

Figura 6

Matriz de Identificación de Impactos de los SFV Aislados

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS																	
ACTIVIDADES COMPONENTES			Fase - Fabricación de paneles fotovoltaicos			Fase - Transporte e instalación			Fase - Operación y mantenimiento				Fase - Desmantelamiento y disposición final				
			Extracción de materias primas	Procesamiento de materias primas	Ensamblaje y manufactura	Transporte de paneles y equipos	Instalación de paneles y sistemas	Mantenimiento de vehículos	Generación de energía limpia	Mantenimiento de rutina	Reemplazo de componentes (baterías, inversores)	Almacenamiento temporal de partes y piezas	Retiro de paneles y equipos	Retiro de estructuras	Transporte de paneles, equipos y estructuras	Almacenamiento temporal de los desechos y residuos	Disposición final de los equipos
MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO															
FÍSICO	Aire	Ruido	-	-	-	-								-	-	-	
		Emisiones atmosféricas	-	-		-										-	
	Agua	Calidad de agua superficial	-														
		Descargas líquidas		-						-							
BIÓTICO	Flora	Flora existente	-				-										
	Fauna	Fauna existente	-														
SOCIO ECONOMICO	Aspectos Generales	Salud Pública				-						-					-
		Generación de empleo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		Generación de desechos sólidos	-	-	-		-	-		-	-	-	-	-			-
		Comunidades locales							+								
		Paisaje					-										
	Seguridad Industrial y salud Ocupacional	Salud ocupacional	-	-	-	-		-			-	-		-			-
		Riesgos Laborales	-	-	-	-		-			-		-	-	-		-
		Riesgo de incendios			-							-				-	
IMPACTOS POSITIVOS POR ACTIVIDAD			1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
IMPACTOS NEGATIVOS POR ACTIVIDAD			8	6	5	5	3	3	0	2	3	3	3	4	3	1	4

Fuente: Autores (2025).

4.4.1. Impactos Ambientales Negativos

Del análisis realizado de los impactos ambientales de los SFV aislados, se identifica que la mayor parte de los impactos negativos se concentran en los componentes físico y socioeconómico, especialmente durante la fase de fabricación de paneles, donde se identifican afectaciones al aire (ruido y emisiones atmosféricas), agua (calidad y descargas líquidas), generación de desechos sólidos, y riesgos laborales y de incendios.

En total, se registran 69 impactos negativos a lo largo de todas las actividades, siendo la fabricación y el desmantelamiento las fases con mayor número de impactos adversos. Entre los principales impactos negativos destacan:

- Emisiones atmosféricas y generación de ruido durante la fabricación y transporte.
- Descargas líquidas y afectación a la calidad del agua superficial.
- Generación de desechos sólidos en todas las fases, especialmente en la fabricación y disposición final.
- Riesgos laborales y de salud ocupacional, así como riesgo de incendios, presentes en casi todas las etapas.
- Alteraciones menores a la flora y fauna local, principalmente durante la instalación y desmantelamiento.

4.4.2. Impactos Ambientales Positivos

Se identifican 16 impactos positivos, principalmente asociados a la generación de empleo en todas las fases del ciclo de vida, así como a la contribución al desarrollo de las comunidades locales durante la operación y mantenimiento. La generación de empleo es el

impacto positivo más relevante, ya que se presenta de manera transversal en todas las actividades, promoviendo el desarrollo socioeconómico local.

4.4.3. Análisis Comparativo con el Plan de Manejo Ambiental de las EED

Los PMA de las EED establecen directrices para la gestión ambiental responsable en todas las fases del ciclo de vida de los SFV aislados, abarcando desde la fabricación y transporte, hasta la operación, mantenimiento y disposición final de los equipos. Entre las medidas contempladas se incluyen el manejo adecuado de residuos, la señalización de áreas críticas, la capacitación del personal y la promoción de relaciones comunitarias.

La evaluación de impactos ambientales, basada en la matriz de identificación de impactos, evidencia que los principales impactos negativos se concentran en la fase de fabricación y disposición final, destacando la generación de emisiones atmosféricas, ruido, desechos sólidos y riesgos laborales. Asimismo, se identifican impactos sobre la biodiversidad local, especialmente durante la instalación y el desmantelamiento de los sistemas. Por otro lado, los impactos positivos más relevantes corresponden a la generación de empleo y al fortalecimiento del desarrollo comunitario, presentes en todas las fases del ciclo de vida.

El análisis comparativo entre las medidas propuestas en el PMA y la realidad operativa las EED se resume en la Tabla 26:

Tabla 26*Análisis del PMA de las EED*

Impacto	Medidas PMA	Recomendaciones para mejoras
Emisiones atmosféricas y ruido	Control de emisiones y monitoreo de ruido en fabricación y transporte	Implementar monitoreo sistemático y publicar resultados
Generación de desechos sólidos	Gestión diferenciada y disposición final con gestores autorizados	Concluir adecuación de bodegas y fortalecer auditorías externas
Emisiones atmosféricas y ruido	Control de emisiones y monitoreo de ruido en fabricación y transporte	Implementar monitoreo sistemático y publicar resultados
Generación de desechos sólidos	Gestión diferenciada y disposición final con gestores autorizados	Concluir adecuación de bodegas y fortalecer auditorías externas
Emisiones atmosféricas y ruido	Control de emisiones y monitoreo de ruido en fabricación y transporte	Implementar monitoreo sistemático y publicar resultados

Fuente: Autores (2025).

Se identifican oportunidades de mejora que requieren una mayor divulgación de información y resultados para conocimiento público. Estas incluyen la actualización de la cuantificación de emisiones de GEI, la adopción de tecnologías avanzadas para minimizar impactos hidrológicos y ecológicos, el fortalecimiento de la participación comunitaria, la comunicación de riesgos y la actualización y segregación de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

4.5. Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de los SFV aislados

El ACV es una herramienta que permite evaluar los posibles impactos ambientales asociados a todas las etapas del ciclo de vida de un producto o servicio, desde la extracción y

adquisición de materias primas, pasando por la fabricación, transporte, distribución, uso, reciclado y reutilización hasta su disposición final (Peña et al, 2021).

Asimismo, el ACV facilita la detección de puntos críticos, identificación de oportunidades de mejora a lo largo de la cadena de valor, toma de decisiones informadas y comunicación del desempeño ambiental, contribuyendo a una gestión más sostenible de los recursos (Balboa et al, 2014).

En este contexto, es importante señalar que el ACV puede llevarse a cabo con distintos niveles de alcance y detalle. En la Tabla 27 se presentan los principales tipos de ACV según estas características.

Tabla 27

Tipos de Análisis de Ciclo de Vida

Características	Tipo de ACV	Descripción
Según su alcance	De la cuna a la puerta	Análisis preliminar que comprende la extracción de materias primas hasta la fabricación del producto.
	De la puerta a la puerta	Se centra en los distintos procesos de fabricación del producto.
	De la puerta a la tumba	Análisis desde la fabricación hasta el fin de la vida útil del producto.
	De la cuna a la tumba	Análisis completo que va desde la extracción de materias primas hasta el fin de la vida útil del producto.
Según su nivel de detalle	Conceptual	Análisis cualitativo que busca identificar los impactos potenciales más significativos.
	Simplificado	Análisis selectivo que se centra en las etapas más importantes y determina la fiabilidad de los resultados.
	Completo	Análisis cualitativo y cuantitativo en detalle del inventario y los impactos.

Fuente: Autores (2025). Modificado de: Haya Leiva, 2016.

Además, el ACV se compone de varias fases, como se detalla en la Tabla 28:

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Tabla 28*Fases del Análisis de Ciclo de Vida*

Fase	Descripción
Definición del objetivo y alcance	Establece el propósito del estudio, la unidad funcional, el sistema de producto a analizar, los límites del sistema y el nivel de detalle requerido.
Inventario del ciclo de vida	Recopila y cuantifica las entradas (materiales, energía) y salidas (productos, emisiones, residuos) para cada etapa del ciclo de vida.
Evaluación de los impactos del ciclo de vida	Evalúa los impactos ambientales potenciales asociados a las entradas y salidas identificadas en el inventario, clasificándolos en categorías.
Interpretación	Analiza los resultados de las fases anteriores para extraer conclusiones, identificar limitaciones y formular recomendaciones para la toma de decisiones.

Fuente: Autores (2025). Modificado de: International Organization for Standardization, 2006.

4.5.1. Hallazgos y Resultados de ACV sobre SFV aislados similares a los utilizados por las EED

De acuerdo con la revisión realizada por Romero & Sánchez (2022), donde se recopiló información de 51 ACV de SFV en red, se identificó que:

Emisiones de GEI. Las emisiones de GEI de los SFV varían ampliamente (decenas a cientos de g de CO₂-eq/kWh) debido a factores como la tecnología y la escala del sistema, y el alcance de los ACV. La mayor parte de estas emisiones (80-90%) se atribuyen a la extracción de materiales y la fabricación de los módulos, mientras que el transporte tiene un impacto insignificante. Los SFV de silicio cristalino emiten 89% menos en comparación con otros tipos de generación de energía en el mundo al 2020 (440 g CO₂-eq/kWh).

Uso del Suelo. Los impactos por uso del suelo ocurren principalmente en la fase operativa, pero también en la extracción de materiales y la eliminación de residuos.

Biodiversidad. La pérdida de biodiversidad no se evalúa ampliamente en los ACV de SFV.

Se necesitan más estudios para comprender la relación entre los SFV y este impacto. Los estudios de impacto ambiental (EsIA) son útiles para prever y reducir los impactos en los ecosistemas durante la planificación, pero no siempre son obligatorias para los SFV a escala de servicios públicos.

Toxicidad y Residuos. La fabricación de componentes es la etapa que más contribuye a la liberación de sustancias tóxicas. Se requieren evaluaciones de impacto complementarias para comprender mejor los efectos en la salud humana. Aunque los residuos fotovoltaicos actuales no son un problema grave, se espera que se multipliquen por 300 para el año 2050. Estos residuos, que incluyen materiales peligrosos y no peligrosos, complican la gestión del fin de vida útil. La falta de instalaciones de reciclaje adecuadas resulta en bajas tasas de recuperación y la pérdida de recursos valiosos.

4.5.2. Ejemplos de Casos Reales en el Ecuador y el Mundo

A nivel global:

Investigaciones en países europeos han demostrado que, aunque la fabricación de paneles solares requiere altos consumos de energía y recursos, su uso a lo largo de 30 años aproximadamente genera beneficios ambientales significativos mediante la reducción de emisiones de GEI. En Alemania, se ha implementado un sistema de reciclaje que ha permitido recuperar hasta el 95% de los materiales de los paneles al final de su vida útil, lo cual ilustra el enfoque “de la cuna a la cuna” (PV Cycle, 2022; IEA, 2020).

En Ecuador:

Se han desarrollado varios estudios sobre electrificación rural mediante energías renovables, principalmente desde el ámbito académico. Estos trabajos abordan aspectos técnicos, económicos y de sostenibilidad en proyectos con SFV, pero no se centran específicamente en el ACV.

Por ejemplo, la Universidad de Cuenca propuso un modelo de gestión sostenible para la electrificación rural con energías renovables, enfocado en dimensiones económicas, sociales y ambientales, pero sin incluir un ACV detallado (Quituisaca, 2015). De forma similar, la Universidad Técnica de Cotopaxi realizó un análisis de factibilidad técnica y económica para sistemas solares en zonas rurales, que incluyó simulaciones, pero no una evaluación ambiental del ciclo completo (Ortiz, 2021).

Por su parte, la Universidad Politécnica Salesiana desarrolló un proyecto de implementación de SFV en comunidades rurales como Masa 2, enfocándose en el diseño y operación de los sistemas sin aplicar metodologías de ACV (Ponce et al., 2020).

El único estudio que utiliza la metodología de ACV fue elaborado también por la Universidad de Cuenca, pero aplicado a tecnologías termo-solares de concentración, lo que sugiere una posibilidad de adaptar dicha metodología de los SFV en el futuro (Estrella, 2016).

4.5.3. Alcance y Unidad Funcional

Los límites del sistema para el presente estudio han sido definidos a un ACV tipo “De la cuna a la tumba”, es decir, desde la extracción de materia prima hasta el fin de la vida útil del producto. A su vez y para el desarrollo del estudio, se ha tomado como unidad funcional a un SFV.

4.5.3.1. Fases del ACV

Las fases del ACV del servicio de electrificación, mediante paneles fotovoltaicos, se describen en la Tabla 29, en función de los límites del sistema:

Tabla 29

Fases del Ciclo de Vida del SFV aislado de las EED

Fase	Descripción
Extracción de materias primas	Evalúa la obtención de silicio, vidrio, metales como el cobre y plata, plomo para las baterías, la fabricación de paneles, baterías, inversores y estructuras de soporte y otros componentes. Además, implica la extracción y procesamiento de recursos naturales, lo cual puede generar impactos como la degradación del suelo, generación de desechos y la emisión de contaminantes.
Fabricación y ensamble	Incluye el proceso industrial de transformación y ensamblaje de los componentes en los SFV aislados. Esta fase es intensiva en energía y utiliza productos químicos, generando emisiones indirectas que deben ser consideradas.
Transporte e instalación	Analiza los impactos del traslado de los SFV aislados y su instalación, implica consumo de combustibles y emisiones asociadas. La instalación de sistemas puede requerir adecuaciones menores en el área a ser instalada. Este proceso agrega emisiones, las cuales se pueden optimizar mediante la elección de rutas eficientes y medios de transporte sostenibles.
Operación y mantenimiento	Durante la vida útil de los SFV aislados, se produce la generación de energía limpia que compensa, en gran medida, los impactos iniciales. El mantenimiento incluye la limpieza de paneles y el reemplazo de baterías, que pueden ser una fuente de desechos peligrosos si no se gestionan adecuadamente. Esta fase incluye aspectos relacionados con la operación y el mantenimiento del sistema.
Fin de vida útil y disposición final	Evalúa las opciones de reciclaje y disposición final del SFV aislados, los componentes deben ser reciclados o desechados de manera segura. El reciclaje de los componentes ayuda a minimizar los impactos ambientales y recuperar materiales. Una estrategia “de la cuna a la cuna” se orienta al reciclaje y la reintegración de materiales, lo que permite cerrar el ciclo y reducir la necesidad de extracción de nuevos recursos.

Fuente: Autores (2025). Modificado de: Energía Sostenible (2023) y TECPA (2023).

A continuación, en la Tabla 30, se presenta la sistematización de entradas y salidas por fase para la unidad funcional definida para el estudio:

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Tabla 30

Diagrama de entradas y salidas por etapas

Fase	Entradas	Salidas
Extracción y fabricación de materias primas	Silicio, Aluminio, Vidrio, Plástico, Cobre, Plomo Energía Agua Productos químicos Energía eléctrica	Emisiones CO ₂ y GEI por el uso de la energía de origen fósil Desechos peligrosos. Paneles Baterías Inversores Controladores
Transporte e instalación	Combustible (Diesel/gasolina) Vehículos y herramientas Mano de obra	Emisiones CO ₂ y NO _x Residuos de embalaje Calor
Uso y mantenimiento	Agua y detergente (limpieza) Repuestos Mano de obra Radiación solar	Electricidad generada Residuos de baterías y partes Calor Emisiones mínimas (mantenimiento)
Fin de vida útil y disposición final	Energía Mano de obra Transporte a centros de reciclaje	Materiales reciclables Emisiones de GEI (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) Desechos peligrosos Residuos no reciclables

Fuente: Autores. Modificado de: Fraunhofer (2024) y de Latunussa et al (2016).

Para determinar los valores de inventario de entradas y salidas se tomó como unidad funcional un módulo fotovoltaico bifacial n-Tipo TOPCon SYLVANIA LNVU-580ND (potencia nominal 580 Wp) con 30 años de vida útil (“de la cuna a la tumba”) (Anexo C).

Los valores se ajustaron al tamaño y eficiencia reales del panel (22,45 %; área $\approx$ 2,58 m²) mismos que fueron extraídos de la ficha que se encuentran detallados el Anexo D.

4.5.3.2. Beneficios del ACV para la Gestión Organizacional

La implementación del ACV en la gestión de los SFV aporta múltiples beneficios para las EED:

- Optimización de recursos y costos: al identificar los procesos críticos y las etapas de

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

mayor impacto ambiental, se puede implementar mejoras en la eficiencia de sus recursos y optimizar los costos operativos.

- Mejora en el diseño y desarrollo de proyectos: facilita el ecodiseño de nuevos SFV, permitiendo la integración de tecnologías limpias y la reducción de emisiones en todas las fases del ciclo de vida.
- Ventajas competitivas: el ACV se convierte en una herramienta para obtener ventajas competitivas en un mercado que se orienta a la sostenibilidad y posicionar a las EED como organizaciones transparentes, sostenibles y socialmente responsables.

4.5.3.3. Análisis de Mejoras que se pueden implementar

- Priorizar la compra de SFV aislados fabricados con procesos más limpios y eficientes (uso de energías renovables, menor consumo de agua, emisiones reducidas).
- Establecer criterios de compra basados en ACV para proveedores.
- Adquisición de SFV aislados con tecnología más eficiente y duradera.
- Cambios en el diseño de SFV aislados para facilitar su desmontaje y reciclaje.
- Priorización de la reutilización de los componentes de los SFV aislados al final de su vida útil.
- Establecimiento de alianzas con empresas especializadas en el reciclaje de los componentes de los SFV aislados.

4.5.3.4. Recomendaciones sobre la Metodología del ACV

Para la aplicación del ACV en el contexto del SFV aislados, se recomienda:

- Recopilar datos primarios y secundarios: combinar fuentes internas y externas (informes técnicos, estudios sectoriales, base de datos internacionales) para levantar un inventario que sustente el análisis cuantitativo.
- Integrar el reciclaje y la disposición final en el ciclo de vida: priorizar la economía circular, evaluando la factibilidad técnica y económica de reciclar componentes y disminuir residuos.
- Evaluaciones periódicas y actualizaciones: actualizar de forma regular el ACV para incorporar mejoras y nuevas prácticas de sostenibilidad.
- Incursionar en procesos de investigación, desarrollo e innovación para identificar alternativas que permitan mejorar el funcionamiento general del sistema mediante la implementación de nuevas tecnologías.

CONCLUSIONES Y APLICACIONES

5.1. Conclusiones Generales

El estudio demuestra que la electrificación rural, mediante SFV aislados, es una solución viable y sostenible para comunidades alejadas de la red eléctrica convencional. La integración de criterios de sostenibilidad y economía circular en todas las fases del ciclo de vida del servicio permite maximizar los beneficios sociales y ambientales, reducir impactos negativos y fortalecer la responsabilidad social organizacional. La participación comunitaria y la capacitación son factores clave para el éxito y la sostenibilidad a largo plazo del programa.

5.2. Conclusiones Específicas

5.2.1. Análisis del Cumplimiento de los Objetivos de la Investigación

Se cumplieron los objetivos planteados, logrando un diagnóstico integral del programa, la identificación de oportunidades de mejora y la formulación de estrategias alineadas con los principios de sostenibilidad.

5.2.2. Contribución a la Gestión Empresarial

La propuesta aporta herramientas y lineamientos para la optimización de procesos, la gestión eficiente de residuos y la mejora continua, fortaleciendo la imagen y competitividad de las EED.

5.2.3. Contribución a Nivel Académico

El trabajo enriquece la literatura sobre electrificación rural sostenible y gestión de ciclo de vida de SFV aislados, sirviendo como referencia para futuras investigaciones y proyectos similares.

5.2.4. Contribución a Nivel Personal

La investigación permitió a los autores desarrollar competencias en análisis estratégico, gestión ambiental y responsabilidad social, así como una mayor sensibilidad hacia las necesidades de las comunidades rurales.

5.3. Limitaciones a la Investigación

Entre las principales limitaciones se encuentran la disponibilidad y acceso a información actualizada sobre el ciclo de vida de los equipos, la limitada muestra de beneficiarios para el análisis socioeconómico, y la dificultad para medir impactos a largo plazo debido al reciente desarrollo de algunos componentes del programa. Además, la replicabilidad del modelo puede verse condicionada por factores geográficos, presupuestarios y normativos específicos de cada región.

BIBLIOGRAFÍA

Adeleke, F. (2021, marzo). *Rural electrification in Nigeria, chapter 27.*

https://www.researchgate.net/publication/368960788_Rural_Electrification_in_Nigeria

Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL). (2024). *Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2024* [PDF]. Quito, Ecuador: ARCONEL.

<https://arconel.gob.ec/publicaciones-estadistica-del-sector-electrico-2/>

Andrade Navia, J. M., & Olaya Amaya, A. (2021). IMPACTOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES GENERADOS POR LAS GRANDES HIDROELÉCTRICAS. UNA REVISIÓN. *Interciencia*.

<https://www.redalyc.org/journal/339/33965751003/html/>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial No. 449.

https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf

Asamblea Nacional del Ecuador. (2015). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Registro Oficial Suplemento

418. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2019/03/LEY-DE-ELECRICIDAD.pdf>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Código Orgánico Administrativo*. Registro Oficial Suplemento 31. <https://www.funcionjudicial.gob.ec/pdf/COA.pdf>

Asamblea Nacional del Ecuador. (2019). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética*.

Registro Oficial No. 107. https://www.geoenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/11/25_Reglamento_Ley_Organica_Eficiencia_Energetica.pdf

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2005). *UNE 66177:2005*.

Sistemas de gestión. Guía para la integración de los sistemas de gestión.

AENOR

Bacuilima, J. (2024, 5 de febrero). Centrosur y la implementación de paneles

fotovoltaicos en la Amazonía. *CENTROSUR*.

<https://www.centrosur.gob.ec/centrosur-y-la-implementacion-de-paneles-fotovoltaicos-en-la-amazonia/>

Balboa, C., C.H., & Domínguez Somonte, M. (2014). Circular economy as an ecodesign framework: The ECO III model. *Informador Técnico*, 78(1), 82.

<https://doi.org/10.23850/22565035.71>

CELEC EP. (2023). *Informe técnico: Estado estructural de Coca Codo Sinclair*.

Corporación Eléctrica del Ecuador.

Código Orgánico de la Energía. (2018). Registro Oficial Suplemento 308. Quito:

Asamblea Nacional.

CONAIE. (2024). *Pronunciamiento sobre proyectos hidroeléctricos en Azuay*.

Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador.

Corresponsables. (2014, 11 de enero). *La sostenibilidad en Ecuador ha tenido avances*. <https://www.corresponsables.com/ecu/entrevistas/utpl-sostenibilidad-en-ecuador-avances/>

Cueva Villamarín, A., Troya Villares, B., & Montero Mora, M. (2024). La sostenibilidad empresarial como motor de competitividad económica: El papel estratégico de la comunicación. *Polo del Conocimiento*.
<https://discovery.researcher.life/article/la-sostenibilidad-empresarial-como-motor-de-competitividad-economica-el-papel-estrategico-de-la-comunicacin/c6c981ad12dc3852b778d07d8b217a0f>

El Peruano. (2022, agosto). Aprueban tarifa eléctrica rural para sistemas fotovoltaicos, expresada en cargos fijos equivalentes por energía promedio.
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2090443-1>

Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte S.A. EEASA. (2023, 8 de marzo). EEASA, aporta al desarrollo de la Amazonía ecuatoriana implementando energías renovables. <https://www.eeasa.com.ec/eeasa-aporta-al-desarrollo-de-la-amazonia-ecuatoriana-implementando-energias-renovables/>

Energía Sostenible. (2023). *Análisis del ciclo de vida de los paneles solares*.
<https://energiasostenible.life/analisis-del-ciclo-de-vida-de-los-paneles-solares/>

Estrella, J. (2016). *Análisis del impacto ambiental de tecnologías termosolares usando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV)* (Tesis de grado,

Universidad de Cuenca). Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23205>

Federal Ministry of Power, Works and Housing. (2016, julio). *Rural Electrification*

Strategy and Implementation Plan (RESIP). Rural Electrification Agency;

Clean Tech Hub. [https://cleantechnologyhub.com/wp-](https://cleantechnologyhub.com/wp-content/uploads/2022/07/RURAL-ELECTRIFICATION-STRATEGY-AND-IMPLEMENTATION-PLAN-RESIP.pdf)

[content/uploads/2022/07/RURAL-ELECTRIFICATION-STRATEGY-AND-](https://cleantechnologyhub.com/wp-content/uploads/2022/07/RURAL-ELECTRIFICATION-STRATEGY-AND-IMPLEMENTATION-PLAN-RESIP.pdf)

[IMPLEMENTATION-PLAN-RESIP.pdf](https://cleantechnologyhub.com/wp-content/uploads/2022/07/RURAL-ELECTRIFICATION-STRATEGY-AND-IMPLEMENTATION-PLAN-RESIP.pdf)

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. (2024). *Photovoltaic report*.

[https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-](https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-report.html)

[report.html](https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-report.html)

Haya Leiva, E. (2016). *Análisis de ciclo de vida*. EOI Escuela de Organización

Industrial.

https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/teoria_acv_migma1.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *Censo Ecuador*.

<https://www.censoecuador.gob.ec/resultados-censo/#tabulados>

International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS).

(2020). *Life cycle inventories and life cycle assessments of photovoltaic*

systems (Report IEA-PVPS T12-19:2020). [https://iea-pvps.org/key-topics/life-](https://iea-pvps.org/key-topics/life-cycle-inventories-and-life-cycle-assessments-of-photovoltaic-systems/)

[cycle-inventories-and-life-cycle-assessments-of-photovoltaic-systems/](https://iea-pvps.org/key-topics/life-cycle-inventories-and-life-cycle-assessments-of-photovoltaic-systems/)

International Energy Agency (IEA). (2021). *World energy outlook 2021*.

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>

International Hydropower Association. (2022). *Hydropower status report 2022*.

<https://www.hydropower.org/publications/hydropower-status-report-2022>

International Organization for Standardization. (2006). *ISO 14040:2006 -*

Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework. Ginebra: ISO.

IPCC. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. Grupo Intergubernamental de

Expertos sobre el Cambio Climático. <https://www.ipcc.ch>

Latunussa, C. E. L., Ardente, F., Mathieux, F., & Blengini, G. A. (2016). Life cycle

assessment of an innovative recycling process for crystalline silicon

photovoltaic panels. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 156, 101–111.

<https://doi.org/10.1016/j.solmat.2016.03.020>

Lozano, L. (s.f.). Mapa político administrativo de la provincia de Pichincha [Mapa].

Scribd. <https://es.scribd.com/doc/310063754/Mapa-Politico-Administrativo-Pichincha-Opt>

Ministerio de Energía y Minas de Perú. (2023, junio). *Plan Nacional de*

Electrificación Rural. Dirección General de Electrificación Rural, República

del Perú. [https://www.gob.pe/institucion/dger/informes-](https://www.gob.pe/institucion/dger/informes-publicaciones/5003343-plan-nacional-de-electrificacion-rural-pner)

[publicaciones/5003343-plan-nacional-de-electrificacion-rural-pner](https://www.gob.pe/institucion/dger/informes-publicaciones/5003343-plan-nacional-de-electrificacion-rural-pner)

Ministerio de Energía y Minas. (2024, 11 de diciembre). Boletín de prensa N.º 102:

Sistemas de generación con luz solar para autoabastecimiento aportan más de

60 000 kilovatios de potencia. Ministerio de Energía y Minas.

<https://www.rekursosyenergia.gob.ec/sistemas-de-generacion-con-luz-solar-para-autoabastecimiento-aportan-mas-de-60-000-kilovatios-de-potencia/>

Ministerio de Energía y Minas del Ecuador. (2025, enero). *Más de 2,700 ciudadanos que habitan en zonas rurales aisladas se benefician del servicio eléctrico a través de sistemas fotovoltaicos*. <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/mas-de-2-700-ciudadanos-que-habitan-en-zonas-rurales-aisladas-se-benefician-del-servicio-electrico-a-traves-de-sistemas-fotovoltaicos/>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2011). *Acuerdo ministerial No. 026*.

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/AM-026-Procedimientos-Registro-generadores-desechos-peligrosos.pdf>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2012). *Acuerdo ministerial No. 142*.

<https://sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec/producto/acuerdo-ministerial-no-142-listado-nacional-de-sustancias-quimicas-peligrosas/>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Acuerdo ministerial No. 061*. Gobierno

del Ecuador. <https://www.ecolex.org/es/details/legislation/acuerdo-no-61-reforma-el-libro-vi-de-la-calidad-ambiental-del-texto-unificado-de-la-legislacion-secundaria-del-ministerio-del-ambiente-lex-faoc155124/>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Acuerdo ministerial No. 146*.

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/Acuerdo-Ministerial-No.-146.pdf>

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2019). *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*. <https://sustanciasyresiduos.ambiente.gob.ec/producto/reglamento-al-codigo-organico-del-ambiente/>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2024). *Programa Ecuador Carbono Cero*. <https://www.ambiente.gob.ec/programa-ecuador-carbono-cero/>

Naciones Unidas. (s.f.). *Energía*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Energía asequible y no contaminante (ODS 7)*. Nueva York: ONU.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

Organización Internacional de Normalización. (2015). *ISO 14001:2015, Sistemas de gestión ambiental – Requisitos con orientación para su uso*.
<https://www.iso.org/standard/60857.html>

Ortiz, D. (2021). *Análisis de factibilidad de generación eléctrica con paneles fotovoltaicos en zonas rurales* (Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana). Repositorio Digital UTC.
<https://repositorio.utc.edu.ec/items/c84ba1c9-b0bf-46d4-a7d0-379d2bdbb167>

Peña, C., Civit, B., Gallego-Schmid, A., Druckman, A., Caldeira-Pires, A., Weidema, B., Mieras, E., Wang, F., Fava, J., Milà i Canals, L., Cordella, M., Arbuckle, P., Valdivia, S., Fallaha, S., & Motta, W. (2021). Using life cycle assessment to

achieve a circular economy. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 215–220. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01856-z>

Ponce, J., & Yungan, M. (2020). *Implementación de sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales aisladas del Golfo de Guayaquil* (Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana). Repositorio UPS.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26567>

PV Cycle. (2022). *Annual report 2022*.
https://www.pvcycle.org/web/content/website.annualreport/4/attachedpdf?filename=2022_-_annual_report.pdf

Quituisaca, S. (2015). *Modelo de gestión sostenible para electrificación rural aislada mediante energías renovables aplicación al caso Centrosur* (Tesis de Maestría, Universidad de Cuenca). Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22870>

Rojas Hernández, D., Espinosa Martínez, E. G., & Pelegrín Mesa, A. (2021). *Propuesta de cadena de valor en la fabricación de paneles fotovoltaicos. Escritos Contables y de Administración*, 12(2), 68-98.
<https://doi.org/10.52292/j.eca.2021.2654>

Romero Pereira, M. C., & Sánchez Coria, A. (2022). *Impactos ambientales de sistemas de energía solar fotovoltaica: una revisión de análisis de ciclo de vida y otros estudios. Revista EIA*, 19(38), Reia3825, 1-18.
<https://doi.org/10.24050/reia.v19i38.1570>

Sanchez, H. (2021). *Estudio de los procesos de degradación y transformación del material vegetal en los embalses hidroeléctricos de Agoyán y Pisayambo que generan metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂)*.

<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7cbb24ae-f054-41e7-9557-98db3617d4df/content>

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica*. <https://www.cbd.int/convention/text/>

Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan Nacional de Desarrollo 2021–2025*. Quito: SENPLADES.

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2024). *SitRep No. 70 – Erosión Hídrica Regresiva en el tramo fluvial Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair – río Napo Convenio sobre la diversidad biológica*.

<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/07/SITREP-No-70-Erosion-Hidrica-NapoOrellana-03072024.pdf>

Sylvania by Luxen. (2024, agosto). *Ficha técnica: Panel solar 580W TC Luxen bifacial (Referencia P40353)*. <https://sylvania.com.ec/wp-content/uploads/2025/01/P40353-Panel-Solar-SYLVANIA-580W.pdf>

SotySolar. (2024). *¿Cómo es el esquema de una instalación fotovoltaica aislada?* <https://sotysolar.es/blog/esquema-instalacion-fotovoltaica-aislada>

TECPA. (2023). *¿Qué es el análisis de ciclo de vida (ACV)?*.

<https://www.tecpa.es/que-es-el-analisis-de-ciclo-de-vida-acv/>

The Epoch Times. (2006, 13 de octubre). *Three Gorges Dam project displaces 1.4 million people*. <https://www.theepochtimes.com/article/three-gorges-dam-project-displaces-1-4-million-people-1731518>

Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., & Weidema, B. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): Overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), 1218–1230. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>

ANEXOS

Anexo A

Disponibilidad del servicio de energía eléctrica por hogares en Ecuador

Provincia y disponibilidad de energía distinta a la red pública	Número total de viviendas particulares ocupadas	Energía eléctrica proveniente de la red pública	
		Si	No
Total Rural	1.824.036	1.730.867	93.169
Planta eléctrica (generador de luz)	62.179	56.626	5.553
Energía solar (panel fotovoltaico)	6.118	3.538	2.580
Energía eólica (a partir del viento)	173	152	21
Otra fuente (desechos vegetales y animales)	1.685	707	978
No dispone	1.753.881	1.669.844	84.037

Fuente: Autores. Modificado de INEC, 2022.

Anexo B

Ficha socioeconómica de beneficiarios de los SFV

FICHA SOCIOECONOMICA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (EJEMPLO)				
JEFES O JEFAS DE FAMILIA				
Fecha de solicitud en el sistema:				
Fecha entrevista:				
Fecha instalación SFV:				
Nombres completos:				
Ocupación:				
Teléfono:				
Parroquia:				
Sector/Barrio:				
Grupos de atención prioritaria				
¿Cuántas personas viven en su vivienda?				
Número de adultos mayores que viven en la vivienda:				
Número de mujeres embarazadas que viven en su vivienda:				
Número de niños y/o jóvenes en edad escolar (3-18 años) que viven en su vivienda. Indicar las edades				
Número de personas con discapacidad (carnet del CONADIS)				
Número de personas con enfermedades catastróficas que viven en su vivienda:				
Cuenta con servicios básicos en su vivienda, ¿Cuáles?				
Evaluación de Impacto del SFV				
Cómo mejoró su calidad de vida con la instalación del SFV				
Equipos eléctricos con los que cuenta				
Observaciones:				

Fuente: Autores (2025).

Anexo C

Inventario de entradas y salidas

Fase	Flujo	Entrada (+) / Salida (-)	Magnitud por panel	Unidad
A. Producción (cuna → puerta)	Vidrio templado bajo Fe (frontal + posterior)	+	25,8	kg
	Aluminio 6063 (marco)	+	2,5	kg
	Silicio cristalino n-tipo (oblea + célula)	+	2,7	kg
	Plata en serigrafía	+	0,0035	kg
	Cobre (ribbons, caja de paso, cables)	+	0,40	kg
	Encapsulante POE/EVA	+	2,0	kg
	Polímeros y adhesivos diversos	+	0,35	kg
	Electricidad red mundial	+	$9,1 \times 10^2$	kWh
	Gas natural proceso térmico	+	$1,5 \times 10^2$	kWh (≈ 540 MJ)
	Agua de proceso	+	2,1	m ³
	Reactivos químicos (HF, HCl, NaOH, HNO ₃ , etc.)	+	1,2	kg
	Embalaje (madera + cartón)	+	2,5	kg
	Emisiones GEI – CO ₂ -eq	–	$3,48 \times 10^2$	kg
	Emisiones SO ₂	–	0,9	kg
	Emisiones NO _x	–	0,6	kg
	Partículas PM ₁₀	–	0,05	kg
	Lodos de corte Si + SiC	–	0,7	kg
	Residuos sólidos varios	–	0,4	kg
B. Transporte a obra (típico Asia→Puerto 1 000 km barco + 500 km camión)	Gas-oil	+	12	L
	CO ₂ -eq	–	35	kg
C. Uso (30 años)	Radiación solar incidente (no se inventaría)	–	–	–
	Electricidad entregada a red (PR = 0,85, 1 700 kWh kW ⁻¹ a ⁻¹)	–	29 000	kWh

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

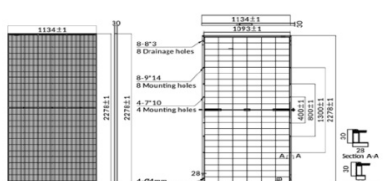
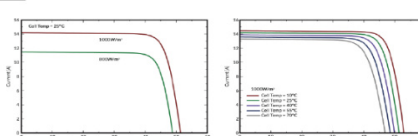
Fase	Flujo	Entrada (+) / Salida (-)	Magnitud por panel	Unidad
	Limpieza (agua desmineralizada)	+	1,8	m ³
	CO ₂ evitado (red 0,6 kg kWh ⁻¹)	-	17	t
D. Fin de vida (reciclaje mecánico + térmico, Europa)	Electricidad planta reciclaje	+	40	kWh
	Gas natural	+	27	kWh
	Salida vidrio reciclado (80 % recuperación)	-	21	kg
	Aluminio secundario (90 %)	-	2,3	kg
	Cobre secundario	-	0,35	kg
	Plata recuperada	-	2,5	g
	Fracción no reciclable (EVA/POE + restos Si) a vertedero	-	8	kg
	CO ₂ -eq proceso reciclaje	-	18	kg

Fuente: Autores. Modificado de Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE (2024), International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS, 2023), Sylvania by Luxen (2024) y Wernet et al. (2016).

Anexo D

Ficha Técnica

PARAMETROS ELECTRICOS		
CARACTERÍSTICAS	LNVU-580ND	
	STC	NMOT
Potencia máxima (Pmax)	580 W	437W
Tensión de circuito abierta STC (Voc)	51.68 V	48.96V
Corriente de corto circuito STC (Isc)	14.29 A	11.53A
Tensión en la potencia máxima STC (Vmpp)	42.71 V	39.66V
Corriente en la potencia máxima STC(Impp)	13.58 A	11.02A
MODULE EFFICIENCY (%)	22.45%	
STC: Irradiance 1000W/m², cell temperature 25°C, AM1.5G 800W/ 20°C, NMOT: Irradiance m², ambient temperature 20°C, /ind speed 1m/s, AM1.5G		
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS CON DIFERENTES GANANCIAS DE POTENCIA STC (580W EN LA CARA FRONTAL)		
Maximum power (Pmax)	609W	
5%	23.57%	
Module Efficiency STC (%)		
Maximum power (Pmax)	667W	
15%	25.82%	
Module Efficiency STC (%)		
Maximum Power (Pmax)	725W	
25%	28.07%	
Module Efficiency STC (%)		

Características Mecánicas		Quality Maker	
Tipo de células solares	N-type Mono		
Número de celdas	144 (6x24)		
Dimensiones	2278 x 1134 x 30mm		
Peso(kg)	31.5kg		
Vidrio frontal	2.0mm coated semi-tempered glass		
Vidrio trasero	2.0mm semi-tempered glass		
Caja de paso	Ip68 rated (3 by pass diodes)		
	4.0mm²		
CABLES DE SALIDA	300mm (+) / 300mm (-)		
	Length can be customized		
CONECTORES	Mc4 compatible		
CARGA MECÁNICA SOPORTADA	5400Pa		
CONFIGURACIÓN DE EMPAQUE	CURVA I-V		
CONTENEDOR	20'GP		
PIEZAS POR PALLET	36		
PALLETS POR CONTAINER	5		
PIEZAS POR CONTAINER	180		
CARÁCTERÍSTICAS DE OPERACIÓN		CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA	
Temperatura de operación del módulo	-40°C to +85°C	Tensión de operación nominal (NMOT)	45±2°C
Tensión máxima del sistema	1500 DC (IEC)	Coefficiente de temperatura de Pmax	-0.29%/°C
Corriente máxima del fusible	30A	Coefficiente de temperatura de Voc	-0.25%/°C
Tolerancia en potencia	0/+5W	Coefficiente de temperatura de Isc	+0.045%/°C

Nota: Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología de generación PV. 08/24
Producto Ecológico Permite generar energía limpia con menor impacto al de las fuentes convencionales.

Fuente: Sylvania by Luxen (2024).

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.