



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA
ENERGETICA

TEMA:

**Estudio de un sistema de energía solar fotovoltaica para la empresa camaronera Lanec
situada en Engunga provincia de Santa Elena**

AUTOR:

Holguín Govea Erik Mitchell

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de
**MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA
ENERGETICA**

TUTOR:

Ing. Bohorquez Escobar Celso Bayardo PHD

Guayaquil, 20 de marzo del 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGETICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Holguín Govea Erik Mitchell** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGETICA**

TUTOR

f. _____
Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D

DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. _____
Ing. Bohórquez Escobar Bayardo, Ph.D

Guayaquil, 20 de marzo del 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Holguín Govea Erik Mitchell

DECLARO QUE:

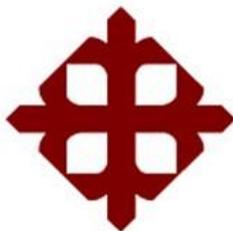
El trabajo de titulación **“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA EMPRESA CAMARONERA LANEC SITUADA EN ENGUNGA PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, 20 de marzo del 2024

HOLGUÍN GOVEA ERIK MITCHELL

Ci: 0925081936



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

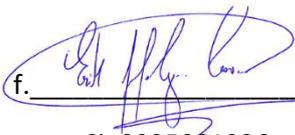
AUTORIZACIÓN

Yo, Holguín Govea Erik Mitchell

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación de Maestría titulado: **“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA EMPRESA CAMARONERA LANEC SITUADA EN ENGUNGA PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes de marzo del año 2024

HOLGUÍN GOVEA ERIK MITCHELL

f. 
Ci: 0925081936

INFORME DE COMPILATIO



Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación **ESTUDIO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA EMPRESA CAMARONERA LANEC SITUADA EN ENGUNGA PROVINCIA DE SANTA ELENA**”, presentado por el estudiante **HOLGUÍN GOVEA ERIK MITCHELL**, fue enviado al Sistema Anti plagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 2%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

f. 

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico con mucho cariño a mis padres, ellos han sido uno de los pilares fundamentales en mi vida, siempre brindándome el apoyo necesario para continuar y alcanzar los objetivos planteados como culminar con éxito esta maestría.

A mis hijas, quienes pasaron días sin mi compañía, y supieron comprender los motivos de mi ausencia, y estuvieron allí para brindarme su apoyo y seguridad para continuar.

Erik Mitchell Holguín Govea

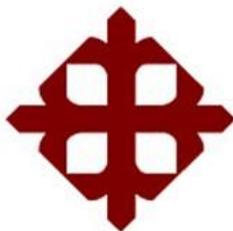
Agradecimientos

Quiero empezar agradeciendo a DIOS que es el principio y fin de todas las cosas, por llenarme de sabiduría, paciencia y optimismo para continuar y lograr mi objetivo que hoy se convierte en realidad.

Agradecer a esta prestigiosa institución, la **UNIVERSIDAD CATÒLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL**, que me abrió las puertas para ingresar a estudiar y, ahora, culminar esta fase.

Agradecer a los docentes de esta institución que con su paciencia me guiaron con conocimientos prácticos, actualizados, y con su paciencia entendieron situaciones difíciles que se presentaban.

Erik Mitchell Holguín Govea



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGETICA

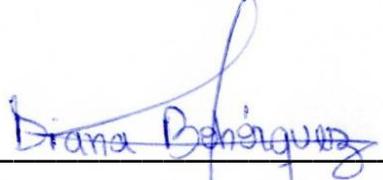
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo M.Sc
TUTOR

f. 

Ing. Mazzini Muñoz Gustavo Miguel, Mgs
REVISOR

f. 

Ing. Bohórquez Heras Diana Carolina, Mgs
REVISOR

f. 

Ing. Bohórquez Escobar Bayardo, PHD
DIRECTOR DEL PROGRAMA

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1	1
1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Definición del problema	3
1.3. Justificación del problema	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo general.....	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
1.6. Hipótesis.....	4
1.7. Metodología de la investigación.....	4
CAPITULO II	6
2. MARCO TEORICO	6
2.1. Situación energética del ecuador	6
2.2. Energías renovables	6
2.3. Tipos de energías renovables	8
2.3.1. Energía Hidráulica	8
2.3.2. Energía Eólica	9
2.3.3. Energía Geotérmica	10
2.3.4. Energía solar fotovoltaica.....	11
2.3.5. Energía mareomotriz	12
2.3.6. Energía undimotriz.....	13
2.4. Sistema Fotovoltaico	13
2.4.1. Conceptos básicos para la generación fotovoltaica.....	14
2.5. Panel solar.....	15
2.5.1. Modulo Monocristalino.....	17
2.5.2. Modulo Policristalino.....	17
2.5.3. Modulo amorfo	18
2.6. Conector MC4.....	18
2.7. Soporte para paneles fotovoltaicos	19
2.8. Inversor	21
2.8.1. Inversor ON GRID	22
2.8.2. Inversor OF GRID.....	23
2.8.3. Inversor hibrido.....	24
2.9. Protecciones DC	25

2.10.	Protecciones AC	26
2.11.	Sistema puesta tierra.....	27
2.12.	Baterías	28
2.12.1.	Principios de funcionamiento.....	29
2.12.2.	Características de una batería.....	30
2.12.3.	Batería Sellada	31
2.12.3.	Batería de níquel – cadmio.....	32
2.12.4.	Batería de litio.....	33
2.13.	Sistema fotovoltaico interconectado a la red	33
2.14.	Sistema fotovoltaico aislado	35
CAPITULO III.....		36
3.	ANALISIS DE VARIABLES.....	36
3.1.	Antecedentes.....	36
3.2.	Referencia geográfica.....	36
3.3.	Radiación solar	37
3.4.	Cálculo de sombra	38
3.5.	Índice de temperatura.....	39
3.6.	Consumo de energía eléctrica anual	40
3.7.	Diagrama unifilar.....	41
4.	DISEÑO FOTOVOLTAICO	43
4.1.	Diseño del sistema fotovoltaico.....	43
4.1.1.	Diseño Teórico	43
4.2.	Software PV Syst	45
4.3.	Dimensionamiento del sistema	47
4.3.1	Selección de ubicación	47
CAPITULO V		59
5.	ESTUDIO TECNICO ECONOMICO	59
5.1.	Evaluación técnica	59
5.1.1	Funcionamiento del sistema.....	59
5.2.1.	Beneficios técnicos	59
5.2.2.	Marco legal regulaciones	60
5.3.	Evaluación Económica.....	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		67
CONCLUSIONES.....		67
Bibliografía.....		70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Energías renovables.....	7
Figura 2. Central hidroeléctrica.....	9
Figura 3. Central eólica.....	10
Figura 4. Central geotérmica	11
Figura 5. Central Fotovoltaica.....	12
Figura 6. Central mareomotriz	12
Figura 7. Central Undimotriz	13
Figura 8. Energía solar fotovoltaica	14
Figura 9. Estructura de una célula solar.....	16
Figura 10. Panel solar monocristalino	17
Figura 11. Panel solar policristalino	18
Figura 12. Panel solar amorfo	18
Figura 13. Conector MC4	19
Figura 14. Soportería para panel solar	20
Figura 15. Clasificación de los inversores.....	21
Figura 16. Inversor interconectado	23
Figura 17. Inversor aislado.....	24
Figura 18. Inversor híbrido	25
Figura 19. Protección DC sistema fotovoltaico.....	26
Figura 20. Protecciones AC	27
Figura 21. Sistema puesta tierra para modulo solar.....	28
Figura 22. Baterías para aplicaciones fotovoltaicas	29
Figura 23. Estructura interna de una batería.....	30
Figura 24. Batería VRLA	32
Figura 25. Batería níquel cadmio	32
Figura 26. Batería de litio	33
Figura 27. Sistema interconectado a la red	34
Figura 28. Sistema autónomo solar	35
Figura 29. Ubicación de red de distribución.....	36
Figura 30. Ubicación de camaronera BELLITEC	37
Figura 31. Radiación solar en Santa Elena	38
Figura 32. Calculadora de incidencia de sombra Santa Elena	39
Figura 33. Temperatura anual en Santa Elena	40
Figura 34. Diagrama unifilar Bellitec	42

Figura 35. PVsyst solar.....	46
Figura 36. Interfaz de variables	47
Figura 37. Georreferencia del sitio.....	48
Figura 38. Orientación de sistema fotovoltaico	50
Figura 39. Selección de elementos del sistema fotovoltaico.....	51
Figura 40. Resumen general de sistema fotovoltaico	53
Figura 41. Producción del sistema fotovoltaico	54
Figura 42. rendimiento del sistema fotovoltaico	55
Figura 43. Perdidas del sistema fotovoltaico	56
Figura 44. Diagrama unifilar propuesto	58
Figura 45. Curva del flujo neto.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de sombra	39
Tabla 2. Historial de consumo	41
Tabla 3. Resumen de variables meteorológicas	48
Tabla 4. Configuración de entradas DC del inversor.....	57
Tabla 5. Presupuesto Sistema fotovoltaico.....	61
Tabla 6. Cálculo de ahorro estimado cliente industrial	63
Tabla 7. Análisis Económico proyecto fotovoltaico.....	65

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Consumo diario	43
Ecuación 2. Hora sol pico.....	44
Ecuación 3. Potencia Generador Fotovoltaico	44
Ecuación 4. Numero de módulos fotovoltaicos	44
Ecuación 5. Costo Beneficio	66

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resolución ARCONEL 042/18.....	76
Anexo 2. Resolución ARCERNNR 013/2021	80
Anexo 3. Resolución ARCERNNR 08/23.....	89
Anexo 4. Ficha técnica inversor	97
Anexo 5. Ficha técnica Panel Solar	99
Anexo 6. Pliego tarifario 2023.....	100

Resumen

Las energías renovables son una solución autosostenible para la crisis energética mundial, disminuyendo gradualmente el uso de energía térmica para uso eléctrico y minimizando el impacto ambiental que se produce por combustión. Los sistemas fotovoltaicos son considerados parte de los proyectos de generación distribuida adaptando un nuevo concepto al usuario y generando beneficios por su capacidad de generación inyectada a la red. El proyecto busca demostrar la factibilidad de un sistema fotovoltaico en la camaronera Lamec de la provincia de Santa Elena para la presente investigación el capítulo I detallo los objetivos propuestos para ellos el contenido de esta investigación partido de 5 capítulos donde el capítulo II detallo el estado del arte y criterios correspondiente a la energía renovable y componentes de un sistema fotovoltaico, el capítulo III realizo un diagnóstico del consumo del proyecto y sus variables meteorológicas donde la capacidad de generación de dicha camaronera es de 624 kW de potencia y su incidencia solar promedio de 4.5 kW/m², el capítulo IV realizo el dimensionamiento teórico y mediante software Pvsyst 7.2. donde se dimensiono dos generadores con capacidad de 607 kWp y consumo anual de 2 x 890 kWh, finalmente el capítulo V realizo un estudio técnico – económico, donde se evidencio que, con una inversión inicial de \$1,253,353.83 en un periodo de 5 años hubo un retorno de inversión evidenciando un flujo positivo y un beneficio de 416%.

Palabras clave: ahorro energético, energía limpia, electricidad, generación fotovoltaica.

Abstract

Renewable energies are a self-sustaining solution to the global energy crisis, gradually decreasing the use of thermal energy for electrical use and minimizing the environmental impact produced by combustion. Photovoltaic systems are considered part of distributed generation projects, adapting a new concept to the user and generating benefits from their generation capacity injected into the grid. The project seeks to demonstrate the feasibility of a photovoltaic system in the Lamec shrimp farm in the province of Santa Elena. For this research, chapter I details the objectives proposed for them. The content of this research is divided into 5 chapters, where chapter II details the state of the art and criteria corresponding to renewable energy and components of a photovoltaic system, chapter III carries out a diagnosis of the consumption of the project and its meteorological variables where the generation capacity of said shrimp farm is 624 kW power and its average solar incidence of 4.5 kW/ m², chapter IV carried out the theoretical sizing and using the Pvsyst 7.2 software. where two generators were sized with a capacity of 607 kWp and annual consumption of 2 x 890 kWh, finally chapter V carried out a technical-economic study, where it is evident that with an initial investment of \$1,253,353.83 in a period of 5 years there was a return on investment evidencing a positive flow and a profit of 416%.

Key Words: Energy savings, clean energy, electricity, photovoltaic generation.

CAPITULO 1

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

La generación de energía eléctrica siempre ha sido una de las principales necesidades del ser humano para su desarrollo, su primer generador de electricidad se realizó mediante centrales termoeléctricas las cuales mediante la quema de combustible generaban energía (Enriquez, 2012). Sin embargo, la generación térmica era dependiente de la extracción de petróleo y sus derivados, el cual a lo largo de los años se ha evidenciado una escasez por consecuencia, su precio ha aumentado volviéndolo un medio de generación costoso y limitado. Ante esta necesidad organismos internacionales buscaron otras fuentes que puedan generar electricidad sin tener una dependencia (Guerrero, 2015).

También el uso de centrales termoeléctricas, nucleares y otras han generado efectos nocivos al medio ambiente, causando una elevación a la temperatura y un drástico cambio climático a nivel mundial, la cual se convirtió en un tema de preocupación pública. En el año 1997 surge el protocolo Kioto como respuesta unificada al desafío del cambio climático y las medidas necesarias para disminuir la contaminación ambiental (Velez, 2016).

En el año 2012, diferentes países comenzaron a reformar su matriz energética con la adaptación de la generación distribuida, donde las energías renovables serian conocidas como la solución a largo plazo para remplazar la generación térmica por combustible fósil, Siendo las energías renovables una fuente de origen natural con

una capacidad de generación virtualmente inagotable y siendo una solución para GEI(Gas de efecto invernadero) (Cholota, 2014).

Los sistemas fotovoltaicos han sido cuestionados por su alto coste de suministro e instalación sin embargo las grandes potencias como los continentes europeo y asiático desde año 2012 han optimizado la capacidad y eficiencia de los generadores fotovoltaicos mediante la adición de otras partículas amorfas en las placas semiconductoras para aumentar la eficiencia hasta un 30% y disminuyendo los costos de la producción volviendo sistemas fotovoltaicos una solución más accesible para la comercialización.

Ecuador es uno de los países de LAC(Latino America y Caribe) que ha reformado su matriz energética y desde 2014, comenzó con la implementación de generadores fotovoltaicos conectados a la red, dentro de la micro generación, sistemas autónomos, parques eólicos y centrales hidroeléctricas, la generación distribuida por fuentes renovables fue aprobada bajo resolución Nro. 013/2021 emitida por ARCERNNR donde permite la accesibilidad a consumidores residenciales, industriales y comerciales ser prosumidores de energía y poder de esta manera fortalecer a la red eléctrica nacional. La presente investigación busca demostrar que la generación fotovoltaica puede ser una solución de autoabastecimiento para consumidores industriales como la camaronera LANEC con una demanda promedio de 600kW de potencia.

1.2. Definición del problema

La falta de suministro eléctrico en diferentes zonas de la provincia de Santa Elena como Chanduy, Engunga, Tugaduaja, Chiva negra, etc., afectan a sectores estratégicos de la producción como camaroneras, debido al uso parcial de energía eléctrica, ya que por estas áreas no existen redes de Alta y media tensión que cubran la demanda de los usuarios. Por tanto, el sector camaronero para suplir estas operaciones por falta de accesibilidad de energía eléctrica a usado como fuente de generación Grupos electrógenos en operación continua (PRIME) con el fin de compensar dicha demanda, sin embargo, el uso de estos equipos generan enormes gastos por consumo de combustible y un impacto significativo al medio ambiente.

¿Cómo afecta la inaccesibilidad de una red eléctrica en la demanda de la Camaronera Bellitec de la provincia de Santa Elena?

1.3. Justificación del problema

Esta investigación es relevante porque permite analizar las necesidades energéticas de la camaronera Bellitec - Lanec y analizar las posibles causas que originan las perturbaciones eléctricas.

La investigación nos permitirá adaptar nuestros conocimientos para aplicar otra fuente de generación que compense la demanda energética de la camaronera y no se afecte al medio ambiente.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Disminuir el consumo eléctrico de la facturación energética por medio de implementación de sistemas de paneles fotovoltaicos para la camaronera Bellitec - Lanec.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento de información del consumo eléctrico de la empresa Bellitec - Lanec.
- Diseñar un generador solar fotovoltaico interconectado a la red por medio del software PVsyst.
- Analizar si el proyecto es autosustentable mediante un estudio técnico y económico.

1.6. Hipótesis

Los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red son una de las fuentes renovables más usadas a nivel mundial dentro de la generación distribuida, abriendo puertas a un nuevo mercado prosumidor y mejorando la fiabilidad de la red eléctrica nacional.

1.7. Metodología de la investigación

La investigación es de carácter mixto ya que engloba criterios y conceptos de análisis: cualitativo y cuantitativo, el desarrollo de la investigación es exploratorio y

experimental, debido a que se manipulan las variables independientes en función al entorno de estudio con el propósito de llevar a cabo los objetivos y determinar si el proyecto es sustentable.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Situación energética del ecuador

Ecuador es un país pequeño con una superficie de 256,370.00 km ubicado en el sur de América entre Colombia y Perú, con una población 17 millones de habitantes. Hasta el año 2021 cuenta con una potencia efectiva de 9,386.00 MW de los cuales 5,309.00 MW corresponden a fuentes renovables (Enriquez, 2012). Ecuador ha presentado avances significativos con la adaptación de la GD(generación distribuida). El ministerio de energía y minas emitió una resolución MEM-2023-0017-AM para incentivar GD para auto consumo a usuarios finales (Arboleda, 2019). Esta resolución establece los límites de capacidad de generación distribuida, entre ellas están ciertas energías renovables que cumplen con el principio de GD la cual es generar energía directo a la carga, evitando las estepas de transmisión, distribución y transporte de energía.

2.2. Energías renovables

Son aquellas fuentes de energía que provienen de medios naturales tales como el sol el cual, es considerado como el principal motor de la vida ya la rotación de la tierra con respecto al sol genera el movimiento de las nubes, el proceso de fotosíntesis, el movimiento de las olas y caudales, la descomposición natural de los objetos, etc. Las energías renovables son consideradas energías ilimitadas ya que utilizan como matriz de conversión energética recursos que fluctúan de manera permanente por lo cual, se le adoptó el concepto de virtualmente inagotable (TCE, 2018). La figura 1. Muestra los tipos de energías renovables, tecnologías y aplicaciones.

Figura 1. Energías renovables

<p>Energía solar</p>  <p>Fuente: Sol</p> <p>Tecnologías: Fotovoltaica, Termosolar</p> <p>Aplicaciones: Electricidad, Calefacción y Refrigeración</p>	<p>Energía eólica</p>  <p>Fuente: Viento</p> <p>Tecnologías: Turbinas eólicas</p> <p>Aplicaciones: Electricidad</p>	<p>Energía marina</p>  <p>Fuente: Oleaje, mareas</p> <p>Tecnologías: Presas, presas mareomotrices</p> <p>Aplicaciones: Electricidad</p>	<p>Energía hidroeléctrica</p>  <p>Fuente: Agua</p> <p>Tecnologías: Centrales hidroeléctricas</p> <p>Aplicaciones: Electricidad</p>	<p>Energía geotérmica</p>  <p>Fuente: Tierra</p> <p>Tecnologías: Sistemas geotérmicos superficiales y bombas de calor</p> <p>Aplicaciones: Electricidad, Calefacción y Refrigeración</p>	<p>Bioenergía</p>  <p>Fuente: Biomass, waste</p> <p>Tecnologías: Combustión de biomasa, plantas de biogás, biocarburantes</p> <p>Aplicaciones: Electricidad, Calefacción y Refrigeración, Transporte</p>
---	--	--	---	---	---

Nota: sistema solar fotovoltaico donde por medio del efecto fotoeléctrica las placas solares absorben la radiación del sol y la convierten mediante una serie de procesos en energía eléctrica AC. Fuente: Caicedo; 2018

Las energías renovables son capaces de generar energía eléctrica, energía mecánica, energía térmica las cuales son indispensables para el desarrollo humano. Este tipo de energía ha demostrado ser una solución sustentable y sostenible para el cambio de la matriz energética ya que no se ve limitado por la dependencia de un combustible o algún recurso que comprometa su producción, tampoco genera GEI(Gases de efecto invernadero) y ayudan a la compensación energética de la red nacional (TCE, 2018).

Algunos de los sistemas de energías renovables conformas parte de GD (Generación distribuida) la cual, comparte le concepto de ser un generador sin embargo este generador suministra su energía directamente a la carga. Algunos sistemas que comparten estas características son los sistemas fotovoltaicos y los sistemas eólicos.

2.3. Tipos de energías renovables

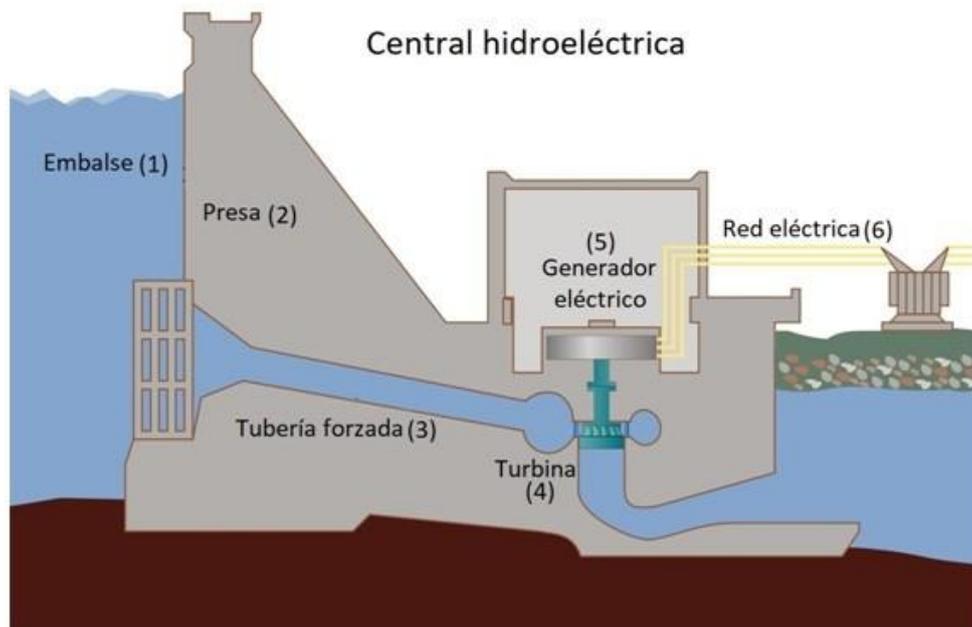
Los tipos de energías renovables son diversos, sin embargo, se detalla solo aquellos cuya conversión final sea energía eléctrica, las cuales son los siguientes:

1. Energía hidráulica
2. Energía eólica
3. Energía geotérmica
4. Energía solar fotovoltaica
5. Energía mareomotriz
6. Energía undimotriz

2.3.1. Energía Hidráulica

Los sistemas hidroeléctricos aprovechan la energía potencial de las cuencas de río para generar energía eléctrica. Una central hidroeléctrica cuenta con tres partes: una central eléctrica que cuenta con una turbina y un generador para la producción de electricidad, una presa que regula el flujo de agua y un embalse. La capacidad de generación depende de la distancia en la que el agua caiga y golpee el aspa de la turbina. Las centrales hidroeléctricas tienen un largo periodo de vida útil y su impacto ambiental es mínimo. Es decir, contribuye a la disminución de GEI (gases de efecto invernadero) (Nuñez, 2022). La figura 2. Muestra los componentes que conforman una central hidroeléctrica.

Figura 2. Central hidroeléctrica

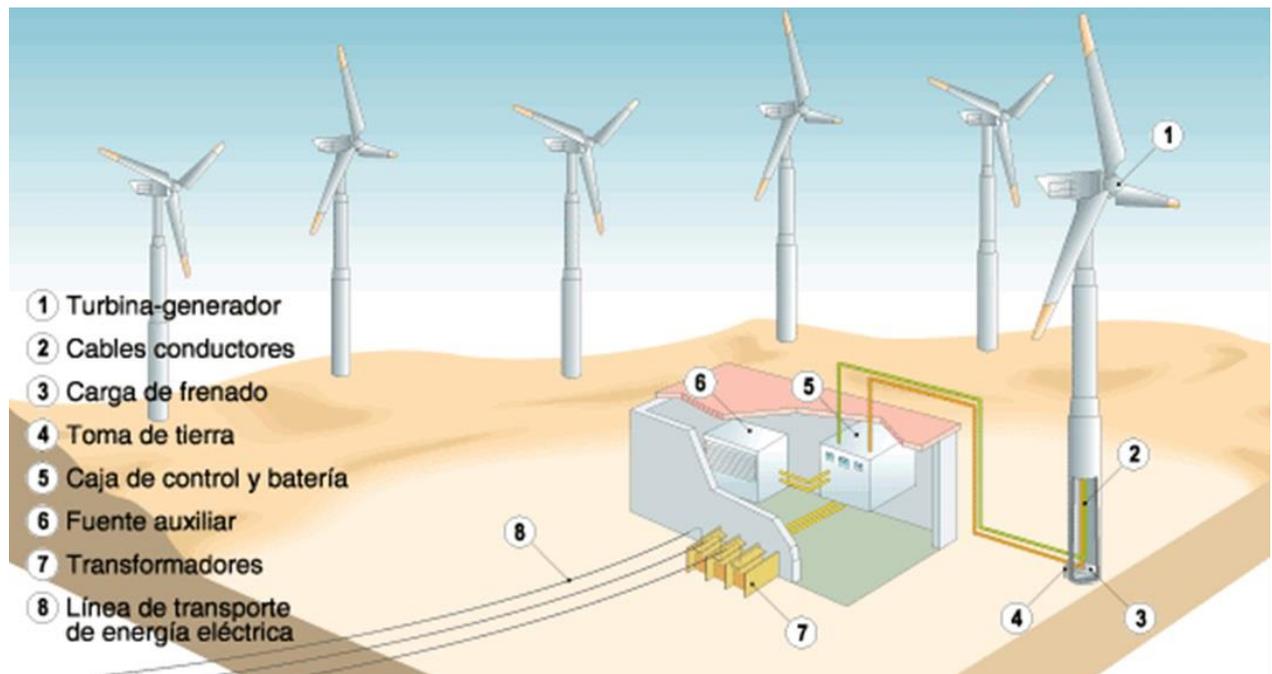


Nota: Componentes de una central hidroeléctrica como el embalse, presa, tubería forzada, turbina, generador eléctrico. Fuente: Ingeoexpert; 2012

2.3.2. Energía Eólica

La energía eólica tiene su principio mediante el movimiento de las aspas por las corrientes de viento, las aspas de la turbina están conectadas a un generador produciendo la generación de electricidad, esta energía es producida y es almacenada en una casa de control donde existen grandes bancos de baterías que en periodos donde la corriente de viento disminuye o desaparece, el banco de baterías trabaje complementado ese periodo conocido como periodo muerto (Sarmiento & Valarezo, 2014). La figura 3. muestra los componentes que conforman una central eólica.

Figura 3. Central eólica

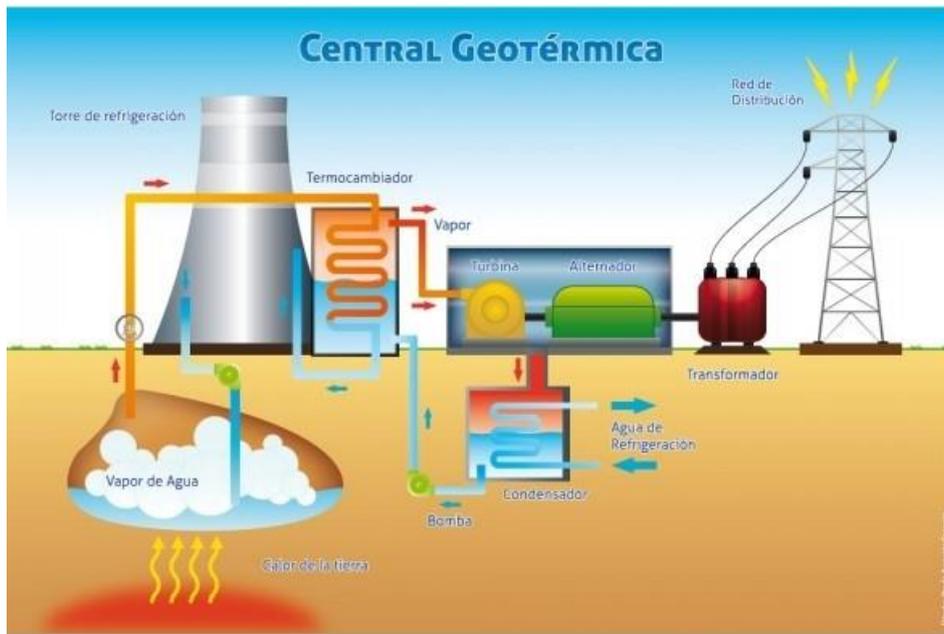


Nota: Componentes de una central eólica. Fuente: Solar energy; 2014

2.3.3. Energía Geotérmica

Esta energía se obtiene mediante el calor que proviene de la tierra, esta energía puede ser obtenida de manera natural con la búsqueda de fuentes termales, zonas cercas a volcanes o geiseres. El principio de funcionamiento de esta energía es mediante el vapor que generan la tierra con respecto a estas fuentes termales este vapor pasara por una tubería de alta temperatura y presión donde intercambiara su gradiente térmico mediante un termo cambiador de serpentín. La parte caliente se quedará en la parte superior del termo cambiador y este gas saldrá para mover las aspas de una turbina conectada a un generador para producir electricidad (Bulnes, 2018). La figura 4. muestra los componentes que conforman una central geotérmica.

Figura 4. Central geotérmica

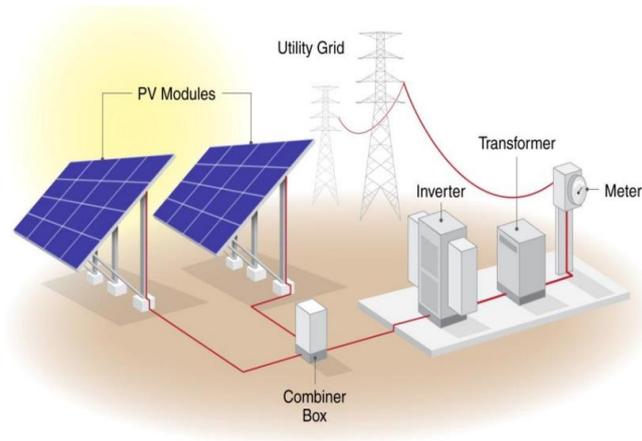


Nota: Componentes de centra geotérmica de ciclo combinado. Fuente: OLADE; 2017

2.3.4. Energía solar fotovoltaica

La energía fotovoltaica tiene su principio con la absorción de la radiación solar por luz o calor, convirtiendo en energía eléctrica, consta de placas solares que emiten una potencia DC, una caja combinador que se encarga de las protecciones de corte y seccionamiento, un inversor que convierte la señal DC en señal AC y un transformador elevador para distribuir la energía producida a la red (Caicedo, 2020). La figura 5, muestra los componentes que conforman una central fotovoltaica.

Figura 5. Central Fotovoltaica

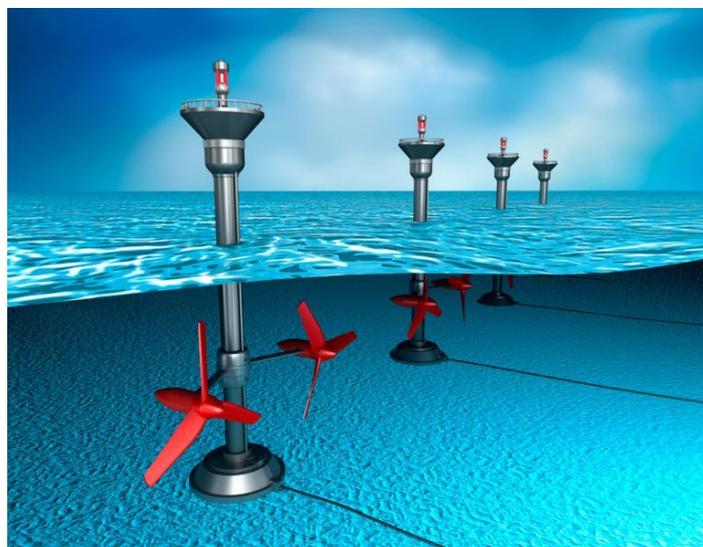


Nota: Componentes sistema fotovoltaico en subestación eléctrica. Fuente: Gilera; 2017

2.3.5. Energía mareomotriz

La energía mareomotriz consiste en el movimiento de las mareas, el movimiento en que la marea sube y baja es aprovechado por las dos turbinas que funcionan en paralelo activándose con un conjunto mecánico y un generador TSG también conocidos como generador de corriente de marea que produce energía eléctrica (Daga, 2008). La figura 6. muestra los componentes que conforman una central mareomotriz.

Figura 6. Central mareomotriz

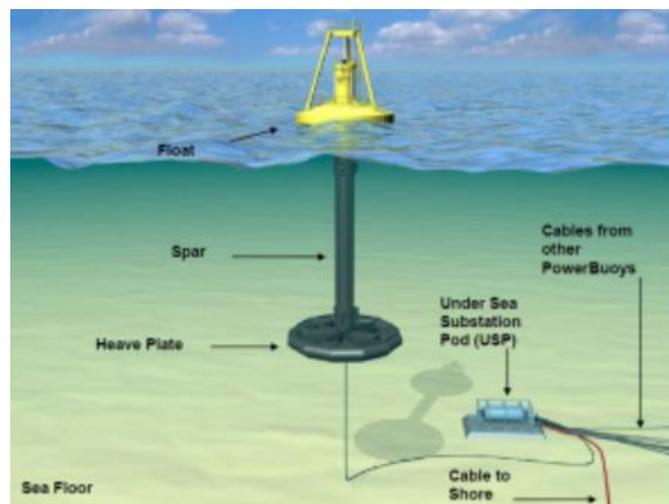


Nota: Componentes de una central mareomotriz. Fuente: tecnonavi; 2016

2.3.6. Energía undimotriz

Corresponde a la energía producida por el movimiento de las olas, no es muy conocida debido a su sostenibilidad. Las boyas absorben el movimiento vertical de las olas, este elemento está conectado a un poste donde en su lado inferior esta ensamblada un sistema hidráulico y el generador. El movimiento de la boya hace que el sistema comprima el fluido contenido en la estructura, lo que proporciona la generación de electricidad (Roman, 2018). La figura 7. muestra los componentes que conforman una central undimotriz.

Figura 7. Central Undimotriz



Nota: Componentes de una central undimotriz. Fuente: Renovaenergía; 2018

2.4. Sistema Fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos con un conjunto de elementos y componentes que convierten la luz en electricidad, por medio de los paneles solares absorben la radiación global y mediante las placas semiconductoras y un proceso fotoeléctrica convierten dicha radiación en energía eléctrica DC, esta energía es convertida para generar energía AC con la que se alimentan las cargas (Caicedo, 2020). La figura 8. muestra el comportamiento de la energía solar fotovoltaica cuando interactúa la radiación emitida por el sol sobre un plano horizontal.

Figura 8. Energía solar fotovoltaica



Nota: sistema solar fotovoltaico donde por medio del efecto fotoeléctrica las placas solares absorben la radiación del sol y la convierten mediante una serie de procesos en energía eléctrica AC. Fuente: Caicedo; 2018

2.4.1. Conceptos básicos para la generación fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos son de fácil instalación, sin embargo, es indispensable un corrector dimensionamiento del sistema para para un suministro de energía capaz de cubrir a la carga ante periodos con mayor o menor radiación solar. A continuación, se detallan algunos conceptos.

1. Radiación solar: es conocida como el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol también llamada radiación global la cual es el complemento de la radiación directa aquella que incide sin obstáculo al módulo y la radiación difusa, aquella reflejada por las nubes y la reflejante impacta sobre el módulo.

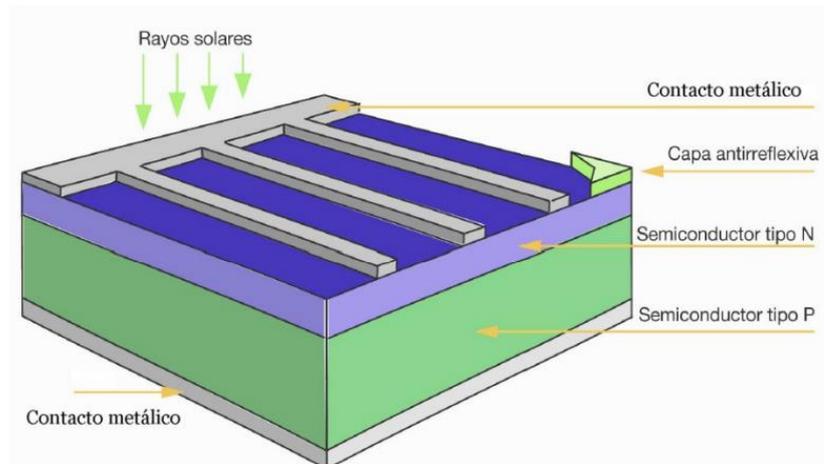
2. Horas sol pico: son las horas solares en la que la irradiación alcanza su máximo punto, es decir el periodo de tiempo donde la generación alcanza su punto máximo.
3. Sombras: es la sombra generada por una superficie de terreno que incide de manera directa o indirecta con los módulos solares, es necesario en el caso de una inclinación una distancia de separación entre módulos calculada según el recorrido del sol.
4. Área o superficie de instalación: se considera al área de montaje de los módulos fotovoltaicos, el número de paneles dependerá del área y la distancia de seguridad.
5. Conexiones eléctricas: según la configuración del inversor, es la configuración de los arreglos necesarios para garantizar el voltaje y corriente de entrada del inversor. Las conexiones para un arreglo más comunes son serie y paralelo.
6. Distancias de seguridad: se conoce a la distancia de separación entre fila de módulos solares en la que el operador puede caminar y contar con el espacio suficiente para realizar una maniobra de mantenimiento, montaje o desmontaje.
7. Protecciones: son el conjunto de elementos que se encargan de proteger cada etapa del proceso de conversión de energía asegurando la vida útil del sistema y mantenimiento mediante corte y desconexión de los componentes.

2.5. Panel solar

Es un dispositivo semiconductor compuesto de silicio y dopado de elementos intrínsecos que permiten que permiten absorber la radiación del sol por medio de sus

células fotovoltaicas y convertirlas en energía eléctrica (Solar, 2012). Los paneles solares funcionan durante las horas del día, su generación de energía es constante y soportan altas temperaturas (Cholota, 2014). La figura 9. Detalla los componentes internos que conforman una placa fotovoltaica.

Figura 9. Estructura de una célula solar



Nota: Composición de las capas de una célula solar tales como Contacto metálico, capa anti reflexiva, semiconductor tipo N, Semiconductor tipo P y contacto metálico. Fuente: Caicedo; 2018

Los paneles solares presentan algunas características las cuales son:

1. Celdas Fotovoltaicas: los materiales semiconductores que posee el módulo solar según su composición y aleación se clasifican en monocristalino, policristalino, amorfo.
2. Diseño: Los paneles solares tienen un diseño simple y eficaz que permite el autoconsumo de la energía solar.
3. Portabilidad: los módulos fotovoltaicos son de fácil instalación, portátiles y plegables.
4. Temperatura: son capaces de soportar temperaturas superiores a los 40°C, y temperaturas de operación de 25°C.

2.5.1. Módulo Monocristalino

Este compuesto por células de silicio cristalino de alta pureza con un diámetro entre 13 y 20 cm, respectivamente, y una longitud de hasta 200 cm. Su coloración característica es azul oscuro homogéneo, este color se debe al recubrimiento antirreflejante del óxido de titanio cuya función es mejorar la radiación solar. Estas células han demostrado tener una eficiencia del 20% (Caicedo, 2020). La figura 10. Muestra la forma física de un módulo monocristalino.

Figura 10. Panel solar monocristalino



Nota: Módulo monocristalino de silicio con aleación de titanio compuesta por 72 células solares. Fuente: Caicedo; 2018

2.5.2. Módulo Policristalino

Los paneles monocristalinos están compuestos por células dopadas, sus células adoptan direcciones y formas distintas, su característico diseño hace que se comporte de forma diferente frente a la luz. Tiene un rendimiento del 15 al 18% respectivamente, aunque su rendimiento sea ligeramente menor a un sistema monocristalino su resistencia al sobrecalentamiento (Caicedo, 2020). La figura 11. Muestra la forma física de un módulo policristalino.

Figura 11. Panel solar policristalino



Nota: Modulo policristalino de silicio dopado. Fuente: Caicedo; 2018

2.5.3. Módulo amorfo

Los paneles amorfos están formados de una placa de acero y una capa de silicio en forma de vapor, tienen un grosor bastante fino y delgado. Su eficiencia y potencia son mucho menor a los módulos policristalinos (Solarti, 2023). La figura 12. Muestra la forma física de un módulo amorfo.

Figura 12. Panel solar amorfo



Nota: Modulo policristalino de silicio dopado. Fuente: DirectIndustry; 2022

2.6. Conector MC4

El conector MC4 es un conector eléctrico de una sola unión comúnmente utilizada para conectar paneles solares, se conoce como MC4 por su diámetro de 4mm, utilizados únicamente para aplicaciones Fotovoltaicas. Permiten la construcción

de cadenas fotovoltaicas, están diseñados bajo los estándares NEC y UL6703 certificando la calidad y robustez de conectores fotovoltaicos, cuentan con un rango de voltaje hasta 1500VDC y según su clasificación pueden denominarse macho para el conector positivo y hembra para el conector negativo (Staubli, 2023). La figura 13. Muestra la composición interna de un conector MC4 macho y hembra.

Figura 13. Conector MC4



Nota: Componentes de par macho/ Hembra conector MC4. Fuente: CCEEA; 2016

2.7. Soporte para paneles fotovoltaicos

La soportaría es una parte indispensable para la instalación de módulos solares, corresponde a un conjunto de elementos que juegan y protegen al módulo ante caídas, golpes, corrosión, vibraciones, etc (ENERTIK, 2010). Este conjunto de elementos está compuesto de aluminio para asegurar su resistencia térmica y física, la instalación de estos elementos va de la mano con las distancias de seguridad/mantenimiento, inclinación y sobras. Los elementos que conforman los

soportes para paneles fotovoltaicos que se detallan a continuación como lo muestra la figura 14.

1. Riel: Riel de aluminio de 4.33 mm.
2. Conector riel: adaptación para interconectar un riel o tramo con otro.
3. Conector tipo L: adaptación en forma de L que interconecta el riel con la teja.
4. Grapa Final: conector ubicado al inicio o final de la última fila de paneles solares.
5. Grapa media: separador de módulos fotovoltaico.

Figura 14. Soportería para panel solar



Nota: Soporte tipo teja/ aluminio paneles solares los cuales comprenden riel de aluminio, conector tipo L, taco químico, grapa media, grapa final y conector riel. Fuente: Solar Store; 2015

Según el tipo de instalación, los soportes para módulos fotovoltaicos se clasifican en:

1. Montaje en teja
2. Montaje en losa

3. Montaje sobre suelo
4. Montaje sobre superficie flotante

2.8. Inversor

Es un equipo electrónico que se encarga de la conversión de energía DC entregada por las cadenas fotovoltaicas en energía AC, cuenta con 4 etapas que garantizan una conversión de señal sinusoidal casi pura, estas son: la rectificación, el filtrado DC, inversión y filtrado AC. La figura 15. Muestra algunos tipos de inversores clasificados por su aplicación y su capacidad.

Figura 15. Clasificación de los inversores



Nota: Clasificación de los inversores según su topología, aplicación, voltaje y diseño. Fuente: Caicedo; 2018

Los inversores se pueden clasificar según sus características las cuales son:

1. Topología: Pueden ser tipo PWM (modulación por ancho de pulso) y MPPT (Seguidor de punto máximo de potencia).
2. Aplicación: tipo On Grid (Conectado a la red), Of Grid (Aislado), Híbrido.
3. Voltaje: monofásico o trifásico.
4. Diseño: Comercial, residencial, industrial.

Los inversores deben cumplir ciertas características que garantizan su funcionamiento, las cuales se detalla a continuación:

1. Presentar una corriente alterna lo más senoidal posible (a no ser que sea de onda modificada o cuadrada).
2. Frecuencia estable.
3. Tolerancia a las oscilaciones de tensión del sistema de baterías.
4. Protección de baterías contra descarga profunda
5. Bajo contenido de armónico

2.8.1. Inversor ON GRID

Para un sistema interconectado a la red, el inversor es la pieza más importante. Es el encargado de convertir la energía producida por los paneles DC en energía AC, la salida de este inversor se conecta directamente hacia el panel de distribución (Caicedo, 2020).

El inversor interconectado cuenta con una etapa de ratificación de onda no controlada donde la señal DC se rectifica, una etapa de filtrado LC y una etapa de conversión controlada por medio de tiristores y microprocesador (Caicedo, 2020). La figura 16. Muestra la conexión de entrada y salida de un inversor interconectado a la red.

Figura 16. Inversor interconectado



Nota: componentes que conforman un sistema interconectado, e inversor, este tipo de sistema inyecta directamente energía al tablero de distribución y es censado por medio de un medidor bidireccional. Fuente: Caicedo; 2018

2.8.2. Inversor OF GRID

Este tipo de inversor cuenta con una entrada DC por banco de baterías y una entrada DC para cadena fotovoltaica, la salida está directamente conectado a cargas AC. Se encarga de convertir la radiación en energía eléctrica por medio del efecto fotoeléctrico, genera su propia energía en horario diurno, en horario nocturno genera energía por medio de banco de baterías (Caicedo, 2020).

Los sistemas aislados son una solución para sectores rurales con difícil acceso a la red eléctrica. Sin embargo, este sistema se verá limitado en función al dimensionamiento del banco de baterías y el consumo diario. La figura 17. Muestra la conexión de entrada y salida de un inversor aislado.

Figura 17. Inversor aislado

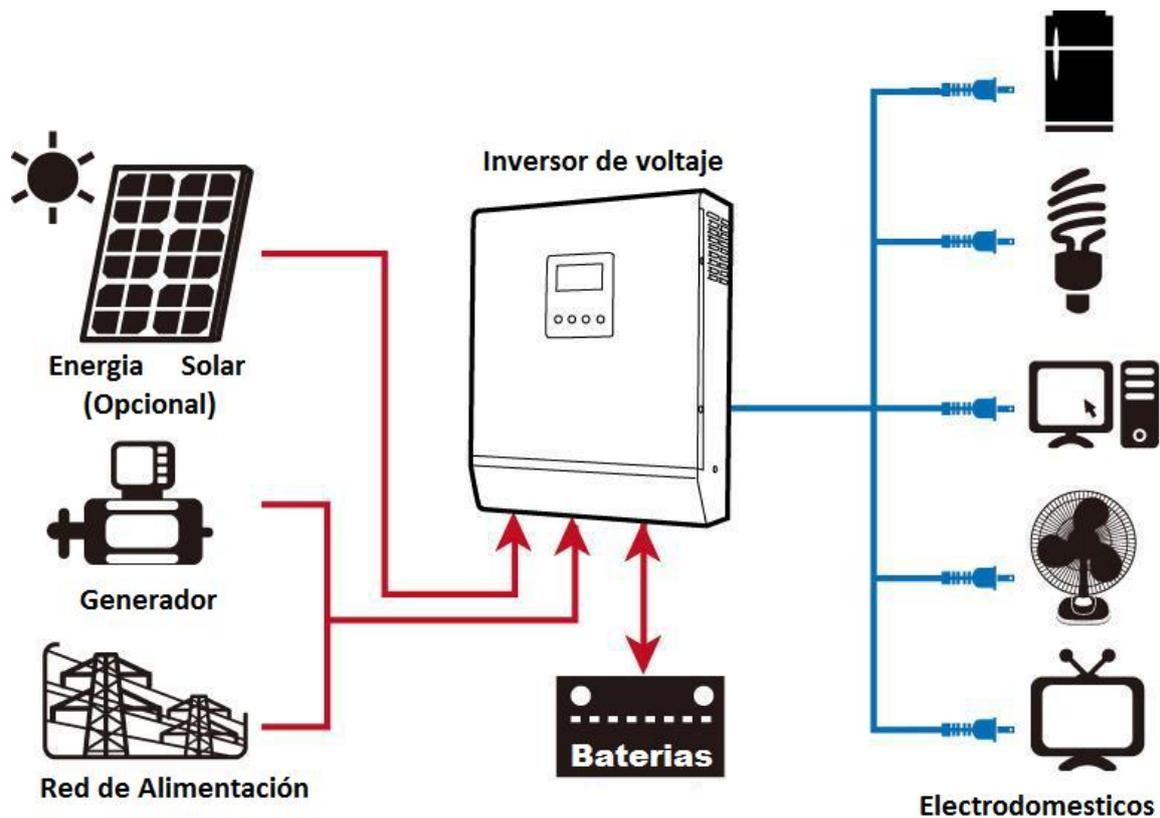


Nota: componentes que conforman un sistema aislado, tales como modulo solar, regulador de carga, banco de baterías e inversor. Fuente: Caicedo; 2018

2.8.3. Inversor híbrido

El inversor híbrido acopla dos topologías de conversión de energía, similar al sistema autónomo. En la primera etapa trabaja como un sistema interconectado es decir genera su energía por el conjunto de paneles solares, luego del periodo diurno. Puede funcionar por sistema de baterías y respaldar la carga como lo hace un sistema aislado, la diferencia radica en que está conectado a la red eléctrica medido por un elemento bidireccional donde indica la energía inyectada por la red eléctrica hacia la carga y la energía inyectada desde el sistema fotovoltaico hasta la carga, viendo el excedente de energía que es suministrado a la red eléctrica. La figura 18 (ABB, 2019). Muestra la conexión de entrada y salida de un inversor híbrido.

Figura 18. Inversor híbrido



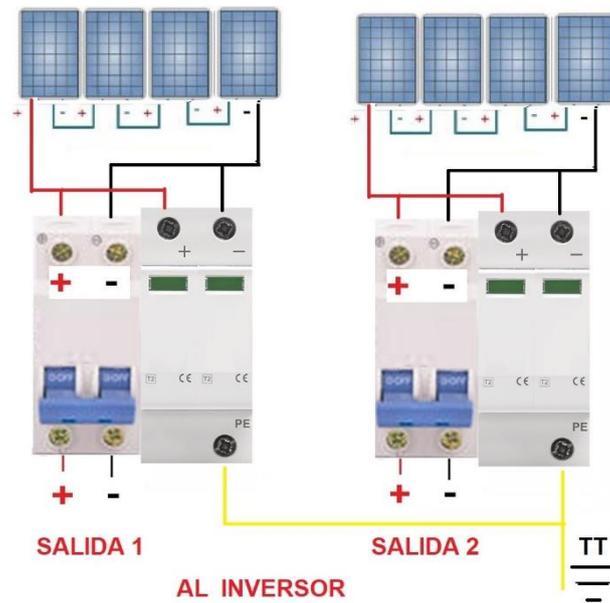
Nota: componentes que conforman un sistema híbrido, tales como modulo solar, inversor, banco de baterías.

Fuente: Himelco; 2020

2.9. Protecciones DC

Las protecciones DC son importantes para el control, seccionamiento, mantenimiento, debido a que los módulos fotovoltaicos al captar la radiación solar, su radiación a veces puede superar el límite permisible, el inversor dentro de su operación cuenta con parámetros de voltaje y corriente, de sobrepasar estos límites la electrónica de este equipo se puede ver comprometida (CHINT, 2012). La figura 19. Muestra la protección de la entrada DC de los inversores con el uso de disyuntores y supresor de voltaje.

Figura 19. Protección DC sistema fotovoltaico



Nota: la protección DC se encuentra a la salida de los módulos fotovoltaicos y la entrada DC del inversor

Fuente: Himelco; 2020

2.10. Protecciones AC

La protección AC se considera una medida adicional entre la salida del inversor y la carga. Es usado principalmente para mantenimiento, al desenergizar el sistema con respecto a la carga, se puede realizar un corte escalonado por etapas para la revisión respectiva. La figura 20 (LOVATO, 2014). Muestra un sistema de protecciones AC.

Figura 20. Protecciones AC

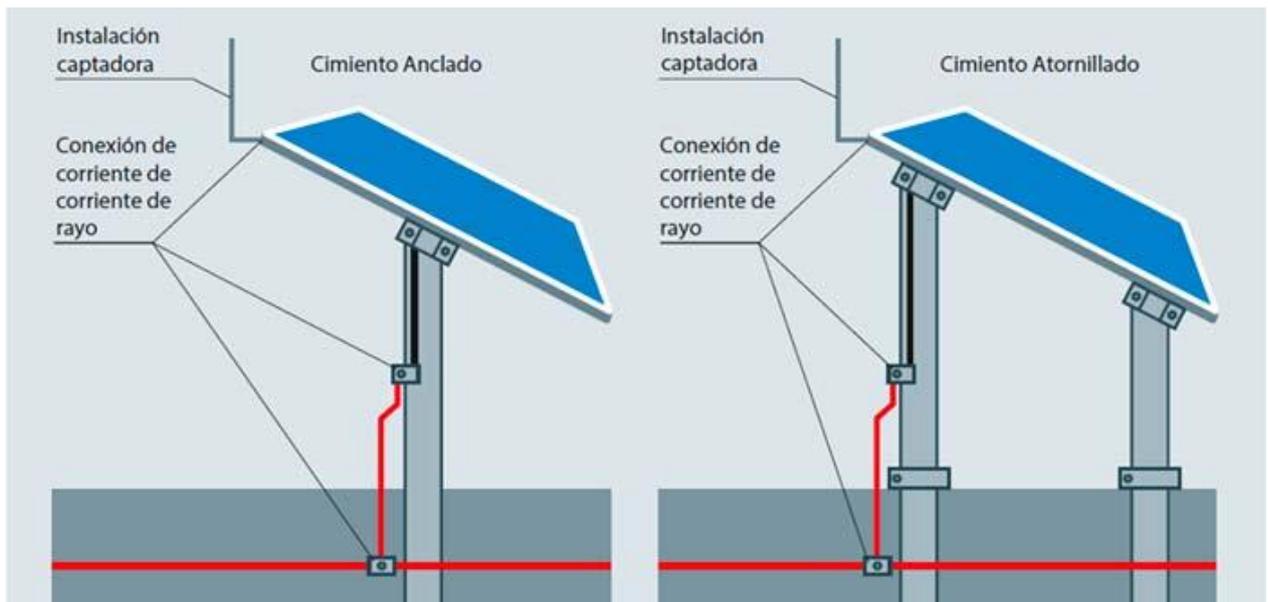


Nota: Protección AC dentro de tablero DC/AC como medida para corte y seccionamiento en proceso de mantenimiento. Fuente: Himelco; 2020

2.11. Sistema puesta tierra

El sistema puesta tierra dentro de un sistema fotovoltaico es imprescindible para cuidar la vida útil de todos sus componentes. El principio consiste en aterrizar las distintas etapas del sistema solar tales como: Estructura para panel solar por chicote interconectado (Tierra estática), inversor y componentes del tablero DC/AC (Tierra eléctrica), SPAT(Sistema puesta tierra) protege las los elementos de remanentes o perturbaciones de energía por impacto directo o indirecto, algunos sistemas integran protecciones adicionales como supresores para cargas DC y tipo III para dispositivos electrónicos o críticos (Parres, 2013). La figura 21. Muestra los elementos que conforman un sistema puesta a tierra, pararrayos y su interconexión.

Figura 21. Sistema puesta tierra para modulo solar



Nota: elementos y conexiones bimetálicas que conforman el sistema puesta tierra. Fuente: Mundo Eléctrico; 2014

2.12. Baterías

Las baterías fotovoltaicas son un componente importante, son considerados como sistemas de respaldo de energía DC, la energía solar puede ser almacenada y aprovecharla en momentos que la producción de energía no es suficiente o nula. Dentro del periodo diurno almacena grandes cantidades de energía (CSB, 2007). Las baterías para aplicación solar cuentan con un aislamiento térmico bastante grande, altos periodos de ciclado, larga vida útil, etc. La figura 22. Muestra algunos tipos de batería según su aplicación y capacidad.

Figura 22. Baterías para aplicaciones fotovoltaicas

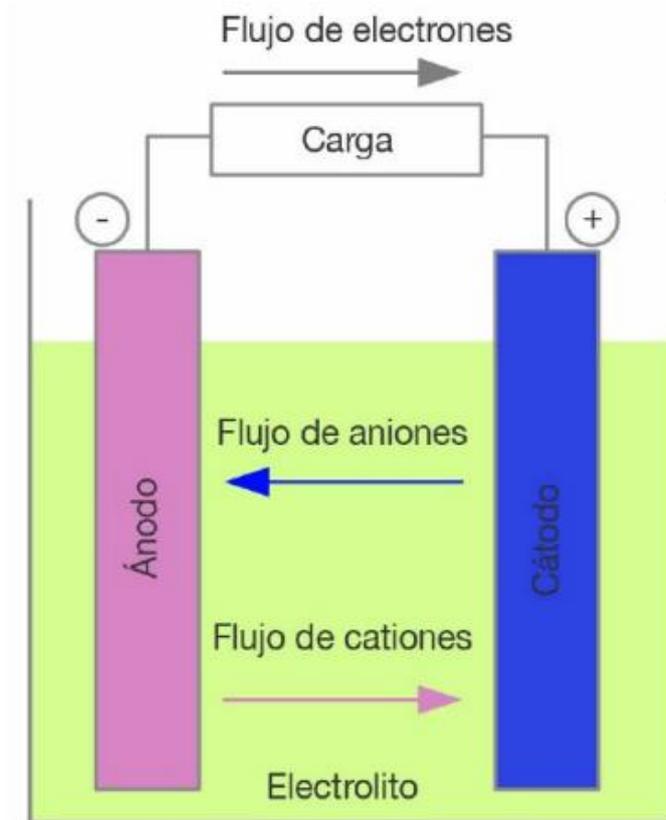


Nota: Tipos de baterías para aplicaciones fotovoltaicas Fuente: Caicedo; 2018

2.12.1. Principios de funcionamiento

La batería cumple la función de función de carga y descarga, son grandes almacenadores de energía. Este proceso se lleva a cabo mediante una reacción química llamada redox o también reducción – oxidación, uno de los componentes se encuentra en estado oxidativo por consecuencia pierde electrones mientras el otro reduce electrones, al tener este proceso conjunto los componentes no resultan consumidos (Caicedo, 2020). A continuación, la figura 23 muestra el proceso del flujo de electrones interno en una batería.

Figura 23. Estructura interna de una batería



Nota: La batería cuenta con dos materiales con configuración ánodo (compuerta positiva), cátodo (compuerta negativa), el flujo de electrones. Fuente: Caicedo; 2018

2.12.2. Características de una batería

La batería cumple la función de función de carga y descarga, son grandes almacenadores de energía. Este proceso se lleva a cabo mediante una reacción química llamada redox o también reducción – oxidación, uno de los componentes se encuentra en estado oxidativo (Mazorra, 2013).

1. Voltaje en vacío: voltaje de acumulador cuando no se encuentra conectada a una carga.
2. Voltaje en flotación: voltaje superior a circuito abierto donde conserva el sistema de baterías cargado cuando no está en funcionamiento.

3. Voltaje de carga: cuando un acumulador se descarga, se le aplica un voltaje de frotación para llevarlo al estado de carga en un largo periodo de tiempo, para optimizar este proceso es necesario que el voltaje de carga sea mayor conocido como voltaje de batería.
4. Voltaje nominal: valor estándar proporcionado por el fabricante.
5. Voltaje de corte: conocido como voltaje de descarga, este valor nos indica la finalización del ciclo de descarga de la batería para la capacidad que se va a utilizar.
6. Resistencia interna: representa la oposición que presenta la batería ante la extracción o introducción de un flujo de electrones.
7. Ciclo de vida: representa el número de ciclos de una batería como carga y descarga que este pueda soportar sin que este disminuya su capacidad, dejando que la batería se encuentre en un 80% de su capacidad (Caicedo, 2020).
8. Auto descarga: se conoce como la disminución de carga que se produce sin consumo, el fabricante proporciona esta información.

2.12.3. Batería Sellada

Conocida como VRLA (Batería de plomo ácido regulado por válvula) o conocida como libre mantenimiento. Debido a su fabricación no requiere ventilación, soporta temperaturas de 25°C y hasta 30°C como rango de máxima operación. Se caracterizan por tener una vida útil entre 1, 3 hasta 5 años, respectivamente (Mazorra, 2013). La figura 24. Muestra la estructura de una batería VRLA.

Figura 24. Batería VRLA



Nota: La batería cuenta con dos materiales con configuración ánodo (compuerta positiva), cátodo (compuerta negativa), el flujo de electrones. Fuente: Powery; 2012

2.12.3. Batería de níquel – cadmio

Las baterías Ni-Cd debido a su alineación soportan altas temperaturas y cuenta con un numero entre 500 y 700 ciclos, respectivamente temperaturas de hasta 45°C y se caracterizan por tener una autonomía de 8 a 10 años, respectivamente (AMPER, 2018). La figura 24. Muestra la estructura de una batería Ni-Cd.

Figura 25. Batería níquel cadmio



Nota: La batería cuenta con dos materiales con configuración ánodo (compuerta positiva), cátodo (compuerta negativa), el flujo de electrones. Fuente: Powery; 2012

2.12.4. Batería de litio

Las baterías de litio fueron pensadas para aplicación de alto demanda, su tecnología es más robusta que las anteriores mencionadas soporta entre 900 y 1500 ciclos, respectivamente, y temperaturas superiores a los 60°C, también cuentan con una autonomía de 18 a 20 años (Mazorra, 2013). La figura 24. Muestra la estructura de una batería de litio.

Figura 26. Batería de litio



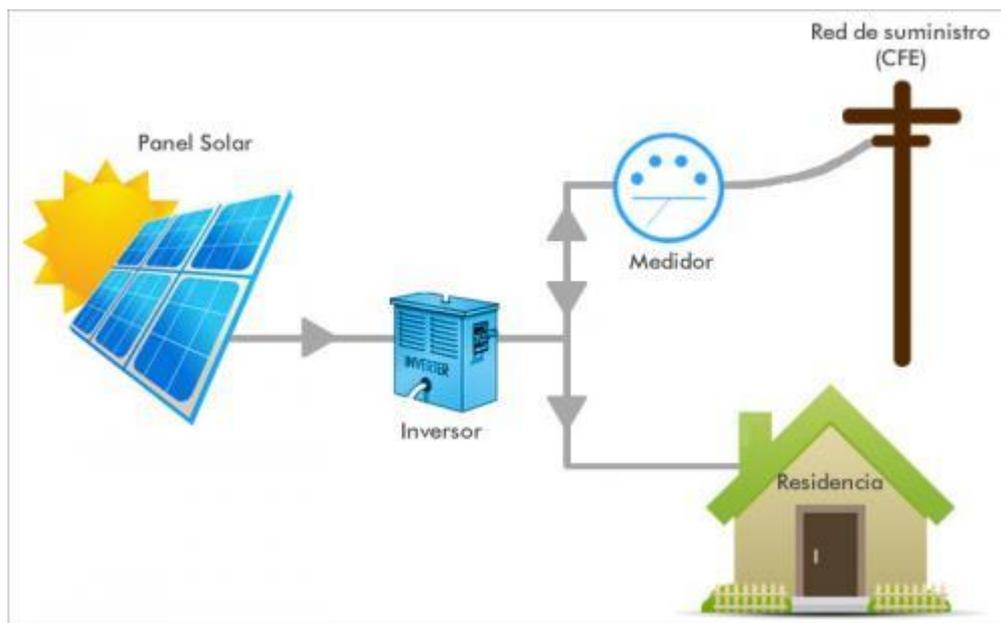
Nota: La batería cuenta con dos materiales con configuración ánodo (compuerta positiva), cátodo (compuerta negativa), el flujo de electrones. Fuente: Narada; 2012

2.13. Sistema fotovoltaico interconectado a la red

Los sistemas ON GRID o interconectados se caracterizan por entregar energía solo por panel solar e inversor, este sistema no cuenta con baterías, por tanto, la energía absorbida por el sol por medio de efecto fotoeléctrica genera energía eléctrica DC en los terminales del módulo, estos son conectados a las entradas del inversor o también conocidos como MPPT, cada una cuenta con una configuración de voltaje y corriente específica para poder operar. Operativo el inversor comienza la conversión de energía DC- AC mediante la electrónica interna de este equipo, generando un voltaje AC con onda sinusoidal casi pura (Polo, 2022).

En horario diurno entrega energía eléctrica AC a la carga, se conecta directamente al tablero de distribución. En horario nocturno el suministro de electricidad lo genera la empresa eléctrica. Este sistema forma parte de la GD (Generación Distribuida) cuyo concepto general indica la generación de energía cerca del sitio de consumo, es decir sin tener etapa de transporte y distribución, catalogando al usuario como cliente prosumidor, es decir consumidor y productor de la energía. La generación de la energía no solo alimenta la carga, también inyecta energía a la red eléctrica nacional, este excedente de energía es medida y pagada al usuario por medio de créditos en la factura de consumo eléctrico mensual gracias a las regulaciones y normativas tarifarias de la empresa distribuidora, así como las resoluciones internacionales de medición y facturación neta (D'addario, 2015). La figura 27. Muestra esquemáticamente el comportamiento de un sistema interconectado a la red.

Figura 27. Sistema interconectado a la red



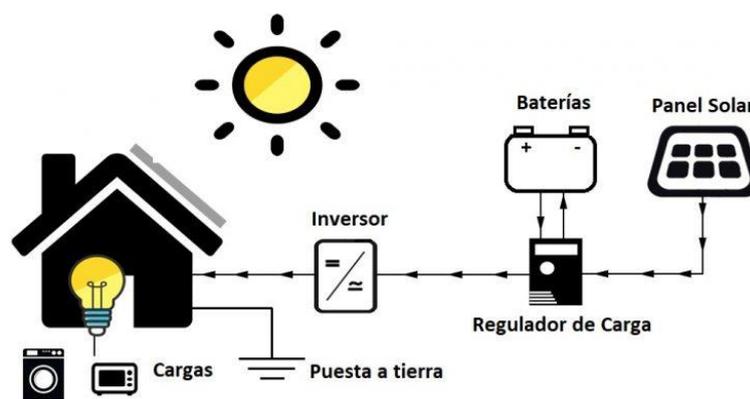
Nota: Este sistema trabaja un periodo de 12 horas por generación solar, en horario nocturno trabaja con la energía eléctrica suministrada por la empresa distribuidora, el excedente de energía será medido y facturada como crédito mediante la implementación de un dispositivo bidireccional. Fuente: Caicedo; 2018

2.14. Sistema fotovoltaico aislado

Los sistemas aislados también conocidos como autónomos, cuenta con dos entradas DC que alimentan al inversor. La primera entrada es por medio de los paneles solares y la segunda mediante un banco de baterías externo la cual, pasa por un controlador de carga antes de llegar a la entrada DC del inversor (Castilla León. , 2004). El equipo en horario diurno genera energía eléctrica por panel solar y carga el banco externo, en horario nocturno el banco de baterías inyecta energía DC al inversor el cual la convierte en energía AC sin embargo, según la capacidad del banco de baterías con respecto a la carga su periodo de autonomía diaria (Camacho & Navarro, 2022).

Estos sistemas son utilizados para zonas rurales o con difícil acceso a la red eléctrica nacional, el consumo de energía nocturno se ve limitado al dimensionamiento del banco externo y la carga utilizada siendo esta una limitante (Tobajas, 2020). La figura 28. Muestra esquemáticamente el comportamiento de un sistema aislado.

Figura 28. Sistema autónomo solar



Nota: Este sistema trabaja durante las horas en la que pasa el sol generando energía por medio de paneles, cuando el sol se oculta las baterías funcionan como respaldo generando la energía necesaria para alimentar a las cargas. Fuente: Caicedo; 2018

CAPITULO III

3. ANALISIS DE VARIABLES

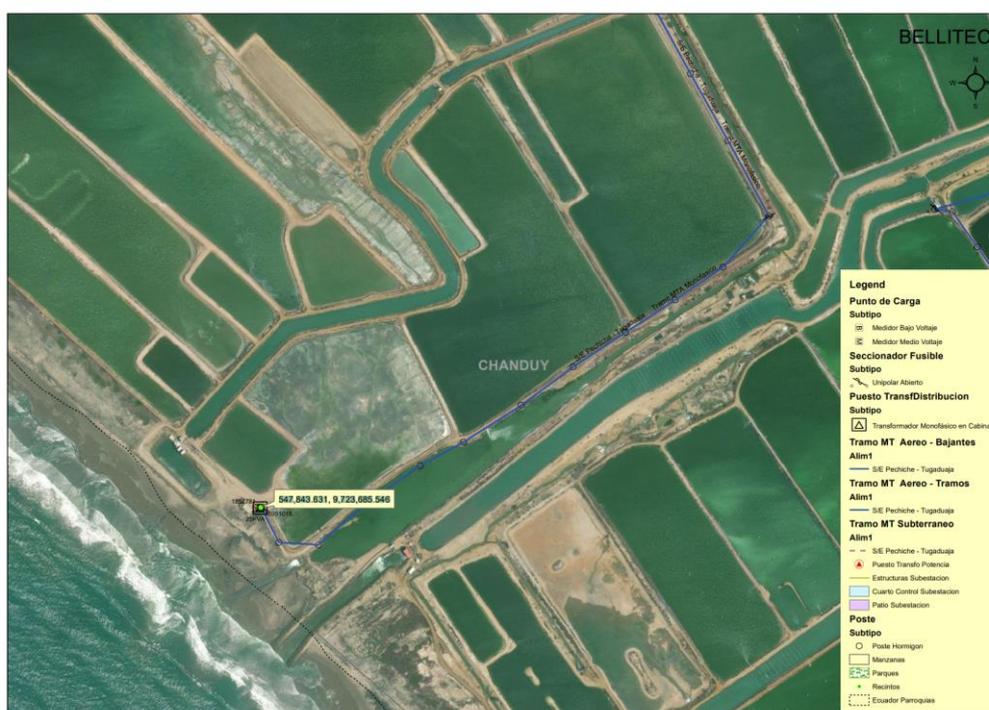
3.1. Antecedentes

La industria BELLITEC S.A. dedicada a las actividades de exportación de camarón, criadero de camarón, larvas y preservación de la calidad del producto. Esta industria cuenta con 42 piscinas, áreas administrativas, laboratorios, Silos y bodegas.

3.2. Referencia geográfica

La industria BELLITEC S.A. Cuenta con múltiples piscinas ubicadas en la provincia de Santa Elena, ubicada en Chanduy, cuenta con 3.98 Km² y coordenadas geográficas 17M547729.67m Este y 9723800.66m Sur, con una elevación de 2.74 metros sobre el nivel del mar. La figura 29. Muestra la ubicación de la camaronera.

Figura 29. Ubicación de red de distribución



Nota: ubicación actual de la red de distribución aérea que colinda con Chanduy Fuente: Google maps, 2022

Las oficinas administrativas y laboratorios BELLITEC S.A. se encuentran situados a las cercanías de las piscinas como lo muestra la figura 30. para un control de calidad del crecimiento de las larvas de camarón.

Figura 30. Ubicación de camaronera BELLITEC

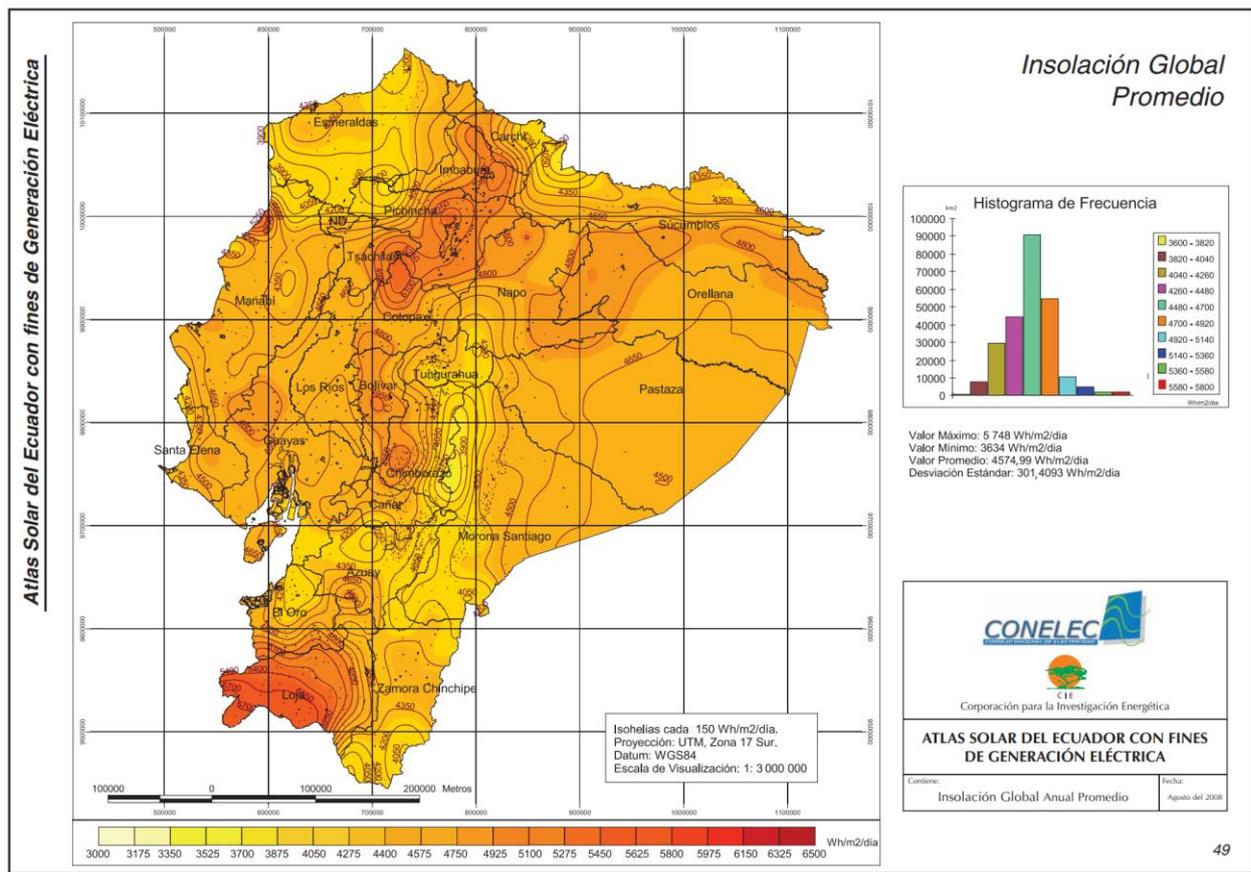


Nota: Ubicación georreferenciada de cuarto eléctrico camaronera Fuente: Google maps, 2023

3.3. Radiación solar

La camaronera BELLITEC S.A. ubicado en Chanduy – Santa Elena, cuenta con una radiación global promedio de $4.5\text{kWh/m}^2/\text{día}$ como se muestra en La figura 31. donde se muestra la insolación global promedio medida en el periodo 2008. La radiación global promedio es la sumatoria de radiación directa y radiación difusa del promedio de los 12 meses del año.

Figura 31. Radiación solar en Santa Elena

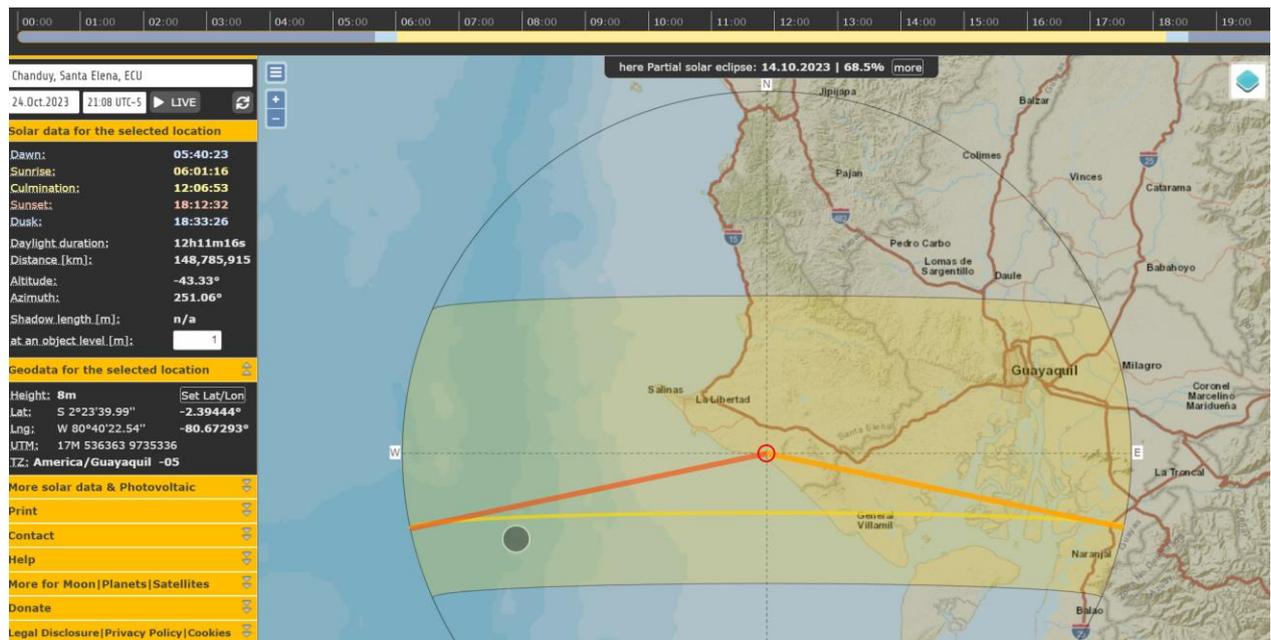


Nota: mapa de irradiación solar global promedio Fuente: Atlas Solar, 2018

3.4. Cálculo de sombra

La camaronera al tener hectáreas dedicadas áreas de expansión, laboratorios y piscinas para criadero de larva de camarón. La orientación del sol parte de Este a oeste. Las sombras generadas son depreciables debido a que la camaronera, El edificio cuenta con una altura de 50 metros, tomando en cuenta la orientación del sol, por su elevación y área de cobertura, el sistema no genera pérdida. La figura 32. y tabla 1. muestra la orientación del sol y su incidencia de sombra, en los horarios de 6:01 am a 18:12 pm, observando que este no posee incidencia de sombras por presencia de montaña, objetos o paisaje, debido a su ubicación y altitud, fuera del horario indicado se muestra una presencia de oscuridad a las 18:33pm, con el ocaso del sol contando con 12horas con 13 minutos con incidencia del sol sobre el terreno, siendo el intervalo de 11am hasta las 2pm el periodo donde se aprovechará la máxima irradiación.

Figura 32. Calculadora de incidencia de sombra Santa Elena



Nota: Índice de sombra por posicionamiento del sol Fuente: Suncalc, 2022

Tabla 1. Datos de sombra

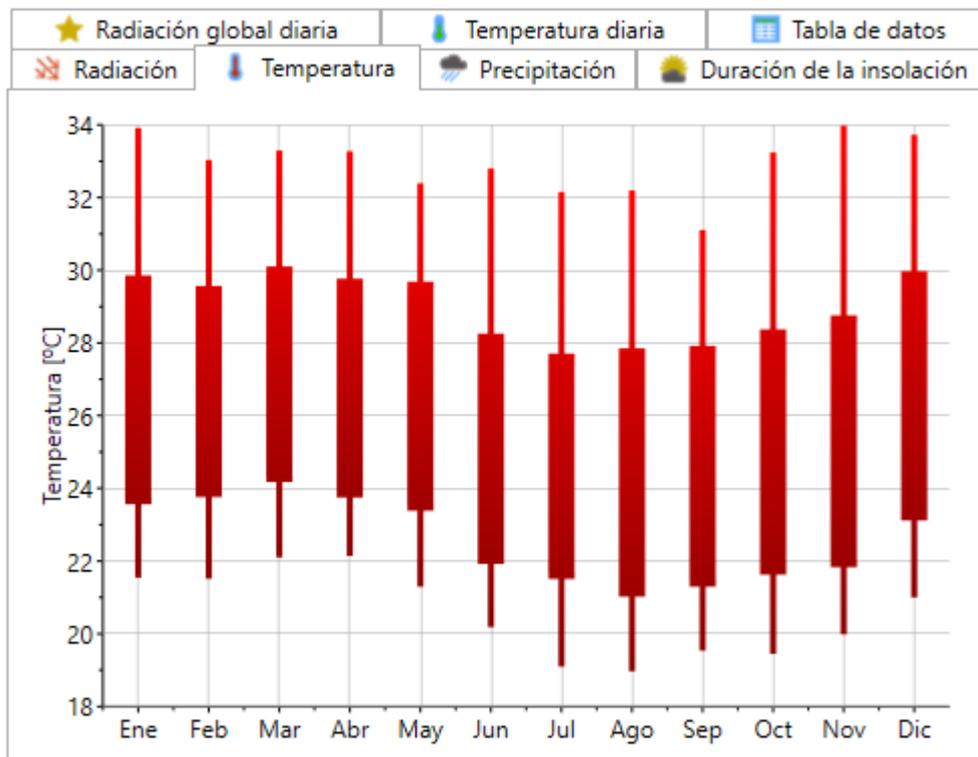
Datos solares por localización	
Amanecer	5:40:23
Amanecer con presencia de sol	6:01:16
hora sol pico	12:06:53
Puesta de sol	18:12:32
oscuridad	18:33:26
Duración de la presencia del sol	12:15:16
Altitud	5
Azimut	0
Inclinación de sombra	0

Fuente: Suncalc editada por autor, 2022

3.5. Índice de temperatura

La temperatura promedio en la provincia de Santa Elena es de 24°C. Con la ayuda del software Meteonorm se puede evidenciar los rangos de temperatura que ha presentado la camaronera según los meses del periodo 2020 como lo muestra figura 33.

Figura 33. Temperatura anual en Santa Elena



Nota: Índice mensual promedio de temperatura Fuente: meteonorm, 2022

Meteonorm 8. Indica que en los meses de enero hasta mayo la temperatura alcanza los 30°C y en los meses de junio hasta octubre la temperatura alcanzando los 26°C, teniendo como diferencia de 2°C.

3.6. Consumo de energía eléctrica anual

La tabla 3.2. Muestra el historial de consumo en el periodo 2023-2022, tomado por la empresa eléctrica suministrada por la distribuidora CNEL Unidad de Negocio Santa Elena, dicha información se muestra en la tabla 2.

La camaronera BELLITEC, cuenta con una demanda promedio de 624 kW de potencia y una potencia máxima de 1456 kW tomando desde septiembre 2022 hasta septiembre 2023, su jornada de trabajo es de 7:30 am hasta 16:30pm, cuenta con un

consumo de energía activa promedio de 207.41 MWh y energía reactiva promedio de 85.43 MVarh.

Tabla 2. Historial de consumo

Fecha Facturación	Consumo Activa	Consumo Reactiva	Factor Demanda	Potencia Leída	Demanda Facturada	Valor Factura	Saldo Anterior	Total a Pagar	Estado Factura
06/09/23	200900	56000	0.96	609	609	18,208.10	- 0.00	18,214.56	Pagada
07/08/23	221900	64400	0.96	616	616	19,785.54	- 0.00	19,785.54	Pagada
07/07/23	222600	75600	0.95	637	637	19,957.49	- 0.00	19,957.49	Pagada
07/06/23	93800	51800	0.88	420	420	9,703.92	- 0.00	9,703.92	Pagada
08/05/23	64400	32900	0.89	182	182	5,956.13	- 0.00	5,956.13	Pagada
06/04/23	144900	82600	0.87	462	462	14,026.24	- 0.00	14,026.24	Pagada
07/03/23	151900	86800	0.87	658	658	15,759.44	- 0.00	15,759.44	Pagada
08/02/23	223300	123200	0.88	651	651	21,002.35	- 0.00	21,002.35	Pagada
06/01/23	246400	135100	0.88	651	651	22,770.23	- 0.00	22,770.23	Pagada
06/12/22	422100	155400	0.94	1456	1456	39,268.50	- 27,357.09	11,911.41	Pagada
04/11/22	243810	84840	0.94	432.6	433	20,337.47	- 47,694.56	- 27,357.09	Pagada
06/10/22	212730	86520	0.93	672	672	-	- 0.00	- 47,694.56	Pagada
12/09/22	247590	78120	0.95	659.4	659	21,913.21	- 0.00	21,925.62	Pagada
08/08/22	258720	137760	0.88	625.8	626	23,562.72	- 0.00	23,562.72	Pagada
07/07/22	202650	74340	0.94	193.2	193	15,945.04	- 0.00	15,945.04	Pagada
07/06/22	279930	135450	0.90	634.2	634	24,673.16	- 0.00	24,673.16	Pagada
06/05/22	182700	59010	0.95	144.9	145	14,208.79	- 0.00	14,208.79	Pagada
06/04/22	176820	57120	0.95	144.9	145	13,778.38	- 0.00	13,778.38	Pagada
08/03/22	216510	73920	0.95	2.1	2	15,861.72	- 0.00	15,861.72	Pagada
07/02/22	188790	64890	0.95	0	0	14,298.20	- 0.00	14,298.20	Pagada
07/01/22	172410	55230	0.95	0	0	13,099.19	- 510.25	12,588.94	Pagada
08/12/21	197190	68670	0.94	27.3	27	14,591.20	- 15,101.45	- 510.25	Pagada
05/11/21	145320	42630	0.96	497.7	498	13,501.62	- 28,603.07	- 15,101.45	Pagada
05/10/21	150150	39900	0.97	340.2	340	12,946.99	- 41,550.06	- 28,603.07	Pagada

Fuente: CNEL EP editado por: Autor, 2022

3.7. Diagrama unifilar

La camaronera BELLITEC cuenta con una acometida en medio voltaje la cual, alimenta a una celda principal de protección y distribución normalizada que distribuye

CAPITULO IV

4. DISEÑO FOTOVOLTAICO

4.1. Diseño del sistema fotovoltaico

El capítulo de diseño cuenta con dos apartados, el diseño teórico en función a la recopilación de información del capítulo III y el diseño mediante un software. Cabe recalcar que el software nos dará una aproximación de la capacidad del sistema y sus elementos, sin embargo, dentro del diseño teórico se indicaran criterios externos que se consideran relevantes dentro de la etapa de diseño.

4.1.1. Diseño Teórico

El diseño propuesto comprende un sistema de micro generación fotovoltaica conectada a la red, para el desarrollo del cálculo de tomar los datos obtenidos de irradiación global horizontal, ubicación del predio, temperatura promedio, incidencia de objetos o sobras aledañas a la superficie del terreno, diagrama unifilar etc.

BELLITEC S.A. cuenta con área disponible para parques fotovoltaicos en superficie plana, por tanto, se precisa saber el número de módulos fotovoltaicos que estarán disponibles en el terreno, para ello se tomara el consumo diario promedio del periodo 2022 – 2023, dividido para los 30 días que conforman un mes como se muestra en la ecuación 1.

Ecuación 1. Consumo diario

$$\text{Consumo Mensual}_{(\text{promedio})} = 190864,55W/h$$

$$\text{Consumo diario}_{(\text{promedio})} = \frac{\text{Consumo mensual promedio } kW/h}{30 \text{ días}} \quad (1)$$

$$\text{Consumo diario}_{(\text{promedio})} = 6362,15 kW/h$$

Se necesita diario promedio se puede conseguir determinar el número de paneles requeridos por el sistema para abastecer el consumo, para ello se divida dicho

consumo para las horas sol pico, estas horas son el resultado de la irradiación global que incide en el plano horizontal dividido para 1 kW/m². La ecuación 2. y 3. detallan las ecuaciones de horas sol pico y la capacidad producida del sistema.

Ecuación 2. Hora sol pico

$$\text{Horas solares} = \frac{\text{Radiacion difusa } \left(\frac{kWh}{m^2}\right)}{1 \text{ Kw}/m^2} \quad (2)$$

$$\text{HSP} = \frac{4.50kWh/m^2}{1 \text{ kW}/m^2} = 4.50h$$

Ecuación 3. Potencia Generador Fotovoltaico

$$P. \text{ Gen Fotovoltaico} = \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Horas sol pico}} \quad (3)$$

$$P. \text{ Gen Fotovoltaico} = \frac{6362,15KW/h}{4.50h} = 1413kW$$

La potencia fotovoltaica necesaria para este abastecer la demanda es de 1156 kW, sin embargo, no existe un tipo de inversor que pueda convertir dicha capacidad, para este capítulo usando criterios de instalación la potencia total se dividirá en 2 generadores de 707kW. Para conocer la cantidad de paneles fotovoltaicos se dividirá la potencia de cada generador para la potencia unitaria de dicho módulo dando como resultado un número adimensional, como se muestra en la ecuación 4.

Ecuación 4. Numero de módulos fotovoltaicos

$$\text{Cantidad P. Fotovoltaico} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica}}{\text{Potencia de modulo}} \quad (4)$$

$$\text{Cantidad P. Fotovoltaico} = \frac{707kW}{0.455kW} = 1553 \text{ unidades}$$

Cada panel fotovoltaico cuenta con dimensiones estándar de 2m de largo por 1m de ancho, dando como área por módulo de 2m², multiplicado por 1553 unidades un área de 3107 m². Cabe recalcar que aún no están considerado lo espacios de seguridad por conjunto.

Finalmente, el inversor se selecciona considerando la producción del sistema 768 kW, considerando que el inversor en su conversión de energía DC/AC tendrá una

pérdida asumida de 10%, para compensar este déficit se sobredimensionará la producción con un 10% obteniendo 844 kW, dicha capacidad no existe dentro de la gama industrial de inversores a 480V, sin embargo para llegar a la capacidad necesaria se realizara paralelismo de 7 inversores de 125 kW, siendo de esta manera la potencia del inversor 875 W.

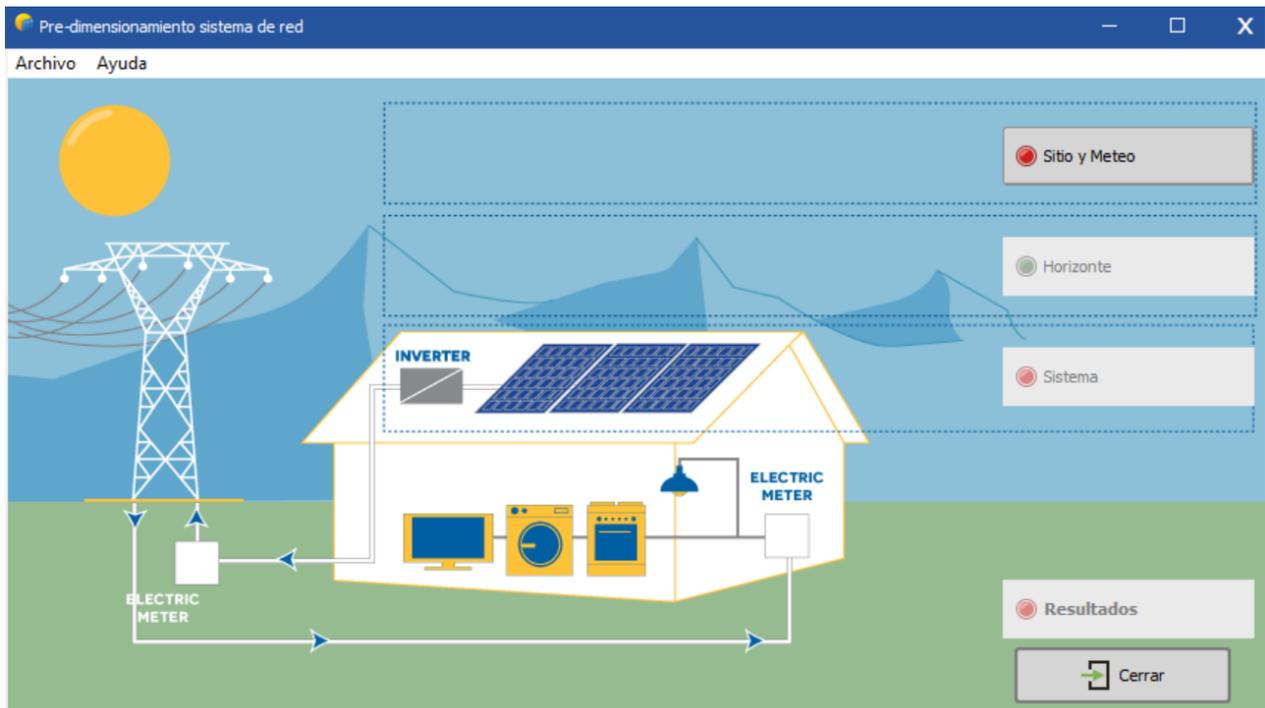
4.2. Software PV Syst

(PVsyst, 2017) es un software de simulación especializado en la evaluación y diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica. Su nombre proviene de "PhotoVoltaic SYSTem". PVSyst es ampliamente utilizado en la industria solar para analizar el rendimiento de instalaciones fotovoltaicas, realizar estudios de sombreado, calcular la producción de energía solar, y optimizar el diseño de sistemas solares como lo muestra la figura 35. Entre las principales funciones de PVSyst se incluyen:

1. **Diseño y Modelado:** PVSyst permite a los usuarios modelar sistemas fotovoltaicos a nivel de componentes, lo que incluye la disposición de paneles solares, inversores, estructuras de montaje y otros equipos relacionados.
2. **Simulación de Rendimiento:** El software realiza simulaciones de rendimiento de sistemas fotovoltaicos teniendo en cuenta factores como la ubicación geográfica, la inclinación y orientación de los paneles solares, la radiación solar, la temperatura, la sombra y otros parámetros climáticos.
3. **Análisis de Sombreado:** PVSyst permite realizar análisis detallados de sombreado para identificar cómo los objetos circundantes, como árboles o edificios, afectarán el rendimiento de un sistema solar.

4. **Predicción de Producción de Energía:** El software calcula la producción de energía eléctrica esperada de un sistema fotovoltaico en función de las condiciones climáticas y la configuración del sistema.
5. **Análisis Económico:** PVSyst también puede ayudar a realizar análisis económicos, incluyendo cálculos de retorno de la inversión (ROI) y costos de ciclo de vida.
6. **Comparación de Escenarios:** Los usuarios pueden comparar diferentes escenarios de diseño y ubicación para determinar cuál es la configuración óptima para un proyecto.
7. **Informes y Documentación:** PVSyst genera informes detallados que proporcionan resultados de simulación y datos relevantes para la toma de decisiones en proyectos solares.

Figura 35. PVsyst solar



Nota: Plataforma para dimensionamiento de sistema fotovoltaicos Fuente: PVsyst, 2022

4.3. Dimensionamiento del sistema

Para iniciar con el dimensionamiento del sistema, el Software nos pedirá que proporcionemos la ubicación del sitio donde se realizara el diseño, Área o capacidad de la instalación, de acuerdo a los datos entregados al sistema el almacenará esta información en su base de datos y posterior a ellos, utilizará herramientas que ayudarán con el desarrollo del diseño permitiendo al usuario manipular las variables de entrada y salida para que el arreglo beneficie al sistema y cumpla con las condiciones para su correcta operación. La figura 36. Muestra la interfaz del software, herramientas, variables, bases de datos, simulación, etc.

Figura 36. Interfaz de variables

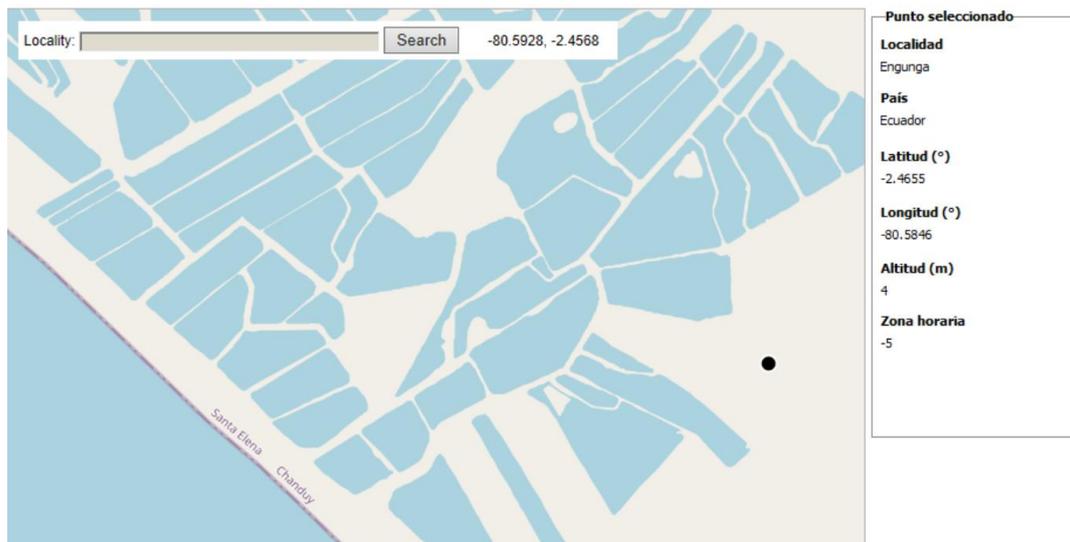


Nota: Plataforma para dimensionamiento de sistema fotovoltaicos Fuente: PVsyst, 2022

4.3.1 Selección de ubicación

La ubicación del sitio de diseño se realizará mediante una herramienta anexa de georreferenciación como lo muestra la figura 37. donde al seleccionar el punto específico del diseño este arroja datos del país, latitud, longitud, altitud del área marcada y su zona horaria.

Figura 37. Georreferencia del sitio



Nota: Ubicación del punto donde se instalará el generador fotovoltaico. Fuente: Pv syst, 2023

El siguiente paso es confirmar que la información inicial está correcta y posteriormente solicitará que seleccionemos una fuente de análisis de datos climatológico, dentro de PVsyst viene el software Meteonorm 8.0. La cual proporciona datos climáticos históricos y típicos normalizados para una ubicación específica. Esto incluye información sobre la radiación solar, la temperatura, la velocidad del viento, la humedad relativa y otros parámetros meteorológicos. La tabla 3. muestra los datos entregados por la base de datos donde para nuestro estudio utilizaremos las siguientes variables: radiación promedio Global, difusa y temperatura; siendo para radiación global 4.81 Wh/m²/día y radiación difusa 2.58 Wh/m²/día, Temperatura promedio de 25°C.

Tabla 3. Resumen de variables meteorológicas

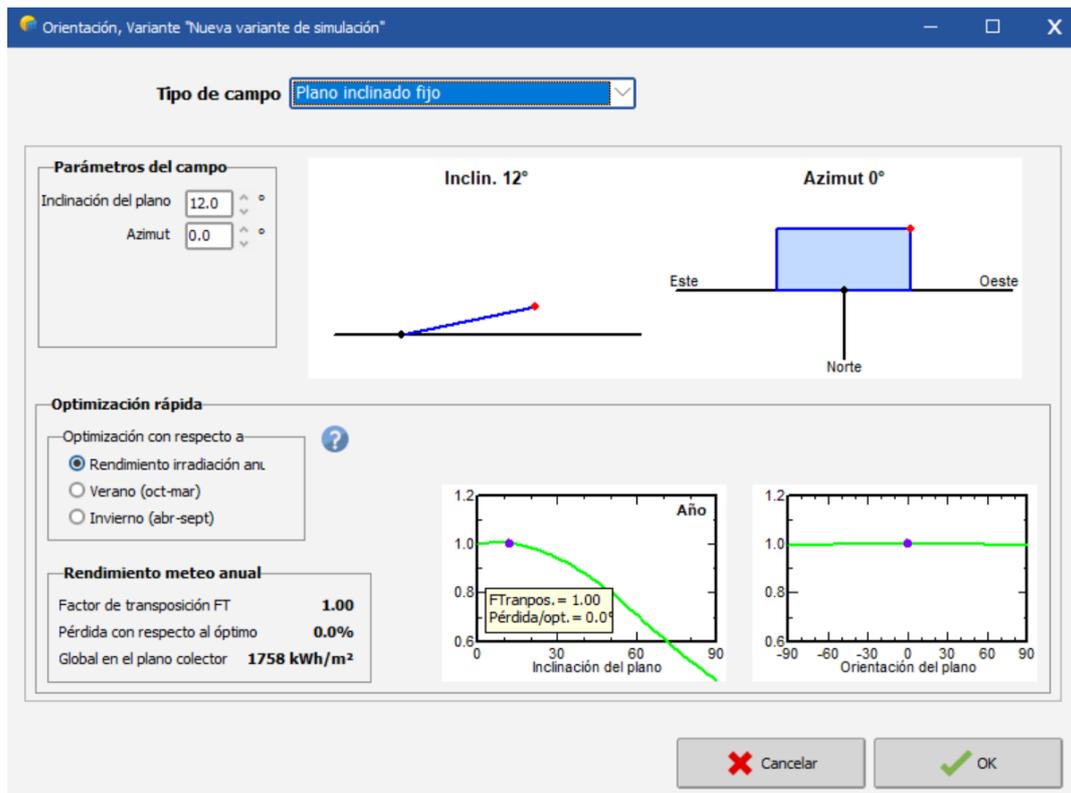
	Irradiación Global Horizontal kWh/m²/día	Irradiación Difusa Horizontal kWh/m²/día	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Humedad relativa %
Enero	5.19	2.75	26.60	1.60	72.10
Febrero	4.97	2.78	26.60	1.30	76.70
Marzo	5.35	2.66	27.00	1.30	75.70
Abril	5.78	2.53	26.70	1.40	75.70

Mayo	5.59	2.27	26.40	1.70	73.40
Junio	4.56	2.41	24.70	2.21	75.80
Julio	4.43	2.55	23.90	2.39	74.30
Agosto	4.33	2.86	23.80	2.70	73.40
Septiembre	4.70	2.57	24.20	2.79	73.60
Octubre	3.83	2.54	23.90	2.80	74.20
Noviembre	3.49	2.09	24.20	2.70	71.80
Diciembre	5.51	2.89	26.20	2.30	67.20
Año	4.81	2.58	25.40	2.10	73.50

Nota: permite conocer la irradiación global horizontal diaria, temperatura, humedad y precipitación. Fuente: Pvsyst, 2023

Una vez mostrado los valores el software pedirá que se indique la inclinación de los módulos solares, recordando que el sitio de instalación es un ambiente que cuenta con piscinas y lotes baldíos este no contara con elementos externos al área que generen sombra. Por tanto, este tipo de sistemas es recomendable posicionarlo a una inclinación fija que contará con un Angulo de 12°. La figura 38. muestra la selección del ángulo tomando como referencia el azimut 0, la misma herramienta sugiere que con dicho ángulo las pérdidas por inclinación de acuerdo a la zona geográfica y la inclinación del sol será de 0%, el diseño muestra una potencia absorbida por módulo de 1758 kWh/m² . sin embargo, en este apartado no muestra la distancia que deberán tener dichos arreglos en posición horizontal o vertical para no generar una sombra unos con otros, dicho criterio el software lo asume en la etapa de selección de electos.

Figura 38. Orientación de sistema fotovoltaico

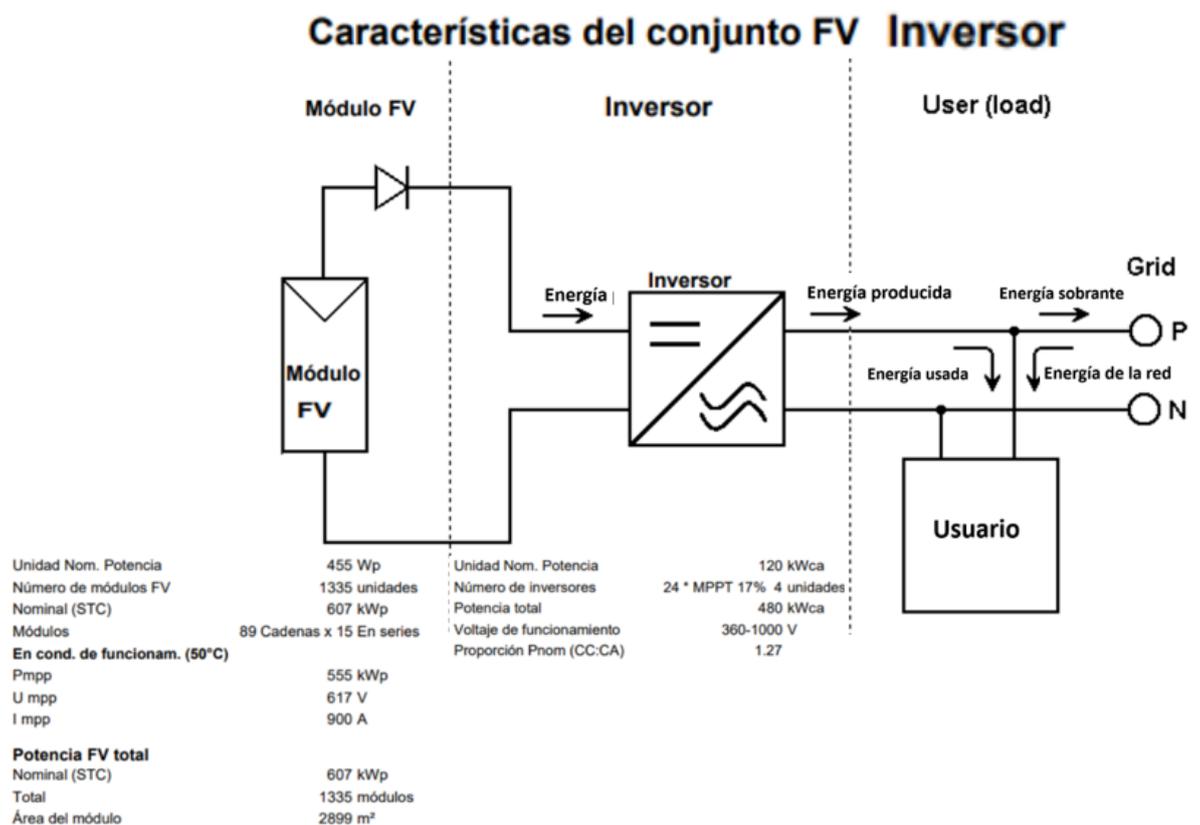


Nota: el programa sugiere la orientación óptima para reducir las pérdidas por captación. Fuente: Pv syst, 2023

La siguiente etapa, corresponde a la selección manual de los elementos, antes de ello es software nos pedirá que indiquemos el área disponible en m² o la capacidad instalada en kW (Datos necesarios para que el sistema realice el cálculo), posterior a ello el sistema solicitara que indiquemos la potencia unitaria del módulo fotovoltaico, el software cuenta con una librería actualizada de distintos distribuidores de panel solar entre ellos encontraremos marcas reconocidos con variables en capacidad y tipo de material del módulo, también no solicitara la selección del inversor, el software nos recomendará uno de acuerdo a la potencia de diseño y después de dicha selección esta ajustará los paneles fotovoltaicos de acuerdo a las variables de entrada que tiene el inversor para que el sistema quede operativo. La figura 39. la potencia se entregó el dato de la potencia planteada de 607 kW, por tanto, el software genera un área promedio considerando que los módulos son estándar con dimensiones de 2m² y distancias de separación entre arreglos de 0.5 a 1m² según lo considere el programa.

Para esta parte de diseño se seleccionó la marca JA Solar un módulo monocristalino de 455W con tensión de 39.5V y 11A, para la selección del inversor el sistema cuenta con elementos de 120W tipo centralizado en marca ABB, dichos inversores harán un paralelismo para llegar a la capacidad requerida. En este caso número de inversores será de 4 unidades cada uno con la siguiente característica Trifásico 120W cuenta con 6 MPPT y un rango de voltaje de entrada de 360 a 1000V, trabaja a frecuencia de 50/60Hz y corriente máxima de hasta 80A.

Figura 39. Selección de elementos del sistema fotovoltaico



Nota: pestaña que permite seleccionar el tipo de panel, inversor, y batería donde el programa ajusta la potencia nominal del equipo a las condiciones meteorológicas y área de disposición. Fuente: Pv syst, 2023

La figura 40. nos indica un resumen del sistema con un total de 1335 módulos des solares monocristalinos de 455W abarcando un área de 2899m2 teniendo una potencia de entrada de 607 kW, la cual, estará conectada a 4 inversores en paralelo

con capacidad de 120 kW con 6 MPPT de entrada en rango de 360 a 1000VDC y salida 3F-480VAC, la salida AC se conecta directamente a la carga (Tablero de distribución principal).

Finalmente, el software nos entregará un informe el cual, se encontrará adjunto en el capítulo de anexos atributos como se ve en la figura 40 los cuales son:

1. Generalidades: inclinación, sombreado, necesidades del usuario y base de datos meteorológico.
2. Características del sistema fotovoltaico: Numero de paneles, arreglo (serie- paralelo) inversores, área del de instalación, potencia, voltaje y corriente del sistema.
3. Pérdidas del sistema: Térmicas, cableado, conexionado, módulo, desajuste de arreglo, etc.
4. Producción: análisis de potencia generada, horas sol pico, etc.
5. Análisis económico: Estudio económica de retorno de inversión, depreciación de los elementos, mantenimiento.
6. Estudio ambiental: emisiones de gas de efecto invernadero no producidos por el sistema en el periodo del proyecto
7. Análisis térmico: estudio térmico de la operación del conjunto fotovoltaico de acuerdo a zona de instalación.

Figura 40. Resumen general de sistema fotovoltaico

Parámetros generales		
Sistema conectado a la red	Sin escena 3D definida, sin sombras	
Orientación campo FV	Configuración de cobertizos	Modelos usados
Orientación	Sin escena 3D definida	Transposición Perez
Plano fijo		Difuso Perez, Meteonorm
Inclinación/Azimut 12 / 0 °		Circunsolar separado
Horizonte	Sombreados cercanos	Necesidades del usuario
Horizonte libre	Sin sombreados	Carga ilimitada (red)

Características del conjunto FV			
Módulo FV		Inversor	
Fabricante	JA Solar	Fabricante	ABB
Modelo	JAM78-S10-455-MR	Modelo	PVS-120-TL
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	455 Wp	Unidad Nom. Potencia	120 kWca
Número de módulos FV	1335 unidades	Número de inversores	24 * MPPT 17% 4 unidades
Nominal (STC)	607 kWp	Potencia total	480 kWca
Módulos	89 Cadenas x 15 En series	Voltaje de funcionamiento	360-1000 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC:CA)	1.27
Pmpp	555 kWp	Potencia total del inversor	
U mpp	617 V	Potencia total	480 kWca
I mpp	900 A	Núm. de inversores	4 unidades
Potencia FV total		Proporción Pnom	1.27
Nominal (STC)	607 kWp		
Total	1335 módulos		
Área del módulo	2899 m ²		

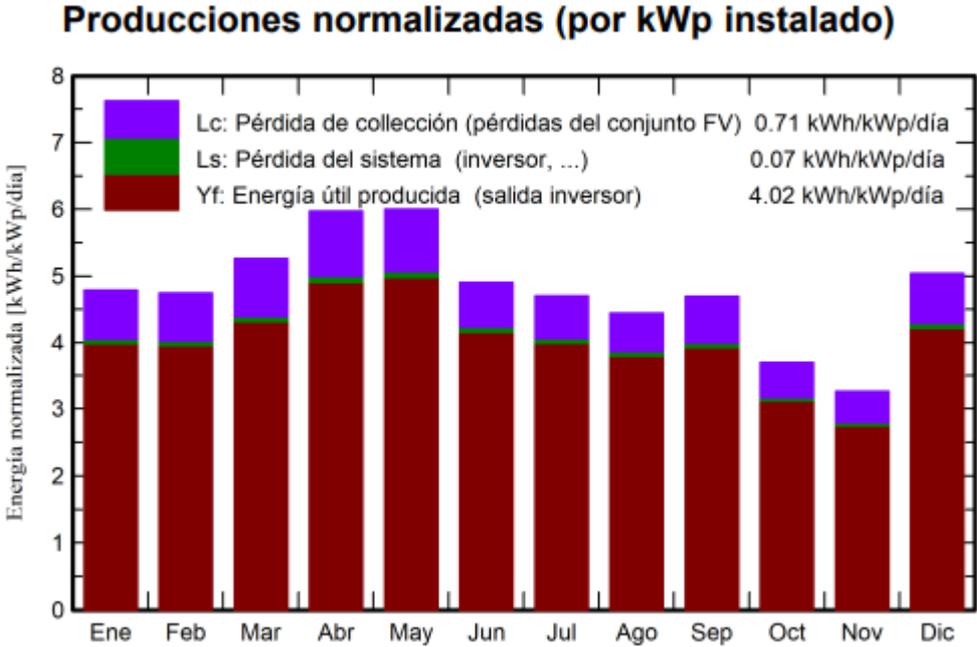
Pérdidas del conjunto								
Factor de pérdida térmica	Pérdidas de cableado CC	Pérdida de calidad módulo						
Temperatura módulo según irradiancia	Res. conjunto global 11 mΩ	Frac. de pérdida	-0.8 %					
Uc (const) 20.0 W/m ² K	Frac. de pérdida 1.5 % en STC							
Uv (viento) 0.0 W/m ² K/m/s								
Pérdidas de desajuste de módulo	Pérdidas de desajuste de cadenas							
Frac. de pérdida 2.0 % en MPP	Frac. de pérdida 0.1 %							
Factor de pérdida IAM								
Efecto de incidencia (IAM): Vidrio liso Fresnel, n = 1.526								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.998	0.981	0.948	0.862	0.776	0.636	0.403	0.000

Nota: resumen del generador fotovoltaico indicando condiciones meteorológicas, perdidas y elementos que lo conforman. Fuente: Pv syst, 2023

La figura 41. Muestra un resumen de la producción del sistema por KiloVatio instalado, toma como referencia los 12 meses del año considerado la energía producida y las pérdidas del sistema (Inversor y arreglo fotovoltaico). Se observa que los meses de abril y mayo el sistema tiene una mayor capacidad de generación siendo su energía producida de aproximadamente 5 kWh/kW/día lo que está directamente

relacionado al nivel de irradiación 5.78 kWh/m²/día como se aprecia en la figura 4.3. también se aprecia que en los meses de octubre y noviembre el sistema disminuye su capacidad de producción llegando aproximadamente a 3 kWh/kW/día con un nivel de irradiación 3.49 kWh/m²/día.

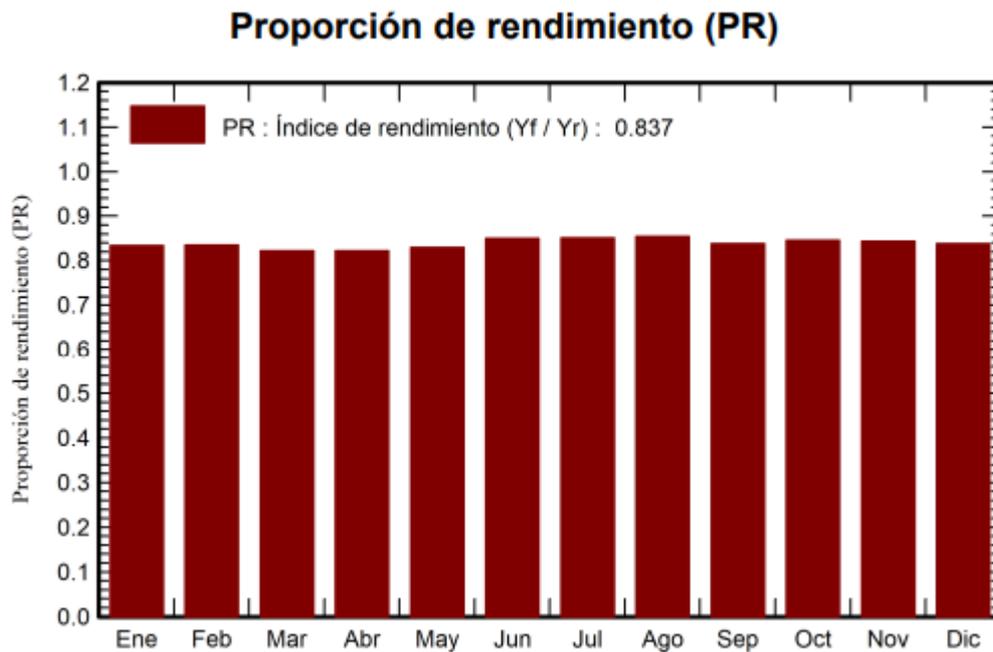
Figura 41. Producción del sistema fotovoltaico



Nota: Energía producida considerando las pérdidas en el conjunto fotovoltaico y en el inversor Fuente: Pv syst, 2023

La figura 42. muestra una gráfica donde se evalúa el rendimiento promedio del sistema basado en la producción mensual, su índice de rendimiento se mantiene constante en un 83% considerando las pérdidas del sistema eléctricas, mecánicas, misceláneas y captación de la irradiación global horizontal.

Figura 42. rendimiento del sistema fotovoltaico

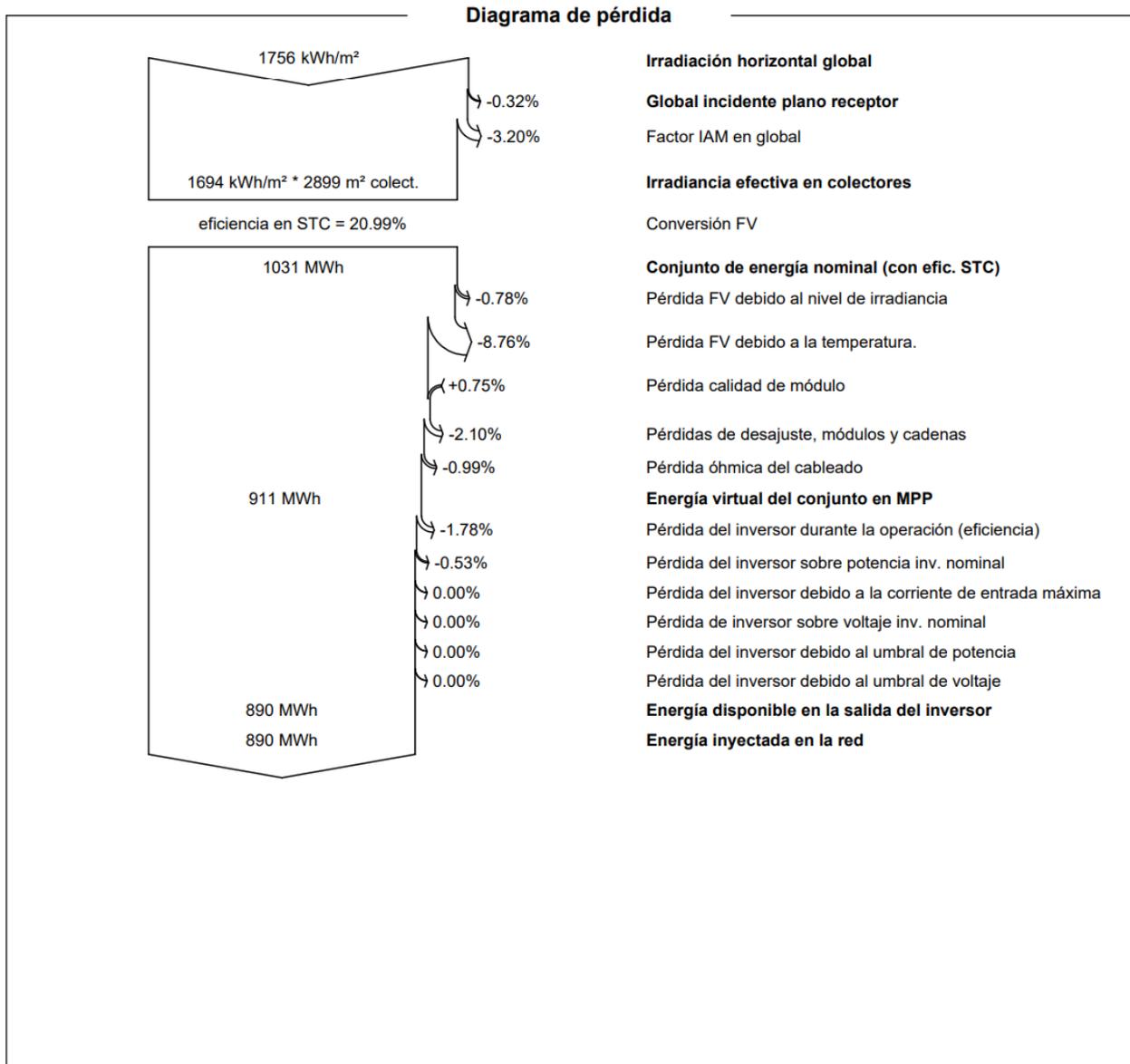


Nota: la gráfica indica un rendimiento constante dentro de la producción de un 83.7% lo que indica que el sistema opera de manera normal en los 12 meses del año. Fuente: Pv syst, 2023

La figura 43. muestra los datos entregados por software nos proyecta un diagrama de pérdidas indicando de manera porcentual en qué etapa del sistema es donde se presenta energía no aprovechable teniendo un 17.72% desglosado de la siguiente manera:

1. Pérdidas por radiación horizontal global: 3.53% en radiación incidente en el módulo, irradiancia y factor de perdida global.
2. Pérdidas por arreglo fotovoltaico: 14.19% por conversión de la energía, por absorción de radiación en módulo, por temperatura, por calidad del material (Fabricación), arreglos (serie/ paralelo), cableado, entrada MPPT al inversor, corriente máxima, umbral de potencia, salida AC, etc.

Figura 43. Pérdidas del sistema fotovoltaico



Nota: Genera una gráfica donde muestra la energía que no es aprovechada por el sistema y donde el 8.76% corresponde a pérdidas por temperatura. Fuente: Pv syst, 2023

Finalmente, para obtener la potencia de 670 kWp, se necesita el paralelismo de 6 inversores, a continuación, la tabla 4. detalla el tipo de configuración que necesita cada inversor para trabajar en sincronía.

Tabla 4. Configuración de entradas DC del inversor

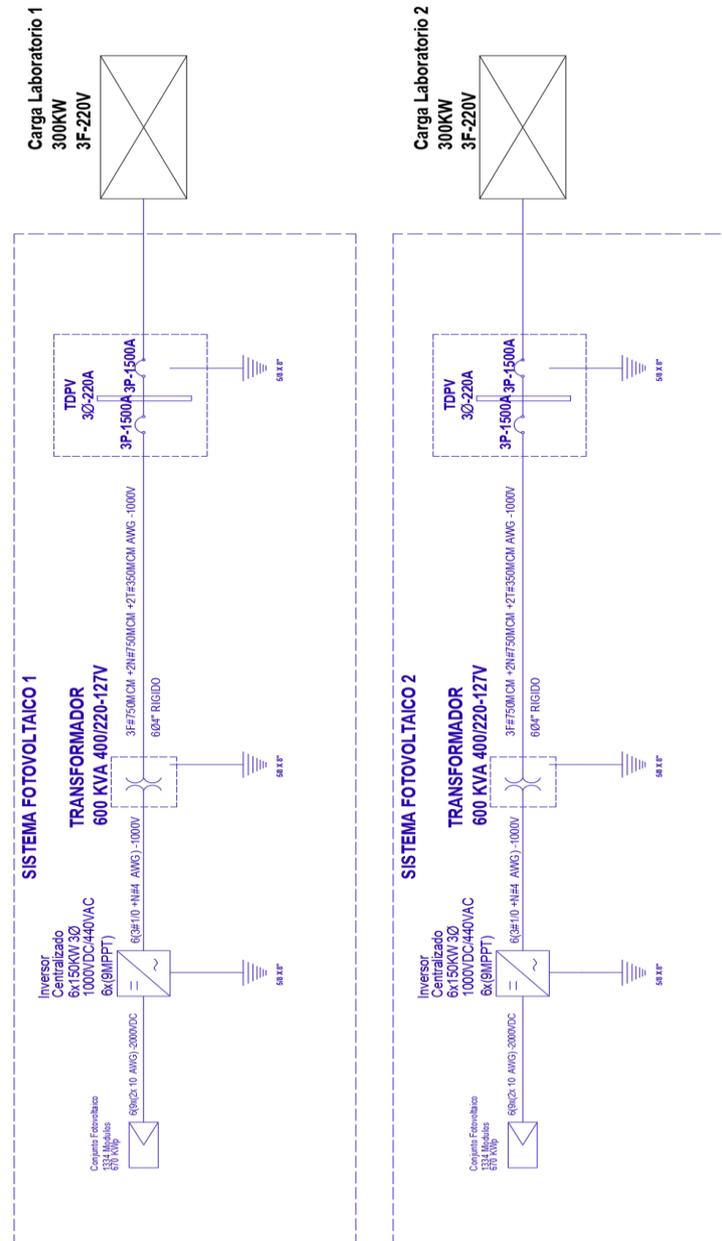
	Serie	Voltaje	Paralelo	Corriente	Potencia		Serie	Voltaje	Paralelo	Corriente	Potencia		Serie	Voltaje	Paralelo	Corriente	Potencia			
Inversor 1	1	9	450	3	34,35	12420	Inversor 3	1	9	450	3	34,35	12420	Inversor 5	1	9	450	3	34,35	12420
	2	9	450	3	34,35	12420		2	9	450	3	34,35	12420		2	9	450	3	34,35	12420
	3	9	450	3	34,35	12420		3	9	450	3	34,35	12420		3	9	450	3	34,35	12420
	4	9	450	3	34,35	12420		4	9	450	3	34,35	12420		4	9	450	3	34,35	12420
	5	9	450	3	34,35	12420		5	9	450	3	34,35	12420		5	9	450	3	34,35	12420
	6	9	450	3	34,35	12420		6	9	450	3	34,35	12420		6	9	450	3	34,35	12420
	7	9	450	3	34,35	12420		7	9	450	3	34,35	12420		7	9	450	3	34,35	12420
	8	9	450	3	34,35	12420		8	9	450	3	34,35	12420		8	9	450	3	34,35	12420
	9	9	450	3	34,35	12420		9	9	450	3	34,35	12420		9	9	450	3	34,35	12420
					111780						111780							111780		
Inversor 4	1	9	450	3	34,35	12420	Inversor 5	1	9	450	3	34,35	12420	Inversor 6	1	9	450	3	34,35	12420
	2	9	450	3	34,35	12420		2	9	450	3	34,35	12420		2	9	450	3	34,35	12420
	3	9	450	3	34,35	12420		3	9	450	3	34,35	12420		3	9	450	3	34,35	12420
	4	9	450	3	34,35	12420		4	9	450	3	34,35	12420		4	9	450	3	34,35	12420
	5	9	450	3	34,35	12420		5	9	450	3	34,35	12420		5	9	450	3	34,35	12420
	6	9	450	3	34,35	12420		6	9	450	3	34,35	12420		6	9	450	3	34,35	12420
	7	9	450	3	34,35	12420		7	9	450	3	34,35	12420		7	9	450	3	34,35	12420
	8	9	450	3	34,35	12420		8	9	450	3	34,35	12420		8	9	450	3	34,35	12420
	9	9	450	3	34,35	12420		9	9	450	3	34,35	12420		9	9	450	3	34,35	12420
					111780						111780							111780		
Numero de Inversores (Paralelismo)																	6			
Potencia total del sistema																	670680			

Nota: se muestra la configuración que debe tener cada inversor para estar en sincronía y poder generar la

potencia de 670kWp. Fuente: autor, 2023

La figura 44. Muestra el diagrama unifilar propuesto de acuerdo a los sistemas fotovoltaicos 1 y 2, los cuales se interconectan a los Tableros principales de cada proceso de producción.

Figura 44. Diagrama unifilar propuesto



Nota: sistema fotovoltaico 1 y 2 de 670kWp interconectados a TDP1 y TDP2. Fuente: autor, 2023

CAPITULO V

5. ESTUDIO TECNICO ECONOMICO

5.1. Evaluación técnica

Para la evaluación técnica se tomará como referencia la resolución vigente en Ecuador ARCERNNR 8/23 y la normativa IEEE 1547. Se busca evaluar los beneficios técnicos que posee un proyecto fotovoltaico interconectado a la red (IEEE, 2018).

5.1.1 Funcionamiento del sistema

El sistema solar fotovoltaico esta segmentado en 2 generadores con la capacidad de 607 kWp y una producción anual de 890MWh. El sistema trabaja en un periodo de 12 horas considerados desde las 6:00 AM hasta las 18:00PM, cuenta con 4,5 horas donde el sistema absorberá mayor radiación producida por el sol. El sistema al generar su propia energía en ese periodo horario no consume energía de la red y el excedente de energía que este genere será enviado a la red y será comercializado mediante la medición y facturación neta sobre la base establecida en la vigente regulación ARCERNNR 8/23.

5.2.1. Beneficios técnicos

- Fuente de energía ilimitada
- No genera emisiones de CO2
- Vida útil de los equipos hasta 25 años
- Bajos costos en mantenimiento preventivo
- Sistema escalable
- Sistema adaptable a otros medios de generación en secuencia combinada

5.2.2. Marco legal regulaciones

ARCONEL 005/18.- Calidad de servicio de distribución y comercial de energía eléctrica

Regulación/ Resolución 005/18 detalla el proceso de distribución de energía y las entidades designadas para llevar a cargo los procesos de transporte de energía eléctrica, hasta el usuario.

Cada entidad se encargará de un proceso importante dentro de la etapa de transporte de energía, de las cuales las empresas de energía eléctrica están a cargo de la supervisión y calidad de la red.

CONELEC 003/08.- Distribución de la energía

La regulación aplica a todo usuario que requiera red eléctrica dentro de su predio, por lo cual se establecen las etapas de transporte de energía para brindar calidad a la red eléctrica y continuidad.

- Sistemas de transmisión con nivel de voltaje hasta 90KV
- Reguladores de voltaje con estaciones de transformación de acuerdo con el nivel de voltaje.
- Distribuidores de energía eléctrica a consumidores.

ARCONEL 003/18.- Micro generación fotovoltaica

La resolución ARCONEL 042/18 publicada en 2018 da apertura a los sistemas de generación distribuida como micro generación de energía fotovoltaica, donde establece criterios de los cuales los proyectos no pueden ser superior a 100 kW y contara con dos clasificaciones para proyectos menores a 10 kW y mayores a 10 kW, también establece los cálculos para la medición y facturación neta del cliente.

La ecuación indica que si existe un excedente de energía este será comercializado a la empresa distribuidora siendo un crédito a favor del cliente.

ARCONEL 001/18.-

ARCONEL hace una clasificación de los niveles de voltaje según el tipo de servicio, sector, consumo eléctrico del perdió, horas de trabajo. Clasificando como bajo voltaje desde 110V hasta 600V, medio voltaje desde 6700, 13200, 13800, 22000, 36000V y alto voltaje a todas aquellas arriba de 69000V (ARCONEL, 2018).

ARCENNR 013/2021

La resolución ARCENNR 013/2021 modifica la resolución 042/18 y añade el término de SGDA (sistema de generación de autoabastecimiento) y replantea la capacidad de proyectos renovables hasta 1MW (ARCENNR, 2021).

ARCENNR 008/2023

La resolución ARCENNR 008/2023 modifica la resolución 013/21, replantea la capacidad de proyectos renovables hasta 2MW y añade una clasificación a los usuarios que tengan sistema de medición dentro del recinto y fuera del mismo (ARCENNR, 2023).

5.3. Evaluación Económica

Como fase inicial para la evaluación económica, se determinará el presupuesto eléctrico por el suministro e instalación de los sistemas fotovoltaicos 1 y 2, se indicará de acuerdo al monto un porcentaje correspondiente al mantenimiento preventivo para preservar su vida útil dentro del rango indicado por ARCENNR 8/23. La tabla 5. Muestra el presupuesto considerando los 2 generadores y su estructura soporte.

Tabla 5. Presupuesto Sistema fotovoltaico

Generador Fotovoltaico 1					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Panel Solar JA460W	u.	1335	\$265,95	\$355.041,65
2	Inversor Growatt MAX 120KW	u.	6	\$10.892,80	\$65.356,80
3	Conector MC4 Macho/ Hembra	u.	24	\$10,91	\$261,84
6	Acometida arreglo DC incluye: 2#8 AWG por cadena	Glb.	1	\$4.593,73	\$4.593,73

8	Acometida AC incluye: 3#2/0 + N#2 + T#4AWG - THHN hasta Proteccion AC	Glb.	6	\$376,38	\$2.258,28
9	Acometida AC Tablero incluye: 3x3#300MCM + 2N#300MCM + 2T#4/0AWG - THHN hasta TDP	Glb.	1	\$5.318,52	\$5.318,52
10	Tablero DC/AC	Glb.	1	\$3.325,12	\$3.325,12
11	Soporteria incluye: Riel aluminio 2025 u. Pata soporte 2025 u. Conector Riel 2025 u. Grapa Final 648 u. Grapa media 2916 u. Grapa PAT 54 u. Anclaje Teja Esp. 36 u.	Glb.	1	\$186.124,97	\$186.124,97
12	Puesta a tierra y pararrayos	Glb.	1	\$4.396,00	\$4.396,00
Generador Fotovoltaico 2					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Panel Solar JA460W	u.	1335	\$265,95	\$355.041,65
2	Inversor Growatt MAX 120KW	u.	6	\$10.892,80	\$65.356,80
3	Conector MC4 Macho/ Hembra	u.	24	\$10,91	\$261,84
6	Acometida arreglo DC incluye: 2#8 AWG por cadena	Glb.	1	\$4.593,73	\$4.593,73
8	Acometida AC incluye: 3#2/0 + N#2 + T#4AWG - THHN hasta Proteccion AC	Glb.	6	\$376,38	\$2.258,28
9	Acometida AC Tablero incluye: 3x3#300MCM + 2N#300MCM + 2T#4/0AWG - THHN hasta TDP	Glb.	1	\$5.318,52	\$5.318,52
10	Tablero DC/AC	Glb.	1	\$3.325,12	\$3.325,12
11	Soporteria incluye: Riel aluminio 2025 u. Pata soporte 2025 u. Conector Riel 2025 u. Grapa Final 648 u. Grapa media 2916 u. Grapa PAT 54 u. Anclaje Teja Esp. 36 u.	Glb.	1	\$186.124,97	\$186.124,97
12	Puesta a tierra y pararrayos	Glb.	1	\$4.396,00	\$4.396,00
				SUBTOTAL:	\$1.253.353,83

Nota: Presupuesto por sistema 1 y 2 interconectado a la red auto soportado sobre nivel de suelo Fuente: Autor, 2023

La tabla 4. muestra el precio total del suministro e instalación de 2 generadores fotovoltaico de 670.78 kW, el monto total de la propuesta es de \$1,253,353.83 dólares. El proyecto se considera a largo plazo por su monto económico, sin embargo, estos proyectos de GD con fuente renovable son considerados autosustentables y autosostenibles, lo que indica que pueden autofinanciarse mediante el ahorro de energía reflejado en la facturación mensual.

El mantenimiento también es considerado dentro del proyecto como un gasto anual dentro del período de vida útil. Se considera un precio por mantenimiento preventivo anual de paneles solares, soportaría, inversor y conexiones de 18,000.00 dólares.

Se determinará si el proyecto es rentable mediante un estudio para evaluar la rentabilidad del proyecto a lo largo del tiempo, tomando como periodo de estudio 25 años de acuerdo con el periodo de vida útil del generador fotovoltaico indicado en la resolución ARCERNNR 8/2023.

El plazo del proyecto será desarrollado mediante las herramientas TIR (Tasa interna de retorno) y VAN (Valor anual neto), los proyectos de GD fotovoltaicos cuentan con un periodo de recuperación de la inversión entre 7 y 10 años. Debido al monto del proyecto se considera un financiamiento bancario por medio de préstamo. Sin embargo, las industrias.

El proyecto será financiado por el cliente ya que cuenta con la capacidad económica para solventar la inversión inicial, considerando el valor promedio a pagar en mensual en las facturas 2022-2023 se estima que el cliente en un periodo de hasta 5 años recupera su inversión tomando como valor promedio mensual 18,000 USD.

La tabla 6. muestra el ahorro total que tendrá el cliente con la instalación del sistema solar interconectado, esta tabla se acoge a la resolución ARCERNNR 08/23.

Tabla 6. Cálculo de ahorro estimado cliente industrial

MES 1	
Ej: 1	Industrial Medio voltaje con demanda demanda energía
Cargos horarios	4,79
8:00 a 22:00	0,09
22:00 a 8:00	0,083
Comercialización	1,414
Consumos horarios	620 kW
8:00 a 22:00	208320 kWh-mes

22:00 a 8:00	93000	kWh-mes
Factura spee antes del SGDA	29.439,01	USD
Generación	1018	kW
8:00 a 22:00	278524,8	kWh-mes
22:00 a 8:00	0	kWh-mes
Balance		
Consumos horarios		
8:00 a 22:00	-70204,8	kWh-mes
22:00 a 8:00	93000	kWh-mes
Energía equivalente inyectada:	278524,8	
8:00 a 22:00	278524,8	
22:00 a 8:00	0	
Energía equivalente consumida:	294086,6667	
8:00 a 22:00	208320	
22:00 a 8:00	85766,66667	
Energía neta equivalente en el período mensual de consumo	15561,86667	
Energía consumida facturable	15561,86667	
Crédito de energía equivalente mes	0	
Crédito de energía equivalente acumulado	0	
Factura spee antes del SGDA	4.371,78	USD
Ahorro SPEE	25.067,23	USD
Ahorro total	25.067,23	USD

Nota: tabla de ahorro energético adaptada a las disposiciones de la regulación ARCNERRN 08/23 Fuente: CNEL editada por Autor, 2023

La tabla 6. indica que el ahorro mensual con un sistema de 2 x 607 kW entrega un ahorro de 25,067.23 dólares al ser considerado como generador ya que supera la demanda promedio entregando un excedente de energía a la red interconectada.

La tabla 7. realiza la evaluación económica donde se evalúa la rentabilidad del proyecto con un monto inicial de 1.253353,83 dólares, para el desarrollo de este ejercicio no se aplicará crédito bancario ya que el tipo de cliente está en la capacidad económica de poder asumir dicha inversión, donde mediante el ahorro energético. El proyecto de acuerdo a la regulación vigente cuenta con un periodo de vida útil de 25 años con mantenimiento, donde se debe tener una recuperación de la inversión en un tiempo menor a 10 años.

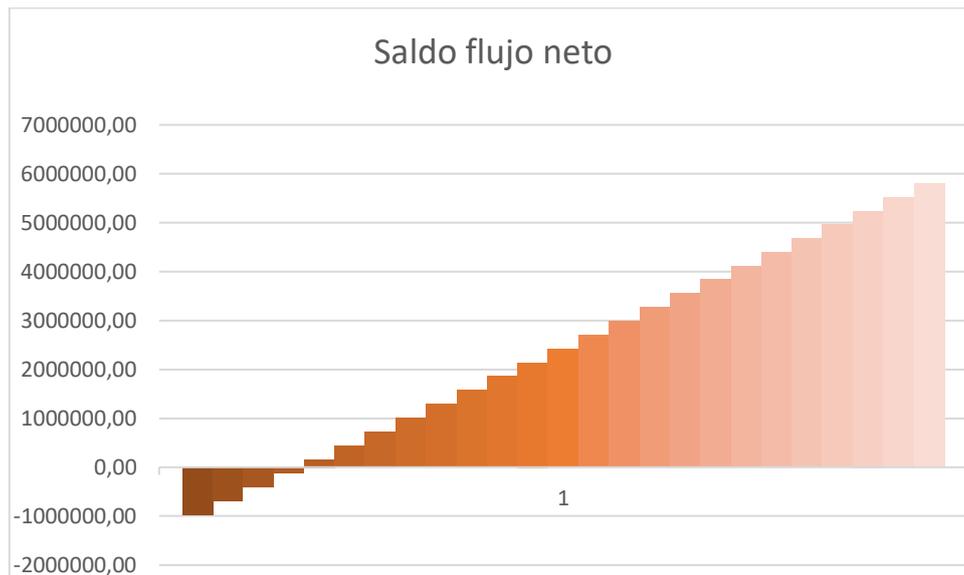
Tabla 7. Análisis Económico proyecto fotovoltaico

Análisis económico					
Número de años	Energía inyectada por año (KWh)	Costo de anual por no pagar a empresa eléctrica	Limpieza y mantenimiento preventivo	Flujo de caja	Saldo a favor
0	1780000	0		1253353,83	
1	1780000	300806,76	25000	275806,76	-977547,07
2	1780000	300806,76	18000	282806,76	-694740,31
3	1780000	300806,76	18000	282806,76	-411933,55
4	1780000	300806,76	18000	282806,76	-129126,79
5	1780000	300806,76	18000	282806,76	153679,97
6	1780000	300806,76	18000	282806,76	436486,73
7	1780000	300806,76	18000	282806,76	719293,49
8	1780000	300806,76	18000	282806,76	1002100,25
9	1780000	300806,76	18000	282806,76	1284907,01
10	1780000	300806,76	18000	282806,76	1567713,77
11	1780000	300806,76	18000	282806,76	1850520,53
12	1780000	300806,76	18000	282806,76	2133327,29
13	1780000	300806,76	18000	282806,76	2416134,05
14	1780000	300806,76	18000	282806,76	2698940,81
15	1780000	300806,76	18000	282806,76	2981747,57
16	1780000	300806,76	18000	282806,76	3264554,33
17	1780000	300806,76	18000	282806,76	3547361,09
18	1780000	300806,76	18000	282806,76	3830167,85
19	1780000	300806,76	18000	282806,76	4112974,61
20	1780000	300806,76	18000	282806,76	4395781,37
21	1780000	300806,76	18000	282806,76	4678588,13
22	1780000	300806,76	18000	282806,76	4961394,89
23	1780000	300806,76	18000	282806,76	5244201,65
24	1780000	300806,76	18000	282806,76	5527008,41
25	1780000	300806,76	18000	282806,76	5809815,17
Tasa interna de inversión					21,69%
Valor anual neto					\$1.778.038,78

Nota: se evidencia una recuperación de la inversión en el año 5 con una tasa de inversión de 21.69% en un periodo de 25 años de acuerdo con la regulación ARCNERRN 08/23 Fuente: Autor, 2023

En la tabla 7. Muestra que en el año 5 el saldo comienza a tener un flujo positivo habiendo saldado el monto inicial para su construcción y puesta en marcha, de esta manera teniendo un ahorro de hasta 5,215,038.82 como se evidencia en la figura 45.

Figura 45. Curva del flujo neto



Nota: grafica que interpreta el comportamiento de la inversión inicial y su auto sustentabilidad por medio del ahorro energético reflejado en dólares Fuente: Autor, 2022

Para determinar el beneficio se toma la inversión inicial y se la divide para el ahorro generado hasta el año 25, donde se considera que el proyecto cumple con su ciclo útil. La ecuación 5 muestra el porcentaje costo beneficio.

Ecuación 5. Costo Beneficio

$$B/C = \frac{\text{Costos de inversion}}{\text{Suma de ingresos}} \quad (5)$$

$$B/C = \frac{5.215038,82}{1.253353,83} = 416\%$$

La ecuación 5. muestra un ahorro de 416% lo que indica que desde el punto de vista económico es factible la implementación del sistema fotovoltaico. Es considerado un proyecto autosustentable a largo plazo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El capítulo I, expone la necesidad de un generador fotovoltaico para reducir el consumo eléctrico en su facturación energética de la camaronera y aprovechar las ventajas técnica, económica, sociales y ambientales de la GD mediante la regulación ARCERNR 013/2021, y la 08/2023, respectivamente.

El Capítulo II detalla el marco teórico que cuenta conceptos básicos, fundamentos teórico-científicos que respaldan el dimensionamiento de un generador fotovoltaico.

El capítulo III realizó un análisis técnico, meteorológico de la camaronera Bellitec donde se evidencia una demanda promedio de 624kW y un consumo promedio de 207.41 MWh, también una irradiación global de 4.5Whm²/día por tanto es factible la implementación de un generador fotovoltaico.

El capítulo IV dimensionó 2 sistemas fotovoltaicos con la capacidad para poder abastecer el consumo eléctrico de la camaronera, cada planta con una potencia de 607 kW y un consumo anual de 890MWh/año.

El capítulo V realizó una evaluación técnico-económica donde el proyecto refleja un flujo positivo en el año 5 con un TIR de 20.69% y un VAN de 5,215,038,82 dólares reflejando un beneficio de 416%.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio la disminución de emisiones de CO2 para un proyecto de gama industrial bajo los estándares de la normativa ISO50001.

Se recomienda un estudio de descargas atmosféricas para proteger a los conjuntos fotovoltaicos en intemperie de impactos directos de rayo.

Se recomienda realizar un estudio sobre la factibilidad de otro sistema de energías renovables y su factibilidad técnica económica bajo la resolución ARCERNNR 08/23.

Es necesario realizar un mantenimiento preventivo anual a los módulos fotovoltaicos, conexiones, inversor y sistemas de protección para garantizar su operatividad con una autonomía de hasta 25 años como lo indica la resolución Vigente para el ciclo de vida útil de generadores renovables.

Debido al cambio climático existente a nivel mundial, en la cual, las temperaturas ambientes tienen un considerable aumento, se recomienda, además, establecer importantes análisis y cálculos en la selectividad y diseños de paneles solares en función de tener un mejor rendimiento y eficiencia en el uso en el tiempo donde se prevea tener una mejor vida útil, prevención de incendios, menor cambio de accesorios y paneles, así como menor mantenimiento, evitar puntos calientes, tener una mejor confiabilidad y seguridad del sistema.

Se recomienda que por parte del estado ecuatoriano deben existir regulaciones, donde a través de liberación de impuestos o subsidios se puedan dar ventaja y beneficios a las personas, que requieran realizar instalaciones de paneles solares en

sus hogares, comercio o industria con la finalidad de poder promover un mayor incentivo para que se ejecuten proyectos de energías renovables.

Bibliografía

- ABB. (2019). *Actualización de la tecnología fotovoltaica*. India: Asea Brown Boveri.
- AMPER. (2018). *soluciones para aplicaciones en áreas críticas en ambiente*. Bolivia: Calidad de la Energía.
- Arboleda, J. (2019). *La situación energética en el Ecuador, perspectiva, su influencia en la seguridad y desarrollo nacionales*. Quito: Universidad Politecnica Nacional.
- ARCERNNR. (2021). *Resolucion 001/21 Disposiciones para la habilitación, instalación, conexión y operación de un SGDA*. Ecuador: Gobierno del Ecuador.
- ARCERNNR. (2023). *Resolucion 008/23 Marco normativo de la generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica*. Ecuador: Gobierno del Ecuador.
- ARCONEL. (2018). *Resolucion 001/18 Franjas de seguridad*. Ecuador: Gobierno del Ecuador.
- Bulnes, J. (2018). *Dimencionamiento y gestión de una central geotermica basada en el ciclo rankine organico ubicada en el yacimiento geotermico Jeuss Maria - Moqueda*. Peru: Universidad Pedro Ruiz Gallo.
- Caicedo, G. (2020). Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados e interconectados. En *Curso de Energia Solar Fotovoltaica* (pág. 314).
- Camacho, J., & Navarro, E. (2022). *Analisis de factibilidad de un sistema aislado en zonas remotas para vivienda en el golfo de guayaquil*. Guayaquil: Universidad Politecnica Saleciana.

- Castilla León. . (2004). *Energía Solar Fotovoltaica. Manual del Arquitecto*. España: Junta De Castilla Leon.
- CHINT. (2012). *Guía Rápida para el uso de protecciones DC*. China.
- Cholota, V. (5 de Mayo de 2014). *Impacto de la generación distribuida de redes de distribución, aplicación central Hidroeléctrica Mira*. Quito: Universidad Politécnica Nacional. Obtenido de Paneles solares ¿Cómo funcionan y qué son?: <https://www.celsia.com/en/blog-celsia/paneles-solares-como-funcionan-y-que-son/>
- CSB. (2007). *Principio de funcionamiento en baterías selladas*. China.
- D'addario, M. (2015). *Manual de Energía Solar Fotovoltaica: Usos, Aplicaciones y Diseño*. España: Createspace.
- Daga, J. (2008). *Aprovechamiento Hidroeléctrico de las Mareas y su Posible Desarrollo en Chile*. Chile: Universidad de Chile.
- ENERTIK. (2010). *Importancia de estructura fotovoltaica para techado*. Mexico: Soluciones Innovadoras en Energía Solar y Renovable.
- Enriquez, G. (2012). *Manual del Técnico en Subestaciones Eléctricas Industriales y Comerciales*. Limusa. Obtenido de Ecuador - Generación de electricidad: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-generacion/ecuador>
- Guerrero, C. (2015). La generación de energías renovables en Colombia es incipiente frente a otros países. *La revolución de las energías limpias* , pág. 15.

- IEEE. (2018). *Norma 1547 Requisitos para la interconexion de recursos de generacion distribuida*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- López de Lacalle, A., & Bayod, Á. (2018). *Estimación de la vida útil de baterías en sistemas fotovoltaicos. Influencia de la gestión energética del sistema*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/69841/files/TAZ-TFG-2018-066.pdf>
- LOVATO. (2014). *Sinergia de las protecciones electricas para infraestructura electrica*. Italia.
- Mazorra, J. (2013). *Calidad De La Energía Eléctrica: Incidencia Técnico-económica-energética Y Ambiental En Empresas Industriales Y De Servicios*. España: Createspace.
- Nuñez, C. (2022). *National Geographic*. Obtenido de Que es la energia hidroelectrica?: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-hidroelectrica>
- Parres. (2013). *Guia basica sobre sistema puesta a tierra*. Mexico.
- Polo, M. (2022). *sistema fotovoltaico interconectado a la red electrica para la generacion de energia alternativa en la construccion educativa Isabel Maria Cuesta Gonzalez sede Mauricio Lopesierra del distrito de Riocha*. Colombia: Universidad de la Guajira.
- PVsystem. (2017). *Guia para el uso de PV syst Solar*. Francia.
- Roman, A. (2018). *Estudio de las olas y aprovechamiento de la energia undimotriz*. España: Universidad de la laguna.

- Sarmiento, J., & Valarezo, J. (2014). *Influencia del parque Eolico Villonaco en la calidad de la energia electrica de la Empresa Electrica Regional Sur.S.A.* Cuenca: Universidad Politecnica Saleciana.
- Solar, A. (2012). *Auto Solar*. Obtenido de Auto Solar: <https://autosolar.es/paneles-solares>
- Solarti. (2023). *Solarti*. Obtenido de Instalaciones Solares: <https://solarti.es/placas-solares/paneles-silicio-amorfo/>
- Staubli. (2023). *Staubli*. Obtenido de conexion de conectores MC4 en instalaciones fotovoltaicas: <https://www.staubli.com/at/en/electrical-connectors/industries/renewable-energy.html>
- TCE. (2018). Tribunal de Cuentas Europeo -Energia renovable para un desarrollo rural sostenible: posibles sinergias significativas pero en su mayoría no materializadas en la practica. pág. 105.
- Tobajas, M. (2020). *Energía solar fotovoltaica*. Colombia: Ecoe Ediciones Ltda.
- Velez, J. (2016). *La contaminación ambiental originada por las Termoeléctricas y su incidencia en la tutela del derecho ambiental*. Quevedo: Universidad Tecnica Estatal de Quevedo.

Terminología

Definiciones:

Acometida: Conductores que partes desde un punto de la red eléctrica hasta el usuario.

Alimentador: Conductores que parten desde el tablero hacia las cargas eléctricas.

Albedo: energía propagada sobre elementos que se encuentran en una superficie plana.

Altura solar: Angulo referente al sol hacia el horizonte donde irradia energía en una superficie plana

Azimut: orientación que proyecta la superficie terrestre en forma esférica.

Consumo: Energía consumida por el usuario en el tiempo de uso.

Demanda: potencia necesaria para que su sistema pueda trabajar en condiciones operativa.

Eficacia: % de rendimiento ante un para evaluar el desempeño ante un objetivo.

Eficiencia: sistema capaz de cumplir con su objetivo.

Energía (E): Trabajo necesario por realizar un movimiento. Su unidad: Julio (J).

Energía renovable: Trabajo necesario por realizar un movimiento emitido por fuentes de energía ilimitadas y naturales. Su unidad: Julio (J).

Horas sol pico (HSP): Tiempo en el cual la radiación solar es mayor y existe un mejor aprovechamiento de energía. Su unidad: horas (h).

Irradiación (H): ondas electromagnéticas que propagan sobre una superficie plana en un periodo horario. Su unidad: Energía (Jh/m^2 o Wh/m^2).

Irradiación (I): ondas electromagnéticas que propagan sobre una superficie plana. Su unidad: potencia (W/m^2)

Irradiación directa: radiación propagada por el sol que impacta directamente a una superficie plana.

Irradiación difusa: reflejada al incidir sobre nubes y su resultante hacia una superficie plana.

Irradiancia global: es aquella que engloba la radiación difusa y la radiación directa.

Orientación solar: recorrido del sol partiendo del este.

Potencia pico: Trabajo que genera un sistema fotovoltaico. Su unidad: Vatio (W).

Potencia nominal: trabajo realizado en un tiempo determinado. Unidad: Vatio (W).

Radiación solar: energía propagada por el sol en forma de espectro electromagnético.

Sistema fotovoltaico: agrupación de elementos que absorben la energía del sol y la convierten en energía eléctrica.

Sombra: Área o superficie de terreno donde no existe presencia de luz.

SIGLAS Y ACRONIMOS

GD: Generación distribuida

SGDA: Sistema de Generación distribuida de autoabastecimiento.

SFV: sistema fotovoltaico

ERED: Energía desde la red eléctrica nacional

EINY: Energía inyectada a por el SGDA

GEI: Gas de efecto invernadero

CO2: Dioxido de carbono

IEEE: Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos

SPEE: Servicio público de energía eléctrica

ANEXOS

Anexo 1. Resolución ARCONEL 042/18

Punto de conexión: Es la frontera de conexión entre las instalaciones de propiedad del consumidor con μ SFV y las redes de la empresa distribuidora, la cual separa las responsabilidades en cuanto a la propiedad, la operación y el mantenimiento de los activos.

Punto de medición: es el lugar físico de la red donde se conectan los equipos de medición.

Sistema de medición: Son los componentes necesarios para la medición o registro de energía activa, energía reactiva, demandas máximas y otros parámetros relacionados. Incluyen los equipos de medición (medidores), los transformadores de medición (cuando apliquen), los cables de conexión, los accesorios de sujeción y protección física de los medidores y de los transformadores.

Sistema de microgeneración fotovoltaica μ SFV: Conjunto de equipos, compuesto generalmente por paneles fotovoltaicos, inversores, reguladores de carga y con o sin baterías o sistemas acumuladores, que permiten la captación de la energía solar para su conversión en energía eléctrica. Para efectos de aplicación de esta regulación, se determina que los sistemas fotovoltaicos de baja capacidad podrán tener una capacidad nominal instalada de hasta 100 kW y podrán trabajar en sincronismo con la red de distribución.

CAPÍTULO I – AUTORIZACION PARA LA CONEXIÓN, INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE CONSUMIDORES CON μ SFV

El consumidor que desee instalar un μ SFV, deberá seguir las disposiciones establecidas en la presente Regulación.

La empresa distribuidora será la responsable de tramitar las solicitudes para la conexión, instalación y operación de los consumidores que tengan interés en instalar μ SFV.

4 CARACTERÍSTICAS GENERALES PARA CONSUMIDORES QUE TENGAN INTERÉS EN INSTALAR μ SFV

Para la instalación de un μ SFV que se acoja a la presente regulación, el consumidor deberá considerar para el desarrollo del futuro proyecto lo siguiente:

1. El proyecto debe conectarse con las redes de bajo o medio voltaje de la empresa de distribución, según el siguiente esquema:



Sesión de Directorio de 22 de octubre de 2018

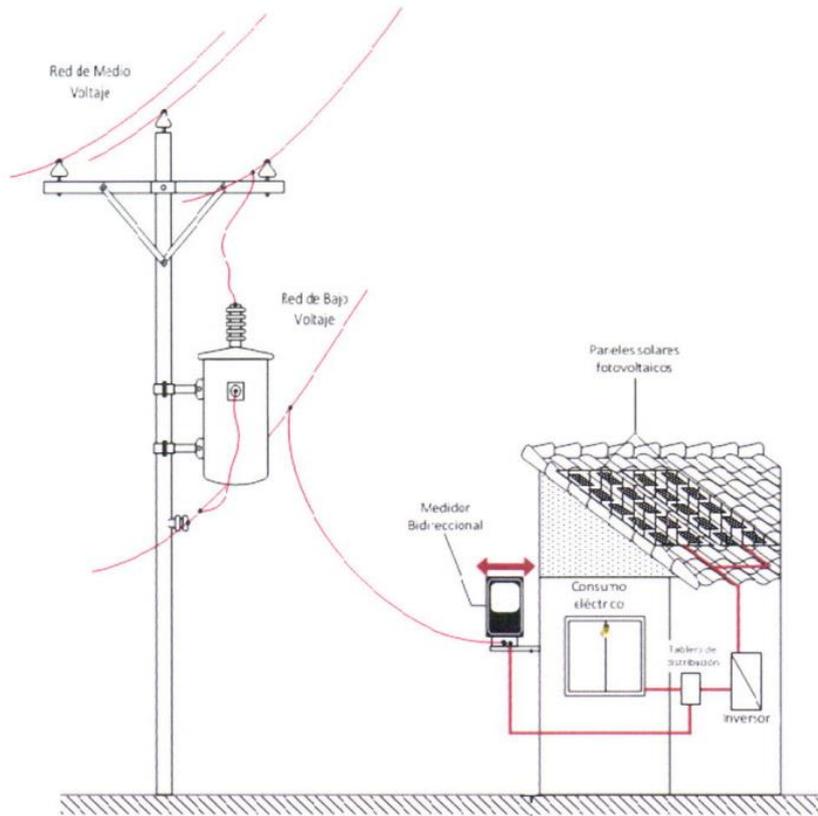


Figura 1. Esquema de instalación del μ SFV

2. El interesado debe ser propietario del inmueble donde se va a instalar el μ SFV.
3. El diseño del μ SFV tiene como objeto reducir el consumo de energía de la red.
4. La instalación del μ SFV está condicionado a la emisión de factibilidad de conexión de la empresa distribuidora.
5. La capacidad nominal instalada del μ SFV no podrá ser mayor a 100 kW.

CAPÍTULO II – CONDICIONES GENERALES PARA LA PARTICIPACIÓN DE CONSUMIDORES CON μ SFV

Los consumidores interesados en instalar un SFV, deberán observar las disposiciones relacionadas con el proceso de conexión y autorización de operación, tratamiento comercial, mecanismo de liquidación de la energía, entre otros, que se describen en esta Regulación.

12 TRATAMIENTO COMERCIAL DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS μ SFV DE BAJA CAPACIDAD

La energía producida por el consumidor con μ SFV estará destinada únicamente al autoconsumo de la vivienda y/o edificación donde va a instalarse. En caso de que eventualmente se produzcan excedentes de energía, éstos podrán ser entregados a la red de baja o media tensión de la empresa de distribución, según corresponda, y su liquidación se realizará a través de un mecanismo de balance mensual neto de energía, conforme al siguiente esquema:

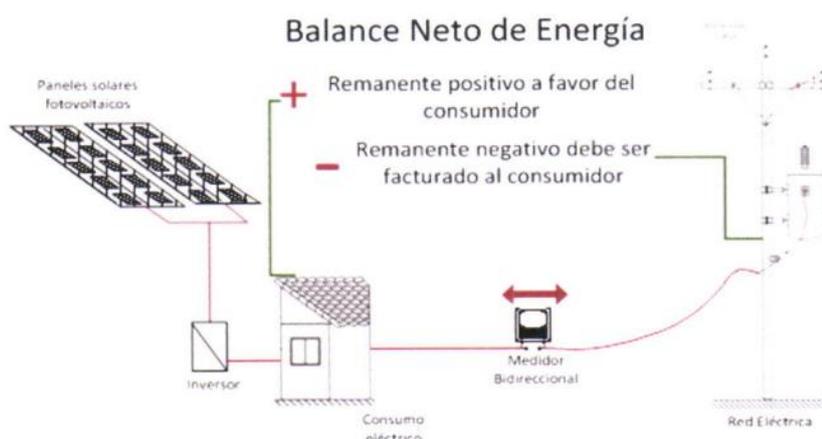


Figura 2. Balance Neto

La empresa de distribución realizará mensualmente el balance económico de la energía entregada y consumida para la facturación al consumidor, para lo cual tomará en consideración el registro de los flujos de energía inyectada y consumida del equipo de medición.

La aplicación de las condiciones establecidas en la presente Regulación será posible para un (1) solo μ SFV por inmueble.

12.1 LIQUIDACIÓN DE LA ENERGÍA ENTREGADA A LA RED DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN

La empresa de distribución deberá realizar el balance neto mensual de la energía entregada y consumida por el consumidor con μ SFV dentro de los diez (10) primeros

Sesión de Directorio de 22 de octubre de 2018
Página 11 de 41



días laborables del mes siguiente de la operación del μ SFV, en base al reporte de la energía consumida y entregada que registre el equipo de medición, según la siguiente expresión:

$$\Delta E = (\text{Energía consumida de la red} - \text{Energía inyectada en la red})$$

ΔE : Resultado del balance neto < 0; remanente negativo

ΔE : Resultado del balance neto > 0; remanente positivo

En el caso en que el resultado del balance mensual neto de energía, exista un remanente negativo a facturar al consumidor, la empresa de distribución valorará la energía consumida a la tarifa correspondiente del pliego tarifario aprobado por ARCONEL y será facturada al consumidor con μ SFV, conforme lo establece el contrato de suministro.

El remanente negativo a facturar al consumidor no estará sujeto al subsidio de la tarifa dignidad ni subsidio cruzado.

Por el contrario, en el caso eventual en que el resultado del balance mensual neto de energía, exista un remanente positivo de energía entregada a la red a favor del consumidor con μ SFV, esta energía se considerará como crédito de energía a favor del consumidor que se pasa al siguiente mes y así sucesivamente, hasta un periodo máximo de reseteo.

El periodo para resetear el crédito energético es de dos años a partir de la fecha de la autorización de operación del μ SFV, luego de lo cual empieza nuevamente un similar mecanismo desde cero, hasta que exista una causal de desconexión del μ SFV o se cumpla el plazo de operación.

Para cualquiera de los dos casos la facturación por parte de la empresa distribuidora debe considerar:

- Los consumidores con μ SFV conectados en baja o media tensión que cuenten con tarifa con demanda o demanda horaria, cancelarán los cargos por potencia establecidos en el pliego tarifario, conforme a la categoría establecida por la distribuidora, para ello la distribuidora deberá asumir que el consumidor no cuenta con un μ SFV, es decir que para la determinación de cálculos para estos cargos, se asumirá que el consumidor no está generando para su abastecimiento con el μ SFV.
- Los consumidores con μ SFV deberán cancelar mensualmente el cargo de comercialización
- El consumidor con μ SFV está en la obligación de cancelar la tarifa del servicio de alumbrado público general en función de su consumo mensual total
- El consumidor con μ SFV deberá cancelar los rubros de basura y bombas, en función de las ordenanzas emitidas para el efecto.



Expedir la presente Regulación denominada "**Marco normativo de la Generación Distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica**".

CAPÍTULO I GENERALIDADES

Artículo 1 OBJETIVO

Establecer las disposiciones para el proceso de habilitación, conexión, instalación y operación de sistemas de generación distribuida basadas en fuentes de energía renovable para el autoabastecimiento de consumidores regulados.

Artículo 2 ÁMBITO

Esta Regulación es aplicable para los consumidores regulados que instalen y operen sistemas de generación distribuida para su autoabastecimiento, sincronizadas a la red de distribución y para las Empresas Eléctricas Distribuidoras.

Artículo 3 ALCANCE

Para los sistemas de generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados, esta Regulación aborda:

- La caracterización de los sistemas de generación distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados;
- Las modalidades de generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados;
- El procedimiento para la obtención de la factibilidad de conexión;
- El procedimiento y requisitos para la habilitación;
- Las condiciones para la instalación, conexión, operación y mantenimiento;
- El tratamiento de la energía producida por el SGDA, medición y facturación; y,
- El régimen de infracciones y sanciones.

Artículo 4 SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ARCERNR: Agencia de Regulación y Control de energía y Recursos Naturales no Renovables

Artículo 9 PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA FACTIBILIDAD DE CONEXIÓN

9.1 Solicitud de factibilidad de conexión de una SGDA

El trámite de solicitudes de factibilidad de conexión, para proyectos de generación distribuida que vayan a ser desarrollados por los proponentes, se sujetará a las siguientes disposiciones:

- a) El Proponente solicitará la factibilidad de conexión a la Distribuidora respectiva, presentando la información establecida en el formulario del ANEXO 1.
- b) En este formulario se consignan los datos generales del Proponente, del SGDA y se identifica el punto de la red eléctrica donde se prevé conectar la SGDA.
- c) En el formulario la Distribuidora hará constar la fecha de recepción del mismo, y asignará a la solicitud un Código Único de Trámite, con el cual el Proponente podrá realizar las consultas y seguimiento sobre el estado de avance de su solicitud.

9.2 Factibilidad de conexión para SGDA Categoría 1

Para solicitudes de factibilidad de conexión de SGDA de potencias nominales señaladas en la Tabla N.1, que requieran conectarse en sincronismo con la red de distribución, la Distribuidora, a partir de la recepción del formulario ANEXO 1, procederá conforme a lo siguiente:

Tabla No. 1 Potencias nominales de las SGDA Categoría 1.

Voltaje de conexión	Potencia Nominal
Bajo	≤ a 10 kW monofásica
	≤ a 20 kW bifásica
	≤ a 30 kW trifásica

- a) Luego de recibida la solicitud de parte del Proponente, la Distribuidora dispondrá de un término de cinco (5) días para aceptar a trámite la solicitud, en caso de que esta requiera información adicional notificará al Proponente por escrito, el cual tendrá un término de cinco (5) días para completar la información, en caso de no hacerlo se dará por terminado el trámite.
- b) Una vez aceptada a trámite la solicitud, la Distribuidora, dentro de un término de quince (15) días adicionales, realizará los análisis técnicos respectivos de tal forma que la operación de la futura SGDA no afecte a la calidad del servicio eléctrico y otorgará la factibilidad de conexión del proyecto al Proponente.
- c) En la factibilidad de conexión, se establecerá el esquema de conexión y las condiciones de operación que deberá cumplir la SGDA en régimen de operación normal y de falla de la red de distribución.

Los costos que impliquen las adecuaciones y/o modificaciones de la red de distribución estrictamente necesarias para la conexión de la SGDA, serán asumidos por el Proponente del proyecto.

La factibilidad de conexión otorgada por la Distribuidora tendrá una vigencia de tres meses, período en el cual el Proponentes podrá iniciar el trámite ante la Distribuidora la obtención del Certificado de Calificación respectivo. En caso de no hacerlo quedará sin efecto la factibilidad de conexión.

9.3 Factibilidad de conexión para SGDA Categoría 2

Para solicitudes de factibilidad de conexión de SGDA de potencias mayores a las señaladas en la Tabla N.1, que requieran conectarse en sincronismo con la red de distribución, la Distribuidora a partir de la recepción del formulario ANEXO 1, procederá conforme a lo siguiente:

- a) La Distribuidora dispondrá de un término de cinco (5) días para aceptar a trámite la solicitud, en caso de que esta requiera información adicional notificará al Proponente por escrito, el cual tendrá un término de cinco (5) días para completar la información, en caso de no hacerlo se dará por terminado el trámite.
- b) Una vez aceptada a trámite la solicitud, la Distribuidora, dentro de un término máximo de cuarenta y cinco (45) días adicionales, realizará los análisis respectivos, de tal forma que la operación de la futura SGDA no afecte a la calidad del servicio eléctrico y otorgará de ser el caso la factibilidad de conexión del proyecto al Proponente.
- c) En la factibilidad de conexión la Distribuidora establecerá, de manera detallada, lo siguiente:
 - Las adecuaciones a la red de distribución que se deberán implementar por parte del Proponente, para poder conectar la SGDA en el punto de conexión.
 - El esquema de conexión de la SGDA.
 - Las condiciones de operación que deberá cumplir la SGDA en régimen de operación normal y de falla de la red de distribución.
 - La vigencia de la factibilidad de conexión será de 3 meses.
- d) Dentro del término de quince (15) días contados a partir de que la Distribuidora informe al Proponente sobre la factibilidad de conexión de la SGDA, el Proponente notificará a la Distribuidora su aceptación o no a las condiciones establecidas en dicha factibilidad. En caso no aceptar las condiciones establecidas por la Distribuidora, el Proponente del proyecto podrá plantear su objeción a las mismas de acuerdo con el artículo 9.4 de esta Regulación.
- e) La Distribuidora considerará que el Proponente ha desistido de continuar el trámite de solicitud de factibilidad de conexión, y lo dará por concluido, en los siguientes casos:
 - Cuando el Proponente no acepte por escrito las condiciones establecidas en la factibilidad de conexión y no haya planteado una controversia ante la ARCERNR.
 - Cuando el Proponente manifieste su decisión por escrito de no continuar con el trámite.

Los costos que impliquen las adecuaciones y/o modificaciones de la red de distribución

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

estrictamente necesarias para la conexión de la SGDA, serán asumidos por el Proponente del proyecto.

9.4 Objeciones a condiciones requeridas por la Distribuidora

El Proponente, podrá plantear una controversia ante la ARCERNNR, solicitando se revise lo actuado por la Distribuidora, en los siguientes casos:

- a) Cuando estime que las obras, instalaciones o equipos que deberá implementar para la conexión de la SGDA, de acuerdo a lo establecido por la Distribuidora, van más allá de lo necesario, o son más exigentes que lo requerido para cumplir con la normativa específica;
- b) Cuando considere que las condiciones de operación de la SGDA requeridas por la Distribuidora, son más exigentes que las requeridas para cumplir con la normativa específica;
- c) Cuando estime que las características de los sistemas de medición y sistemas de control en tiempo real (de ser el caso) requeridos por la Distribuidora, son más exigentes que las establecidas en la normativa vigente; y
- d) Por cualquier otra situación que considere pudiera estar generando algún trato discriminatorio o estuviere transgrediendo lo establecido en la normativa vigente.

La solicitud del interesado deberá estar debidamente motivada, y acompañada de los documentos, información y análisis técnicos de respaldo.

La ARCERNNR emitirá su pronunciamiento, de carácter vinculante, dentro de un término de treinta (30) días contados a partir de la entrega de la documentación por parte del Proponente. Dentro de este término la ARCERNNR podrá solicitar información adicional ya sea a la Distribuidora o al Proponente a fin de complementar sus análisis o verificar la información que considere pertinente.

Artículo 10 HABILITACIÓN DE LOS SGDA

El Proponente que requiera instalar y operar una SGDA tramitará, ante la Distribuidora, la obtención del Certificado de Calificación respectivo, para lo cual se establece el siguiente procedimiento:

a) Dentro de un término de sesenta (60) días contados a partir de la notificación de la factibilidad de conexión, el Proponente podrá solicitar a la Distribuidora el inicio del trámite para la emisión del Certificado de Calificación, en caso de que no lo haga la factibilidad de conexión quedará revocada. Para el efecto, el Proponente deberá presentar a la Distribuidora los siguientes requisitos:

1. Factibilidad de Conexión;
2. Ubicación del inmueble o predio donde se va a instalar el SGDA;
3. Documento que permita verificar que el inmueble o predio donde se va a instalar la SGDA es de propiedad del consumidor; o, en su defecto contrato de arrendamiento notariado; o, autorización del propietario del inmueble o predio para la instalación y operación de la SGDA;
4. Memoria técnica del proyecto que incluya:

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

- Dimensionamiento del SGDA;
 - Especificaciones del equipamiento del SGDA;
 - Diagrama unifilar de la instalación;
5. Diseño de las obras y/o adecuaciones a la red de distribución que se deberán implementar para poder conectar la SGDA al sistema de distribución;
 6. Esquema de conexión, seccionamiento y protecciones
 7. Cronograma de ejecución del proyecto del SGDA;
 8. Autorización del uso del agua emitido por la autoridad competente en los casos que aplique;
 9. Estar al día en los pagos a la Distribuidora del SPEE y SAPG de todos los suministros de energía eléctrica a nombre del consumidor;
- b) La Distribuidora, en un término de treinta (30) días contados a partir de la entrega de todos los documentos descritos en el literal a), verificará que los mismos estén completos. En caso de que los requisitos entregados no estén completos, informará al Proponente sobre las aclaraciones, alcances o ajustes que se requieran realizar a tales documentos. En caso de que la Distribuidora no emita observaciones continuará con las siguientes etapas para la emisión del Certificado de Calificación.
- c) Las aclaraciones, alcances o ajustes requeridos por la Distribuidora, referidos en el literal b), serán atendidos por el Proponente dentro de un término de quince (15) días contados a partir de su notificación; de no existir respuesta del Proponente dentro del señalado término, la Distribuidora dará por terminado el trámite y le comunicará oficialmente al Proponente.
- d) Una vez entregados los documentos a satisfacción de la Distribuidora, ésta, dentro de un término adicional de quince (15) días, elaborará el informe de aprobación y emitirá el Certificado de Calificación respectivo, de acuerdo al formato establecido en el ANEXO 2.
- e) El plazo de vigencia del Certificado de Calificación será igual al tiempo de vida útil de la SGDA, dependiendo de la tecnología de generación, de acuerdo a lo establecido en la Tabla N.2.
- f) Seis meses previos a la terminación del plazo de vigencia del Certificado de Calificación, el consumidor podrá actualizar la documentación indicada en el artículo 10, para renovar el Certificado de Calificación de su SGDA.

Tabla No. 2 Vidas útiles aplicables a cada tecnología de generación eléctrica.

Tecnología	Vida Útil (años)
Fotovoltaica	25
Eólica	25
Biomasa	20
Biogás	20
Hidráulica	30

CAPÍTULO IV INSTALACIÓN y CONEXIÓN

Artículo 13 INSTALACIÓN, CONSTRUCCIÓN DE UNA SGDA

El Proponente será responsable de la construcción de las obras civiles, instalación de equipos de la SGDA y del campo de conexión, conforme al cronograma de ejecución del proyecto adjunto al Certificado de Calificación y cumpliendo las condiciones establecidas en la factibilidad de conexión y los diseños aprobados por la Distribuidora para realizar la conexión a la red distribución.

En caso se produzcan eventos de fuerza mayor o caso fortuito que provoquen retrasos en la instalación, construcción de la SGDA, instalación de los equipos del campo de conexión, o inicio de operación de la SGDA, el Proponente podrá solicitar a la Distribuidora la extensión del plazo para el inicio de la operación. Para el efecto, el Proponente entregará a la Distribuidora los justificativos que considere pertinentes.

La Distribuidora emitirá su pronunciamiento en un término de quince (15) días contados a partir de la entrega de la solicitud y descargos por parte del Proponente, de no hacerlo se entenderá que la solicitud de extensión del plazo para el inicio de operación del SGDA ha sido aceptada tácitamente.

El plazo adicional que otorgará la Distribuidora al Proponente, corresponderá al retraso que efectivamente haya causado el evento de fuerza mayor o caso fortuito.

Artículo 14 PRUEBAS DE EQUIPOS Y CONEXIÓN

El proceso de conexión de la SGDA a la red de distribución se realizará en coordinación entre el Proponente y la Distribuidora.

Las exigencias de la Distribuidora en cuanto a las características de los equipos y componentes del campo de conexión, que serán verificadas previo a la conexión del SGDA, corresponderán al diseño aprobado por la Distribuidora.

El Proponente de la SGDA otorgará las facilidades necesarias a la Distribuidora a fin de que realice las inspecciones, verificaciones y pruebas que considere pertinente a los equipos e instalaciones del campo de conexión.

Las pruebas y requisitos técnicos para la conexión de una SGDA a la red de distribución, se podrá tomar como referencia la norma IEEE Std. 1547 en lo que sea aplicable.

Una vez cumplidas con las pruebas de la SGDA, de los equipos del campo de conexión, la Distribuidora suscribirá con el consumidor el Contrato de Suministro, aplicando el modelo base establecido en el ANEXO 3, y autorizará la conexión e inicio de operación de la SGDA.

Artículo 15 CARGOS POR CONEXIÓN Y TRÁMITES

El consumidor que instale un SGDA estará exento de cualquier pago a la Distribuidora, por

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

CAPÍTULO V OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Artículo 16 REQUISITOS OPERATIVOS

Las SGDA's serán autodespachadas y cumplirán las disposiciones operativas dispuestas por la Distribuidora.

El cumplimiento de los parámetros de calidad de producto del SGDA es de responsabilidad del consumidor propietario del SGDA y el control de dicho cumplimiento estará exclusivamente a cargo de la Distribuidora.

En caso de que la Distribuidora detectare que un SGDA está incumpliendo los parámetros de calidad de producto definidos por esta, o su operación está afectado a la red, de distribución, dispondrá al consumidor la suspensión de la operación de la SGDA, hasta que dichos parámetros se encuentren dentro de los límites permitidos, debiendo notificar a la Distribuidora las acciones correctivas realizadas.

Para la puesta en servicio de la SGDA, operación normal, respuesta a condiciones anormales de operación, requisitos para la calidad de producto, condiciones de operación en isla, monitoreo y control, se podrá tomar como referencia la norma IEEE Std. 1547 en lo que sea aplicable.

El propietario de la SGDA, es el responsable de la operación segura y confiable de la SGDA y de los equipos del campo de conexión, de tal forma que las maniobras de conexión y su operación no afecten la calidad del servicio eléctrico y la seguridad de la operación del sistema de distribución.

El propietario de la SGDA es adicionalmente responsable de daños derivados de la operación de la SGDA que afecten a la seguridad de personas y a bienes de terceros.

Artículo 17 GESTIÓN DE MANTENIMIENTOS Y REVERSIÓN DE BIENES.

Es responsabilidad del consumidor: planificar, financiar y ejecutar los mantenimientos de las SGDA's, equipos e instalaciones asociadas, en coordinación con la Distribuidora.

Los activos de las SGDA de propiedad de consumidores no serán revertidos al Estado ecuatoriano al terminar el plazo de vigencia del Certificado de Calificación, se procederá con su desconexión.

CAPÍTULO VI BALANCE DE ENERGÍA, MEDICIÓN y FACTURACIÓN

Artículo 18 BALANCE DE ENERGIA

La energía producida por un SGDA tendrá como objetivo principal el autoabastecimiento de la demanda de energía eléctrica asociada a una cuenta contrato del consumidor. Si por

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

condiciones operativas de la SGDA o por variación del consumo se presentaren eventuales excedentes de energía, estos se inyectarán a la red de distribución y su tratamiento por parte de la Distribuidora se sujetará a las siguientes disposiciones.

18.1 Consumidores con tarifa residencial y general sin demanda

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa sin demanda de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

La Distribuidora mediante el sistema de medición respectivo, determinará el balance de energía neto mensualmente, entre la energía consumida desde la red de distribución y la energía inyectada por el SGDA y calculará la energía neta $ENET_i$:

$$ENET_i = ERED_i - EINY_i \quad (1)$$

Donde:

$ENET_i$	Energía neta en el periodo mensual de consumo i (kWh)
$ERED_i$	Energía consumida desde la red de distribución en el periodo mensual de consumo i (kWh)
$EINY_i$	Energía inyectada por la SGDA en el periodo mensual de consumo i (kWh)

a) Si $ENET_i \leq 0$, la Distribuidora facturará al consumidor por concepto de energía consumida, con valor cero; $EF = 0$, además:

$$CEM_i = |ENET_i| \quad (2)$$

Donde:

CEM_i	Crédito de Energía a favor del consumidor obtenido en el mes i (kWh)
---------	--

b) Si $ENET_i > 0$, en este caso el $CEM_i = 0$, por no haber un saldo a favor del consumidor en el mes i .

La Distribuidora verificará si el consumidor dispone de un saldo total acumulado de energía a su favor en el mes anterior $SEA_{(i-1)}$; si es así, se debitará parte o la totalidad del $SEA_{(i-1)}$, para cubrir el $|ENET_i|$ del mes i .

SEA_{i-1}	Saldo total acumulado de energía disponible del consumidor en el mes anterior $(i-1)$ (kWh). $SEEA_0 = 0$
EF_i	Energía Facturable correspondiente al mes i

Si con el $SEA_{(i-1)}$ disponible se logra cubrir la totalidad del $|ENET_i|$, en el mes de consumo i , la energía facturable en el mes i será cero; $EF=0$, caso contrario se le facturará el saldo de energía restante aplicando la tarifa correspondiente del Pliego Tarifario del SPEE.

Se actualizará el SEA_i mensualmente sobre la base de los créditos generados y valores devengados para cubrir el $|ENET_i|$, para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente.

A partir del inicio de la operación de la SGDA, cada 24 meses el SEA se reseteará a cero, sin que la Distribuidora tenga derecho otorgar una compensación económica por dicha energía.

El consumidor que cuente con una SGDA cancelará mensualmente el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario vigente.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los siguientes valores: $ERED_b$, $EINY_b$, $ENET_b$, CEM_i y SEA_i , correspondientes a los doce periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO 4 de esta Regulación.

18.2 Consumidores con tarifa general con demanda

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa con demanda de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

El cálculo de la energía facturable mensual se realizará en conformidad a lo establecido en el artículo 18.1.

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al consumidor, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda y el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el pliego tarifario del SPEE vigente.

A partir del inicio de operación del SGDA, la demanda facturable mensual corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el respectivo medidor de demanda y corresponderá a aquella que fue requerida por el consumidor de la red de distribución.

18.3 Consumidores con tarifa general con demanda horaria

Para un consumidor que tenga asignada una tarifa con demanda horaria, de acuerdo al pliego tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente:

La Distribuidora mediante el sistema de medición respectivo, determinará el balance neto de energía mensualmente, entre la energía mensual consumida desde la red de distribución y la energía inyectada por el SGDA, en cada uno de los periodos de demanda horaria aplicables al consumidor, según el pliego tarifario del SPEE vigente.

Sobre la base de la energía consumida de la red e inyectada por el SGDA en el mes i , en cada periodo de demanda, la Distribuidora calculará la Energía Equivalente Inyectada por el SGDA ($EEINY_i$) y la Energía Equivalente Consumida de la red por el consumidor ($EERED_i$) aplicando las siguientes fórmulas:

Sesión Electrónica de Directorio de 05 de abril de 2021

La Regulación denominada «**Marco normativo de la generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica**».

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

1. OBJETIVO

Establecer las disposiciones para la habilitación, instalación, conexión, operación, y mantenimiento de Sistemas de Generación Distribuida para Autoabastecimiento (SGDA) de Consumidores Regulados, y las disposiciones para la medición y facturación de la energía eléctrica de Consumidores Regulados con SGDA.

2. ALCANCE

La presente Regulación aborda:

- La caracterización y dimensionamiento de un SGDA de Consumidores Regulados;
- Las modalidades de autoabastecimiento;
- El procedimiento para solicitar y obtener la Factibilidad de Conexión para Autoabastecimiento y el Certificado de Habilitación;
- Las condiciones para la instalación, conexión, operación y mantenimiento de un SGDA; y,
- La medición de energía eléctrica y determinación de la energía facturable para Consumidores Regulados con SGDA.

3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Regulación es aplicable a Consumidores Regulados con SGDA y a Empresas Distribuidoras.

4. SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ARCERNNR	Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE; por las siglas en inglés de 'Institute of Electrical and Electronics Engineers')
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
LOSPEE	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica
RGLOSPEE	Reglamento General de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica
RUC	Registro Único de Contribuyentes
SAPG	Servicio de Alumbrado Público General
SBU	Salario Básico Unificado
SGDA	Sistema de Generación Distribuida para Autoabastecimiento
SPEE	Servicio Público de Energía Eléctrica.

9. LÍMITE DE LA POTENCIA NOMINAL

La Potencia Nominal de un SGDA está limitada de la siguiente manera:

- a) Si no hay inyección de energía eléctrica a una red de distribución, la Potencia Nominal de un SGDA estará limitada por la demanda de potencia máxima registrada del Consumidor Regulado (asociado al SGDA), y por la capacidad de conexión aprobada por la Distribuidora. Para este caso, el Consumidor Regulado deberá implementar equipos de protección y control necesarios para impedir la inyección de energía eléctrica a la red de distribución.
- b) Si hay inyección de energía eléctrica a una red de distribución, la Potencia Nominal de un SGDA estará limitada a 2 MW.

10. VOLTAJES DE CONEXIÓN Y CATEGORÍAS

Los voltajes de conexión y las categorías de SGDA se detallan en la Tabla 1. Las categorías de SGDA se usan en el numeral 15 de la presente Regulación.

Voltaje de conexión	Potencia nominal, P_n	Categoría
Bajo voltaje	$P_n \leq 5$ kW, monofásica	Categoría 1
	$P_n \leq 10$ kW, bifásica	
	$P_n \leq 50$ kW, trifásica	
Medio voltaje	$P_n \leq 2$ MW cuando hay inyección de energía eléctrica a una red de distribución P_n menor a la capacidad de conexión aprobada por la Distribuidora cuando no hay inyección de energía eléctrica a una red de distribución	Categoría 2

Tabla 1. Voltajes de conexión y categorías de SGDA

Para el caso de conexiones en bajo voltaje, las Distribuidoras podrán permitir SGDA con potencias mayores a las establecidas en la Tabla 1 cuando los estudios técnicos indiquen que no haya afectaciones a la red de distribución.

11. DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de un SGDA es de exclusiva responsabilidad de los Consumidores Regulados asociados a éste. La Potencia Nominal del SGDA será determinada sobre la base de un estudio técnico, con el fin de cubrir la demanda de energía eléctrica anual de uno o varios Consumidores Regulados. La producción anual de energía del SGDA deberá ser igual o menor que la demanda de energía anual de los Consumidores Regulados.

El dimensionamiento de un SGDA debe considerar lo siguiente:

- a) Para Consumidores Regulados existentes, se podrá utilizar los consumos de energía de los últimos 24 meses, la proyección de demanda de energía durante la vida útil del SGDA, y, de ser el caso, los requerimientos de almacenamiento de energía.

- b) Para nuevos Consumidores Regulados, sin registros históricos de consumo de energía, se podrá utilizar la proyección de demanda de energía durante la vida útil del SGDA, y, de ser el caso, los requerimientos de almacenamiento de energía.

12. MODALIDADES DE AUTOABASTECIMIENTO

La Ilustración 1 muestra las modalidades de generación distribuida para autoabastecimiento que se consideran en la presente Regulación. Las modalidades se describen a continuación.

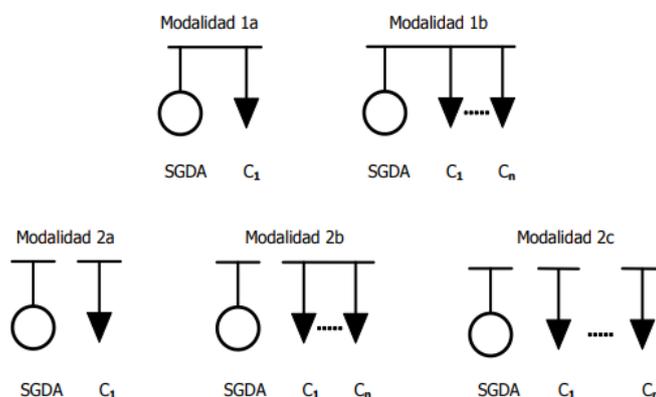


Ilustración 1. Modalidades de autoabastecimiento. En la modalidad 1a, el SGDA puede o no inyectar excedentes de energía a la red de distribución.

12.1. Modalidad 1a: Autoabastecimiento individual local

El SGDA y el Consumidor Regulado están ubicados en un mismo inmueble. En esta modalidad, el SGDA puede o no inyectar excedentes de energía eléctrica a la red de distribución.

12.2. Modalidad 1b: Autoabastecimiento múltiple local

El SGDA y los Consumidores Regulados están ubicados en un mismo inmueble constituido en condominio o declarado bajo el régimen de propiedad horizontal.

12.3. Modalidad 2a: Autoabastecimiento individual remoto

El SGDA y el Consumidor Regulado están ubicados en inmuebles diferentes. El inmueble donde se ubica el Consumidor Regulado no debe estar constituido en condominio o declarado bajo el régimen de propiedad horizontal.

12.4. Modalidad 2b: Autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores concentrados

El SGDA y los Consumidores Regulados están ubicados en inmuebles diferentes. Los Consumidores Regulados se encuentran concentrados en un mismo inmueble constituido en condominio o declarado bajo el régimen de propiedad horizontal.

12.5. Modalidad 2c: Autoabastecimiento múltiple remoto con consumidores dispersos

El SGDA y los Consumidores Regulados asociados al SGDA están ubicados en inmuebles diferentes (los Consumidores Regulados se encuentran dispersos). Los Consumidores Regulados deben pertenecer a la misma persona jurídica.

26.3.6. Medición redundante

Los Consumidores Regulados o Representante Legal, según corresponda, podrán solicitar a la Distribuidora, la instalación de un Medidor redundante, para el Sistema de Medición bidireccional y/o para el Sistema de Medición del SGDA.

Los Consumidores Regulados o el Representante Legal, según corresponda, asumirán los costos de adquisición, calibración inicial, calibraciones posteriores, instalación mantenimiento y reemplazo de los Medidores redundantes, los cuales serán cancelados en los términos que se establezcan en común acuerdo con la Distribuidora.

El Medidor redundante servirá como respaldo en caso de daño, pérdida, manipulación o imposibilidad de acceso, físico o remoto, a las lecturas del Medidor principal.

26.3.7. Medición remota

La Distribuidora, en conformidad con sus políticas internas, podrá exigir a los Consumidores Regulados o al Representante Legal, según corresponda, la implementación de los elementos o equipos complementarios para el monitoreo y adquisición de datos remoto de los Sistemas de Medición bidireccionales o Sistemas de Medición de los SGDA.

26.3.8. Entidades o laboratorios acreditados

Los laboratorios que realicen los procesos de calibración señalados en el numeral 26.3 de esta Regulación, se sujetarán a las disposiciones establecidas en la Regulación Nro. ARCONEL-001/20 «Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica» o la que la sustituya.

27. ENERGÍA NETA

La energía neta en el mes i , $E_{net,i}$, se determinará según lo establecido en el ANEXO E de la presente Regulación.

28. ENERGÍA FACTURABLE

Si por condiciones operativas del SGDA o por variación de la demanda se presentan excedentes de energía, su tratamiento por parte de la Distribuidora se sujetará a las siguientes disposiciones.

28.1. Consumidor con tarifa general sin demanda

Para un Consumidor Regulado que tenga asignada una tarifa general sin demanda o una tarifa general con demanda, de acuerdo con el Pliego Tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente.

- a) Si $E_{net,i} \leq 0$, la Distribuidora facturará al consumidor por concepto de energía consumida, con valor cero; $EF = 0$, además:

$$CE_i = |E_{net,i}| \quad Ec. (1)$$

Donde:

CE_i Crédito de energía a favor del consumidor en el i -ésimo mes, en kWh.

- b) Si $E_{neta,i} > 0$, en este caso $CE_i = 0$, por no haber un saldo a favor del Consumidor Regulado en el i -ésimo mes.

La Distribuidora verificará si el consumidor dispone de un saldo total acumulado de energía a su favor en el mes anterior, SEA_{i-1} ; si es así, se debitará parte o la totalidad del SEA_{i-1} , para cubrir el $|E_{neta,i}|$ del i -ésimo mes.

Si con el SEA_{i-1} disponible se logra cubrir la totalidad del $|E_{neta,i}|$, en el i -ésimo mes de consumo, la energía facturable en el mes i será cero; $EF = 0$, caso contrario se le facturará el saldo de energía restante aplicando la tarifa correspondiente del Pliego Tarifario del SPEE.

Se actualizará el SEA_i mensualmente sobre la base de los créditos generados y valores devengados para cubrir el $|E_{neta,i}|$, para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente $i + 1$.

A partir del inicio de la operación del SGDA, cada 24 meses el SEA se reiniciará a cero, sin que la Distribuidora deba otorgar una compensación económica por dicha energía.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los siguientes valores: energía total requerida por el Consumidor Regulado, energía tomada de la red de distribución (que le corresponde al Consumidor Regulado), energía inyectada o neta del SGDA (que le corresponde al Consumidor Regulado), energía neta, crédito de energía, y saldo total acumulado de energía, correspondientes a los 12 periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO G de la presente Regulación.

El Consumidor Regulado que cuente con un SGDA cancelará mensualmente el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el Pliego Tarifario del SPEE vigente.

28.2. Consumidor con tarifa general con demanda

Para un Consumidor Regulado que tenga asignada una tarifa con demanda, de acuerdo con el Pliego Tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente.

El cálculo de la energía facturable del mes i se realizará en conformidad a lo establecido en el numeral 28.1 de la presente Regulación.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los valores establecidos en el numeral 28.1 de la presente Regulación, correspondientes a los 12 periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO G de la presente Regulación.

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al Consumidor Regulado, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda (como se indica en el ANEXO E) y el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el Pliego Tarifario del SPEE vigente.

A partir del inicio de operación del SGDA, la demanda facturable corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el Sistema de Medición, y corresponderá a aquella que fue requerida de la red de distribución por el Consumidor Regulado (ver ANEXO E).

28.3. Consumidor con tarifa general con demanda horaria

Para un Consumidor Regulado que tenga asignada una tarifa con demanda horaria, de acuerdo con el Pliego Tarifario del SPEE vigente, se considerará lo siguiente.

- a) Si $E_{neta,i}^{eq} \leq 0$, la Distribuidora facturará por concepto de energía consumida con valor cero; $EF = 0$, además:

$$CEE_i = |E_{neta,i}^{eq}| \quad Ec. (2)$$

Donde:

CEE_i Crédito de Energía Equivalente a favor del Consumidor Regulado en el i -ésimo mes, en kWh.

b) Si $E_{neta,i}^{eq} > 0$, en este caso el $CEE_i = 0$, por no haber un saldo a favor del Consumidor Regulado en el i -ésimo mes.

La Distribuidora verificará si el Consumidor Regulado dispone de un saldo total acumulado de energía equivalente a su favor en el mes anterior, $SEEA_{i-1}$; si es así, se debitará parte o la totalidad del $SEEA_{i-1}$, para cubrir el $|E_{neta,i}^{eq}|$ del mes i .

$SEEA_{i-1}$ Saldo total acumulado de energía equivalente disponible del Consumidor Regulado en el mes anterior $i - 1$. Para el primer mes, $SEEA_0 = 0$.

EF_i Energía Facturable correspondiente al mes i .

Si con el $SEEA_{i-1}$ disponible se logra cubrir la totalidad del $|E_{neta,i}^{eq}|$ en el i -ésimo mes de consumo, la energía facturable en el mes i será cero; $EF = 0$. Caso contrario se le facturará el saldo de energía restante aplicando el mayor de los cargos tarifarios (Tm).

Se actualizará el $SEEA_i$ mensualmente sobre la base de los créditos generados y valores devengados para cubrir el $|E_{neta,i}^{eq}|$, para considerarlo en el cálculo de la energía facturable del mes siguiente.

A partir del inicio de la operación del SGDA, cada 24 meses el $SEEA$ se reiniciará a cero, sin que la Distribuidora deba otorgar una compensación económica por dicha energía.

La factura mensual que emita la Distribuidora deberá adjuntar una tabla en la que conste los siguientes valores: energía total equivalente requerida por el consumidor, energía total equivalente tomada de la red de distribución (que le corresponde al consumidor), energía equivalente inyectada o neta del SGDA (que le corresponde al consumidor), energía neta equivalente, crédito de energía equivalente, y saldo total acumulado de energía equivalente, correspondientes a los 12 periodos de consumo anteriores, tomando como referencia el ANEXO G de la presente Regulación.

Además, independiente del valor mensual por energía que le sea facturado al Consumidor Regulado, la Distribuidora le facturará mensualmente el cargo por demanda (como se indica en el ANEXO E) y el cargo de comercialización, sobre la base de lo establecido en el Pliego Tarifario del SPEE vigente.

A partir del inicio de operación del SGDA, la demanda facturable corresponderá a la demanda máxima registrada en el mes de consumo por el Sistema de Medición, y corresponderá a aquella que fue requerida por el Consumidor Regulado de la red de distribución (ver ANEXO E).

ANEXO E

ENERGÍA NETA, CARGO DE DEMANDA, Y ENERGÍA PRODUCIDA POR UN SGDA DE CONSUMIDORES REGULADOS

1. MODALIDAD 1a

La Ilustración 2 muestra el diagrama de la Modalidad 1a con los medidores de energía eléctrica cuando un SGDA inyecta excedentes de energía a la red de distribución.

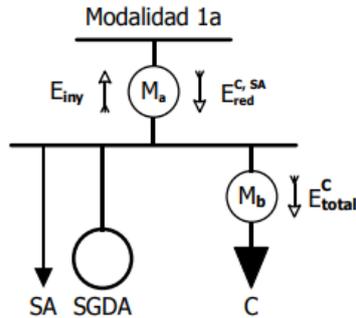


Ilustración 2. Diagrama de la Modalidad 1a (SGDA y consumidor regulado ubicados en un mismo inmueble) con medidores M_a y M_b . El SGDA inyecta excedentes de energía a la red de distribución.

La Ilustración 3 muestra el diagrama de la Modalidad 1a con los medidores de energía eléctrica cuando un SGDA no inyecta excedentes de energía a la red de distribución.

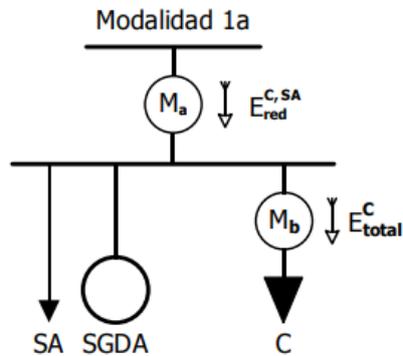


Ilustración 3. Diagrama de la Modalidad 1a (SGDA y consumidor regulado ubicados en un mismo inmueble) con medidores M_a y M_b . El SGDA no inyecta excedentes de energía a la red de distribución.

1.1. Consumidor con tarifa general sin demanda o tarifa general con demanda

La energía neta en el i -ésimo mes se calcula de la siguiente manera:

$$E_{neta,i} = E_{red,i}^{C,SA} - E_{iny,i} \quad Ec. (3)$$

Donde:

$E_{neta,i}$ Energía neta en el i -ésimo mes, en [kWh]

$E_{red,i}^{C,SA}$	Energía tomada de la red de distribución por el consumidor y los servicios auxiliares del SGDA en el i-ésimo mes, en [kWh]
$E_{iny,i}$	Energía inyectada a la red de distribución por el SGDA en el i-ésimo mes, en [kWh].

Para determinar el factor de potencia del consumidor, la Distribuidora utilizará la energía total requerida por el consumidor, $E_{total,i}^C$, registrada por el medidor M_b .

Para determinar el cargo por demanda del consumidor, la Distribuidora utilizará el valor de la demanda total requerida de la red, D_{red} , registrada por el medidor M_a .

Para determinar la energía eléctrica producida por el SGDA en el i-ésimo mes, $E_{SGDA,i}$, la Distribuidora utilizará la siguiente aproximación.

$$E_{SGDA,i} \approx E_{total,i}^C - E_{red,i}^{C,SA} + E_{iny,i} \quad Ec. (4)$$

1.2. Consumidor con tarifa general con demanda horaria

La energía neta equivalente en el i-ésimo mes se calcula de la siguiente manera:

$$E_{neta,i}^{eq} = E_{red,i}^{eq} - E_{iny,i}^{eq} \quad Ec. (5)$$

$$E_{red,i}^{eq} = \frac{1}{Tm_i} \sum_{k=1}^m E_{red,k}^{C,SA} T_k \quad Ec. (6)$$

$$E_{iny,i}^{eq} = \frac{1}{Tm_i} \sum_{k=1}^m E_{iny,k} T_k \quad Ec. (7)$$

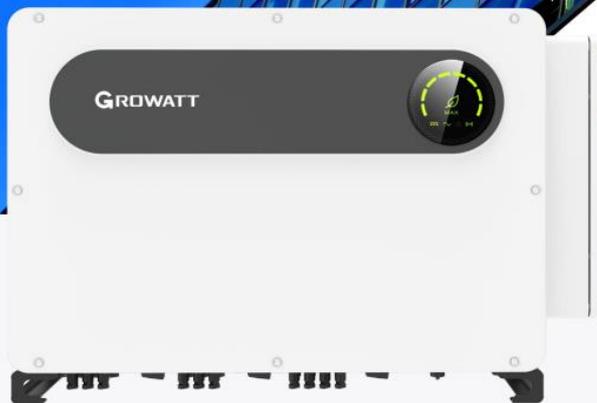
Donde:

$E_{neta,i}^{eq}$	Energía neta equivalente en el i-ésimo mes, en [kWh]
$E_{red,i}^{eq}$	Energía equivalente tomada de la red de distribución por el consumidor y por los servicios auxiliares del SGDA en el i-ésimo mes, en [kWh]
$E_{iny,i}^{eq}$	Energía equivalente inyectada a la red de distribución por el SGDA en el i-ésimo mes, en [kWh]
$E_{red,k}^{C,SA}$	Energía tomada de la red de distribución por el consumidor y por los servicios auxiliares en el mes de análisis, en los periodos de demanda en que aplica el cargo tarifario T_k , en [kWh]
$E_{iny,k}$	Energía inyectada a la red de distribución por el SGDA en el mes de análisis, en los periodos de demanda en que aplica el cargo tarifario T_k , en [kWh]
T_k	Cargo tarifario por energía del periodo de demanda k , en [USD/kWh]
Tm_i	Mayor de los cargos tarifarios horarios de los periodos de demanda aplicables al consumidor en el i-ésimo mes, en [kWh]
m	Número de cargos tarifarios por energía aplicables a la tarifa a la que corresponde el consumidor.

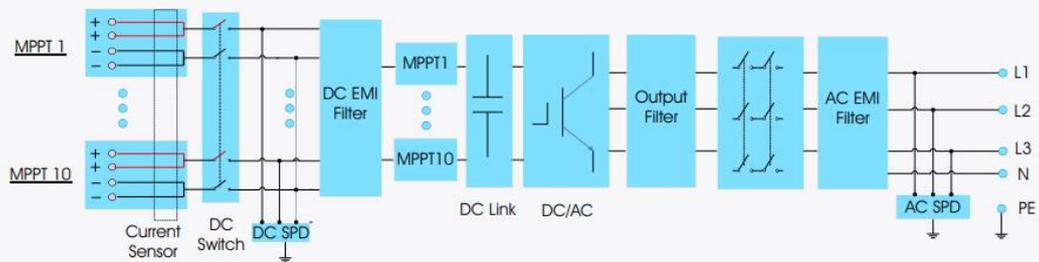
El factor de potencia, el cargo por demanda, y la energía eléctrica producida por el SGDA se determinarán según los dispuesto en el numeral 1.1 del presente anexo.

MAX 100~125KTL3-X LV

- 10 MPPTs fusefree design
- Smart I/V scan and diagnosis
- Intelligent string monitoring
- AC&DC type II SPD
- IP66 protection



Topology Diagram



Datasheet	MAX 100KTL3-X LV	MAX 110KTL3-X LV	MAX 120KTL3-X LV	MAX 125KTL3-X LV
Input data (DC)				
Max. DC voltage			1100V	
Start voltage			195V	
Nominal voltage			600V	
MPP voltage range			180V-1000V	
No. of MPP trackers			10	
No. of PV strings per MPP tracker			2	
Max. input current per MPP tracker			32A	
Max. short-circuit current per MPP tracker			40A	
Output data (AC)				
AC nominal power	100000W	110000W	120000W	125000W
Max. AC apparent power	110000VA	121000VA	132000VA	137500VA
Nominal AC voltage (range*)	220V/380V, 230V/400V (340-440V)			
AC grid frequency (range*)	50/60 Hz(45--55Hz/55-65 Hz)			
Max. output current	158.8A@400V 167.1A@380V	174.6A@400V 183.8A@380V	190.5A@400V 200.5A@380V	198.5A@400V 208.9A@380V
Adjustable power factor	0.8leading ...0.8lagging			
THDI	<3%			
AC grid connection type	3W/N/PE			
Efficiency				
Max. efficiency			98.8%	
European efficiency	98.4%	98.5%	98.5%	98.5%
MPPT efficiency	99.9%			
Protection devices				
DC reverse polarity protection	Yes			
DC switch	Yes			
AC/DC surge protection	Type II / Type II			
Insulation resistance monitoring	Yes			
AC short-circuit protection	Yes			
Ground fault monitoring	Yes			
String detection	Yes			
Anti PID function	Optional			
Arc fault detection (AFCI)	Optional			
General data				
Dimensions (W / H / D)	970/640/345mm			
Weight	84kg			
Operating temperature range	-30°C ... +60°C			
Nighttime power consumption	< 1W			
Topology	Transformerless			
Cooling	Smart air cooling			
Protection degree	IP66			
Relative humidity	0-100%			
Altitude	4000m			
DC connection	H4/MC4 (Max. 6mm ²)			
AC connection	OT Terminal (Max. 240mm ²)			
Display	LED/WIFI+APP			
Interfaces: RS485 / USB /PLC/GPRS/4G/WIFI	Yes/Yes/Optional/Optional/Optional/Optional			
Warranty: 5 years / 10 years	Yes /Optional			
CE, UKCA, IEC62116, IEC61727, CQC, VDE0126, VFR2019, EN50549-1/-2, C10/C11, UNE206007, G99 CEI 0-21/0-16, N4105, UNE206006, MEA, PEA, KSC8565				

* The AC voltage range and frequency range may vary depending on specific country grid standard.
All specifications are subject to change without notice.

Anexo 5. Ficha técnica Panel Solar

Referencia JAM72S20-460 MR

En stock 33 Artículos

FICHA TÉCNICA

Tipo	Monocrystalino Half Cell
Modificacion	144 Cells (6 x 24) 166 x 83mm 9BB
Voltaje Circuito Abierto Voc	50.01 V
Voltaje Potencia Maximo Vmpp	42.13 V
Corriente Circuito Cerrado Isc	11.45 V
Corriente Potencia Maxima Impp	10.92 V
Eficiencia Panel	20.6 %
Dimensiones	2120x1052x35mm
Peso	23 kg
Potencia	460Wp

Anexo 6. Pliego tarifario 2023

CNEL EL ORO - CNEL ESMERALDAS - CNEL GUAYAS LOS RÍOS - CNEL LOS RÍOS - CNEL MANABÍ - CNEL MILAGRO - CNEL SANTA ELENA - CNEL SANTO DOMINGO - CNEL SUCUMBIÓS - GALÁPAGOS

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
NIVEL VOLTAJE	GENERAL MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA		
	COMERCIALES		1,414
	4,790	0,095	
	INDUSTRIALES		
	4,790	0,083	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS		
	SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,790	0,071	
	BOMBEO AGUA		
	4,790	0,061	
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA		
	COMERCIALES		1,414
08:00 hasta 22:00 horas	4,576	0,095	
22:00 hasta 08:00 horas		0,077	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS		
	SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
08:00 hasta 22:00 horas	4,576	0,071	
22:00 hasta 08:00 horas		0,059	
	BOMBEO AGUA		
08:00 hasta 22:00 horas	4,576	0,061	
22:00 hasta 08:00 horas		0,049	
NIVEL VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA		
	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE		1,414
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	2,620	0,043	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,073	
L-V 22:00 hasta 08:00 horas*		0,034	
S,D 18:00 hasta 22:00 horas		0,043	
	ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA y TRANSPORTE ELÉCTRICO PÚBLICO MASIVO		
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,069	
L-D: 18:00 hasta 22:00 horas		0,086	
L-D: 22:00 hasta 08:00 horas		0,043	
SyD: 08:00 hasta 18:00 horas			
	INDUSTRIALES		
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,576	0,0897	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,1037	
L-V 22:00 hasta 08:00 horas*		0,0501	
S,D,F 18:00 hasta 22:00 horas		0,0897	

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Erik Mitchell Holguín Govea** con C.C: # **0925081936** autor del trabajo de titulación: **ESTUDIO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA EMPRESA CAMARONERA LANEC SITUADA EN ENGUNGA PROVINCIA DE SANTA ELENA** previo a la obtención del título de **Magister en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 20 de marzo de 2024

f. _____



Nombre: **Erik Mitchell Holguín Govea**
C.C: **0925081936**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Estudio de un sistema de energía solar fotovoltaica para la empresa camaronera Lanec situada en Engunga provincia de Santa Elena.		
AUTOR(ES)	Ing. Erik Mitchell Holguín Govea		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Mgs. Diana Bohórquez Heras, Msc. Gustavo Mazzini.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
CARRERA:	Maestría en Electricidad		
TITULO OBTENIDO:	Magister en Electricidad con mención en energías renovables y eficiencia energética		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 de marzo del 2024	No. DE PÁGINAS:	99
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ahorro energético, energía limpia, electricidad, generación fotovoltaica.		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Energy savings, clean energy, electricity, photovoltaic generation.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>Las energías renovables son una solución autosostenible para la crisis energética mundial, disminuyendo gradualmente el uso de energía térmica para uso eléctrico y minimizando el impacto ambiental que se produce por combustión. Los sistemas fotovoltaicos son considerados parte de los proyectos de generación distribuida adaptando un nuevo concepto al usuario y generando beneficios por su capacidad de generación inyectada a la red. El proyecto busca demostrar la factibilidad de un sistema fotovoltaico en la camaronera Lamec de la provincia de Santa Elena para la presente investigación el capítulo I detallo los objetivos propuestos para ellos el contenido de esta investigación partido de 5 capítulos donde el capítulo II detallo el estado del arte y criterios correspondiente a la energía renovable y componentes de un sistema fotovoltaico, el capítulo III realizo un diagnóstico del consumo del proyecto y sus variables meteorológicas donde la capacidad de generación de dicha camaronera es de 624 KW y su incidencia solar promedio de 4.5 kW/m², el capítulo IV realizo el dimensionamiento teórico y mediante software Pvsyst 7.2. Donde se dimensiono dos generadores con capacidad de 607KWp y consumo anual de 2 x 890KWh, finalmente el capítulo V realizo un estudio técnico – económico, donde se evidencio que con una inversión inicial de 1,253,353.83 en un periodo de 5 años hubo un retorno de inversión evidenciando un flujo positivo y un beneficio de 416%.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-996897400	E-mail: erik.holguin@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: PHD. Bayardo Bohórquez Escobar		
	Teléfono: +593-995147293		
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			