

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y
EFICIENCIA ENERGETICA**

TEMA:

Diseño de un Sistema Solar Fotovoltaico para Suministro de Energía Eléctrica a la Planta de Asfalto de la Empresa H e H Ubicada en la Ciudad de Guayaquil

AUTOR:

Adriano Amaguaya, Wilson Alcívar

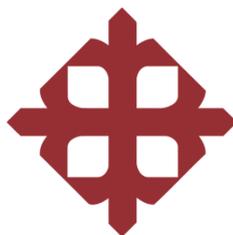
Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de

**MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIAS RENOVABLES
Y EFICIENCIA ENERGETICA**

TUTOR:

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

Guayaquil, 30 de Julio del 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Adriano Amaguaya, Wilson Alcívar** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

TUTOR

f. _____

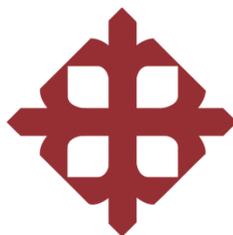
Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.

DIRECTOR DE PROGRAMA DE MAESTRIA

f. _____

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.

Guayaquil, 30 de Julio de 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Adriano Amaguaya, Wilson Alcívar**

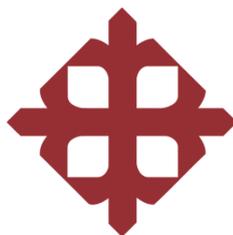
DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**Diseño de un Sistema Solar Fotovoltaico para Suministro de Energía Eléctrica a la Planta de Asfalto de la Empresa H e H Ubicada en la Ciudad de Guayaquil**”, previa a la obtención del Grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. 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, a los 30 días del mes de Julio del año 2025

f.

Adriano Amaguaya, Wilson Alcívar
Ci: 060426565-2



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

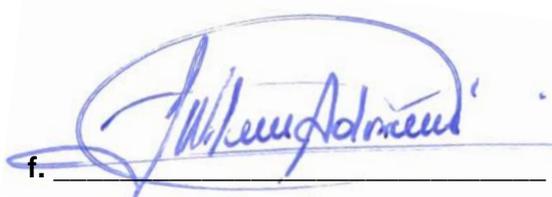
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES
Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Adriano Amaguaya, Wilson Alcívar**

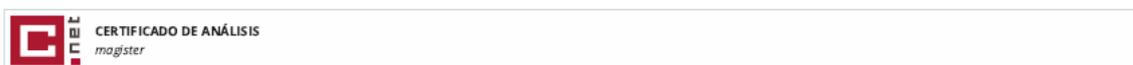
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Maestría, "**Diseño de un Sistema Solar Fotovoltaico para Suministro de Energía Eléctrica a la Planta de Asfalto de la Empresa H e H Ubicada en la Ciudad de Guayaquil**", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 30 días del mes de Julio del año 2025

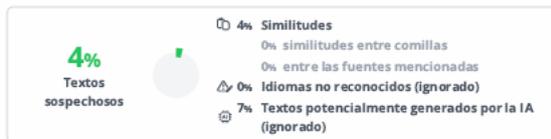
f. 

Adriano Amaguaya, Wilson Alcívar
Ci: 060426565-2

REPORTE COMPILATIO



WILSON ADRIANO UCSG
20.06.2025



Nombre del documento: WILSON ADRIANO UCSG 20.06.2025.docx	Depositante: Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez	Número de palabras: 18.037
ID del documento: 48e1e427fced512e6e0a5a8ccb0e9174847471	Fecha de depósito: 20/6/2025	Número de caracteres: 123.821
Tamaño del documento original: 23,13 MB	Tipo de carga: interfaz	
	fecha de fin de análisis: 20/6/2025	



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TESIS_KEVIN_SUAREZ_2024_2.0.docx TESIS_KEVIN_SUAREZ_2024_2.0 #e5a2d1 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 60 fuentes similares	13%		Palabras idénticas: 13% (2.399 palabras)
2	repositorio.ucsg.edu.ec Estudio de un sistema de energía solar fotovoltaica par... http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/22832/1/UCSG-C437-22373.pdf 54 fuentes similares	6%		Palabras idénticas: 6% (1.068 palabras)
3	TESIS KELLY VILLAO 8 de junio.docx TESIS KELLY VILLAO 8 de junio #f1575a El documento proviene de mi biblioteca de referencias 52 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (332 palabras)
4	Nathaly Freire ,Juan Vega,P73.docx Nathaly Freire ,Juan Vega,P73 #f56993 El documento proviene de mi grupo 51 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (287 palabras)
5	UCSG-JORGE ANDRADE - TESIS-01-02-2023 revisada urkun (3).language... #6f6373 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 33 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (238 palabras)

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación **“Diseño de un sistema solar fotovoltaico para suministro de energía eléctrica a la planta de asfalto de la empresa HeH, ubicada en Guayaquil”**, presentado por el Ing. Adriano Amaguaya, Wilson Alcívar, fue enviado al Sistema Anti plagio Compilatio, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 4%.

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

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, al cuerpo de docentes y personal administrativo de la II promoción de la Maestría en Electricidad.

A mi tutor y director del programa de Maestría en Electricidad, Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D, por compartir su conocimiento y apoyo en el proceso de formación académica de cuarto nivel.

Wilson Adriano Amaguaya

DEDICATORIA

A mi madre María Isolina Amaguaya (+), mi fuente de inspiración y sabiduría a pesar de no estar físicamente conmigo, su espíritu y amor continúan sirviendo de guía en cada paso que doy.

A mis hermanos, que con su apoyo pusieron un grano de arena para que pueda hoy terminar mis estudios profesionales.

Wilson Adriano Amaguaya



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

**Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.
DIRECTOR DEL PROGRAMA DE MAESTRIA**

f. _____

**Ing. Daniel Bohórquez Heras, Mgs
REVISOR**

f. _____

**Ing. Ricardo Ubilla González, Mgs
REVISOR**

**Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.
DOCENTE TUTOR**

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	VI
DEDICATORIA	VII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XIV
RESUMEN.....	XVIII
ABSTRACT	XIX
CAPITULO 1.....	1
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Definición del problema	2
1.4 Justificación del Problema	2
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos	3
1.6 Hipótesis de la investigación.....	3
1.7 Diseño y metodología de la investigación	3
CAPÍTULO 2.....	5
FUNDAMENTACION TEORICA	5
2.1 Sistema eléctrico	5
2.1.1. Generación.....	6
2.1.2. Transmisión.....	7
2.1.3. Distribución	8
2.2. Generación distribuida.....	8
2.2.2. Beneficios técnicos de la generación distribuida.....	10
2.2.3. Beneficios económico y Social de la generación distribuida	10
2.3.1. Energías renovables.....	10
2.3.2. Tipos de energías renovables	11
2.3.3. Energía Solar	11
2.3.4. Energía Eólica	12
2.3.5. Energía hidroeléctrica.....	13

2.3.6. Energía Geotérmica	14
2.3.7. Energía de Biomasa	16
2.3.8. Energía marina.....	17
2.4. Sistema solar fotovoltaico	18
2.4.1. Fundamentos de generación fotovoltaica	18
2.5. Panel solar	20
2.5.1. Panel solar monocristalino	20
2.5.2. Panel solar policristalino.....	22
2.5.3. Panel solar amorfo	22
2.6. Conector multi contacto de 4milímetros (MC4)	23
2.7. Estructuras de fijación para los paneles solares	24
2.8. Inversor fotovoltaico.....	26
2.8.1. Inversor fotovoltaico interconectado a la red (ON GRID).....	27
2.8.2. Inversor fotovoltaico aislado (OF GRID).....	28
2.8.3. Inversor fotovoltaico hibrido.....	29
2.9. Disyuntores de protección de corriente continua	30
2.10. Disyuntores de protección de corriente alterna	30
2.11. Conexión puesta a tierra.....	31
2.12. Batería.....	32
2.12.1. Funcionamiento de una batería.....	33
2.12.2. Características técnicas de una batería	34
2.12.3. Batería de plomo acido sellada (VRLA).....	35
2.12.3. Batería de níquel – cadmio (Ni-Cd)	36
2.12.4. Batería de Ion de litio	36
2.13. Sistema fotovoltaico interconectado a la red (On Grid).....	37
2.14. Sistema fotovoltaico aislado (Off Grid).....	38
CAPÍTULO 3.....	40
LEVANTAMIENTO DE INFORMACION TECNICA	40
3.1 Antecedentes de la empresa Hidalgo e Hidalgo S.A.....	40
3.2 Ubicación de la planta de asfalto	41
3.3 Parámetros de irradiación.....	42
3.4 Trayectoria solar e índice de sombra.....	42
3.5. Temperatura y humedad.....	43
3.6. Consumo eléctrico	44

3.7. Diagrama unifilar	46
CAPITULO IV	47
DISEÑO FOTOVOLTAICO	47
4.1. Diseño del sistema fotovoltaico	47
4.1.1. Diseño Teórico	47
4.2. PV Syst.....	48
4.3. Dimensionamiento de la planta solar	50
4.3.1 Selección de ubicación	51
CAPITULO V	61
ANALISIS DE COSTO BENEFICIO	61
5.1. Evaluación Económica.....	61
5.2. Evaluación de rentabilidad energética	64
5.3. Evaluación Ambiental	65
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consumo eléctrico de empresa hidalgo & hidalgo Carga total instalada y consumo eléctrico diario Adaptado de: Autor, 2024	45
<i>Tabla 2. Configuración de entradas DC del inversor, se muestra la configuración que debe tener cada inversor para estar en sincronía y poder generar la potencia de 580kWp. Fuente: Autor, 2024.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 3 Presupuesto del proyecto de generación distribuida, presupuesto referencial de suministro, instalación y puesta en servicio del proyecto de sistema solar fotovoltaico interconectado a la red. Fuente: Autor, 2025.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 4. Análisis de costo beneficio del proyecto de generación distribuida, en el análisis refleja que después del año 2033 el proyecto comienza a tener rentabilidad que favorece a la empresa mediante la comercialización de energía del sistema GD. Fuente: Autor, 2025.</i>	<i>63</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un sistema eléctrico de potencia	5
Figura 2. Central de generación.....	6
Figura 3. Líneas de transmisión.....	7
Figura 4. Subestación Eléctrica	8
Figura 5. Esquema de sistema de generación distribuida por autoconsumo..	9
Figura 6. Energía Solar.....	12
Figura 7. Energía Eólica	13
Figura 8. Energía hidroeléctrica	14
Figura 9. Energía geotérmica	15
Figura 10. Energía por Biomasa	16
Figura 11. Energía Mareomotriz	17
Figura 12. Sistema Solar Fotovoltaico	18
Figura 13. Célula fotovoltaica	20
Figura 14. Módulo monocristalino	21
Figura 15. Módulo Policristalino	22
Figura 16. Modulo amorfo.....	23
Figura 17. Conector MC4.....	24
Figura 18. Estructura para panel solar.....	25
Figura 19. Inversor Fotovoltaico.....	26
Figura 20. Topología de un inversor solar.....	27
Figura 21. Inversor Aislado	28
Figura 22. Inversor Híbrido	29
Figura 23. Protecciones DC.....	30
Figura 24. Protecciones AC	31
Figura 25. Sistema puesta a tierra	32
Figura 26. Batería	33
Figura 27. Componentes internos de una batería	34
Figura 28. Batería VRLA.....	35
Figura 29. Batería de Níquel Cadmio.....	36
Figura 30. Batería de litio.....	37
Figura 31. Empresa Hidalgo e Hidalgo S.A,.....	41
Figura 32. Mapa solar del Ecuador	42

Figura 33. Trayectoria solar	43
Figura 34. Temperatura promedio	44
Figura 35. Diagrama Unifilar General.....	46
Figura 36. Software PvSyst	49
Figura 37. Interfaz de PvSyst.....	50
Figura 38. Selección de la ubicación del sitio.....	51
Figura 39. Parámetro meteorológicos anual del sitio	52
Figura 40. Orientación solar.....	53
Figura 41. Selección de componentes fotovoltaicos	54
Figura 42. Resultados obtenidos por el diseño	56
Figura 43. Producción fotovoltaica	57
Figura 44. Porcentaje de rendimiento	58
Figura 45. Perdidas del sistema fotovoltaico.....	59
Figura 46. Diagrama Unifilar Propuesto	60
Figura 47. Flujo acumulativo del proyecto.....	64
Figura 48. Grafica costo beneficio	65
Figura 49. Índice de CO2.....	66

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Hora sol pico	47
Ecuación 2 Capacidad de sistema Fotovoltaico.....	47
Ecuación 3 Numero de módulos fotovoltaicos	48

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica Panel solar	75
Anexo 2. Ficha técnica inversor ON GRID	76
Anexo 3. Reformas tributarias	77
Anexo 4. Tiempo de vida util de los proyectos de generacion distribuida.....	78
Anexo 5. Reducción de C02 sistemas de generacion distribuida	79
Anexo 6. Operación y mantenimiento de una planta solar	80
Anexo 7. Protecciones para instalaciones fotovoltaicas residenciales	81

Anexo 8. Listado de elementos de protección para instalaciones fotovoltaicas residenciales.....	82
Anexo 9. Protecciones para instalaciones fotovoltaicas comerciales e industriales	83
Anexo 10. Listado de elementos de protección para instalaciones fotovoltaicas comerciales e industriales.....	84

Glosario

Definiciones:

Acometida: Conductores que parten desde la red de distribución hasta llegar al tablero de distribución.

Alimentador: Conductores que parte desde la barra de distribución del tablero hacia las cargas correspondientes.

Albedo: Radiación que incide sobre elementos en una superficie horizontal.

Altura solar: Angulo entre sol respecto y el horizonte donde incide la radiación en una superficie plana.

Azimut: Angulo de orientación que refleja la superficie terrestre.

Consumo de energía: Cantidad de energía absorbida por el usuario en un periodo de tiempo.

Demanda de energía: Cantidad de energía para abastecer a la carga del usuario.

Eficacia: Evaluación del rendimiento de un sistema en función a su producción.

Eficiencia: Rendimiento de un sistema en función a su producción.

Energía (E): Trabajo necesario por generar un movimiento en un periodo de tiempo. Su unidad es Julio (J).

Energía renovable: Energía emanada por fuentes naturales consideradas virtualmente inagotables. Su unidad el Julio (J).

Horas sol pico (HSP): Periodo de máximo aprovechamiento de energía por radiación solar. Su unidad horas (h).

Irradiación (H): Radiación que golpea sobre una superficie plana en un periodo horario. Su unidad es (Jh/m² o Wh/m²).

Irradiancia (I): radiación que golpea sobre una superficie plana. Su unidad es (W/m²).

Irradiación directa: cantidad de radiación de incide sobre una superficie plana sin tener perdidas por nubosidad o refracción con el entorno.

Irradiación difusa: radiación resultante, después de ser reflejada por nubes o partículas, dicha resultante incidiendo sobre una superficie plana.

Irradiancia global: comprende el conjunto de radiaciones desde el punto de partida hasta la interacción con el objeto en una superficie plana, siendo la sumatoria las radiaciones, directa y difusa.

Orientación solar: recorrido que tiene el sol comenzando de este a oeste.

Potencia pico: Máxima potencia generada por paneles solares en las horas de mayor índice de irradiación W.

Potencia nominal: potencia eléctrica de un equipo que trabaja a plena carga y se encuentra en el dato de placa del fabricante (W).

Radiación solar: Energía emitida por el sol y que se propaga por medio de ondas electromagnéticas.

Sistema fotovoltaico: Conjunto de elementos que convierte la irradiación en energía eléctrica que puede ser distribuida al consumo.

Sombra: Área oscura donde no incide la luz.

SGDA: Sistema de generación distribuida de autoabastecimiento.

ERED: Energía proveniente de la red eléctrica de distribución.

ENET: Energía neta del sistema eléctrico.

EINY: Energía inyectada por un sistema de generación no convencional.

SEA: Crédito a favor por parte de la distribuidora al consumidor reflejado en el siguiente mes de facturación.

GD: Distribución Generada.

Voc: Voltaje de circuito abierto.

Isc: Corriente de cortocircuito.

PR: Porcentaje de rendimiento.

RESUMEN

La importancia de las diferentes fuentes de energía para el futuro constituye uno de los temas prioritarios a resolver. La energía actúa al mismo tiempo, como solución y problema para el desarrollo sostenible a través de ella se ha impulsado el progreso y, sin embargo, es una de las principales causas de contaminación del hábitat al originar perjuicios para la salud humana y el medio ambiente. El consumo energético a nivel residencial, industrial y comercial es grande y, a futuro tiende a ser insostenible para nuestro planeta, tanto por el agotamiento de los recursos naturales como por los daños irreversibles que ocasiona al ecosistema. Para ayudar al desarrollo sostenible de la Humanidad es imprescindible crear fuentes de energía alternativa que permita optimizar los recursos renovables para el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas más eficientes y en armonía con el medio ambiente. El presente trabajo corrobora el estudio de la demanda eléctrica en la empresa Hidalgo e Hidalgo S.A. para el diseño de un sistema solar fotovoltaico.

Para el diseño del sistema solar fotovoltaico se realizó el estudio de carga de la planta de Asfalto con valores nominales de las diferentes máquinas y equipos instalados, con los datos obtenidos, se procedió al cálculo de equipos que son el número de paneles solares y análisis de costos, selección del rango de potencia del inversor, número de baterías, uso de software para el dimensionado, al finalizar este trabajo se expondrán los resultados obtenidos para la posterior implementación del proyecto fotovoltaico.

PALABRAS CLAVE: ENERGIA RENOVABLE, SISTEMA FOTOVOLTAICO, MAQUINAS ELECTRICAS, EFICIENCIA ENERGÉTICA, PANELES SOLARES.

ABSTRACT

The importance of different energy sources for the future is one of the priority issues to be resolved. Energy acts as both a solution and a problem for sustainable development. It has driven progress, yet it is one of the main causes of habitat pollution, causing harm to human health and the environment. Residential, industrial, and commercial energy consumption is significant and, in the future, tends to become unsustainable for our planet, both due to the depletion of natural resources and the irreversible damage it causes to the ecosystem. To contribute to humanity's sustainable development, it is essential to create alternative energy sources that optimize renewable resources for the development of new, more efficient, and environmentally friendly energy technologies. This paper corroborates the study of electricity demand at Hidalgo e Hidalgo S.A. for the design of a photovoltaic solar system.

For the design of the photovoltaic solar system, a load study was carried out on the asphalt plant with nominal values of the different machines and equipment installed. With the data obtained, the equipment was calculated, including the number of solar panels and cost analysis, selection of the inverter power range, number of batteries, and use of software for sizing. At the end of this work, the results obtained will be presented for the subsequent implementation of the photovoltaic project.

KEYWORDS: RENEWABLE ENERGY, PHOTOVOLTAIC SYSTEM, ELECTRICAL MACHINES, ENERGY EFFICIENCY, SOLAR PANELS.

CAPITULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 Introducción

Los sistemas de generación convencional durante las últimas décadas han incrementado su capacidad de generación, debido a las necesidades del hombre y la industrialización. Sin embargo, la dependencia del combustible fósil como fuente de generación ha generado un impacto ambiental significativo en la atmosfera terrestre, elevando gradualmente la temperatura con el pasar de los años.

El cambio climático fue una consecuencia de la excesiva combustión de hidrocarburos, por lo que científicos de las grandes potencias mundiales buscaron sustituir los sistemas de generación convencional por fuentes con dependencia de energía no convencional de carácter renovable.

El PME (Plan de Manejo Ambiental), junto con el plan nacional de desarrollo promueven políticas energéticas que buscan fomentar la micro generación mediante sistemas descentralizados en el Ecuador. Las entidades regulatorias, como el ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de la Electricidad) instauraron regulaciones para definir la capacidad y modalidades de micro generación con fuentes de energía renovables.

Los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red han demostrado ser una solución favorable para mejorar la calidad de la energía en la red de distribución nacional. Las industrias y centros comerciales que cuentan con sistemas de microgeneración disminuyen su consumo de facturación eléctrica en horario diurno.

1.2 Antecedentes

La industria de asfalto de la empresa Hidalgo e Hidalgo S.A. está en constante crecimiento. En la actualidad se distribuye la energía por medio de la red de

media tensión hacia el consumo y un sistema de respaldo de energía compuesto por grupos electrógenos. En los últimos 5 años se ha elevado el consumo de energía eléctrica en las planillas mensuales, por ello se pretende buscar un mecanismo que permita disminuir dicho consumo mensual reflejado en la facturación y que exponga la factibilidad del proyecto, las reducciones de costo con base en la disminución de consumo eléctrico consiguiendo cumplir la expectativa de convertir el edificio en un lugar que usa la energía de forma eficiente.

1.3 Definición del problema

La planta de asfalto de la empresa Hidalgo e Hidalgo cuenta con una demanda de energía considerable, por lo que busca disminuir su consumo eléctrico con una fuente de generación no convencional interconectada a la red de distribución eléctrica.

1.4 Justificación del Problema

La energía solar, en la actualidad, cuenta con múltiples beneficios que aporta al consumidor. El más obvio son los beneficios financieros en forma de una reducción inmediata de los costes energéticos al consumir menos energía de la red nacional, y un valor agregado en la propiedad o instalación. Otra de las ventajas es el respeto a la disminución de gases de efecto invernadero, en un momento en que los consumidores y los gobiernos exigen cada vez más a la industria que reduzca su huella de carbono.

La energía solar contribuye a que las emisiones contaminantes sean nulas durante la fase de producción de energía y, por lo tanto, permite a las empresas seguir sus estrategias de cero emisiones. La independencia energética se está convirtiendo en una consideración cada vez más importante para las industrias en un momento en el que el suministro de energía es cada vez más vulnerable a los acontecimientos geopolíticos y en el que la escasez inesperada de energía o las subidas de precios pueden afectar repentinamente a la producción.

Implementar paneles solares que generen energía a partir de radiación solar implica un gran avance para nuestra sociedad, es dejar atrás la generación del exceso de gases de invernadero que afectan directamente a la atmósfera. Para lo cual se requiere evaluar la alimentación eléctrica de toda la planta de asfalto, el uso de todas las áreas disponible para como conocer si se necesita adaptar un área adicional para suplir la demanda de consumo de la planta, y disminuir los costos eléctricos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a la planta de asfalto de la empresa Hidalgo e Hidalgo ubicada en Guayaquil.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar el estudio de cargas eléctricas de la planta de asfalto para el diseño del sistema solar fotovoltaico.
- Dimensionar los componentes del sistema solar fotovoltaico, considerando los niveles de radiación solar para la autonomía de funcionamiento de la planta de asfalto.
- Elaborar el análisis económico del costo de la instalación del sistema solar fotovoltaico a implementar.

1.6 Hipótesis de la investigación

Los sistemas fotovoltaicos con interconexión a la red inyectan energía eléctrica en horario diurno a la carga, disminuyendo el consumo eléctrico del usuario reflejado excedentes de energía como crédito a favor en la planilla de facturación eléctrica.

1.7 Diseño y metodología de la investigación

El presente proyecto de investigación utiliza los métodos cuantitativo y cualitativo, mediante un enfoque descriptivo y exploratorio, debido a que describe la necesidad de otras alternativas que sustituyan el sistema de generación de suministro eléctrico convencional, y explora la adaptación de tecnologías con energías alternativas no convencionales como fuente de suministro de energía eléctrica buscando demostrar que la adaptación de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente aportan beneficios ambientales, económicos, sociales y técnicos satisfaciendo las necesidades energéticas del cliente.

CAPÍTULO 2

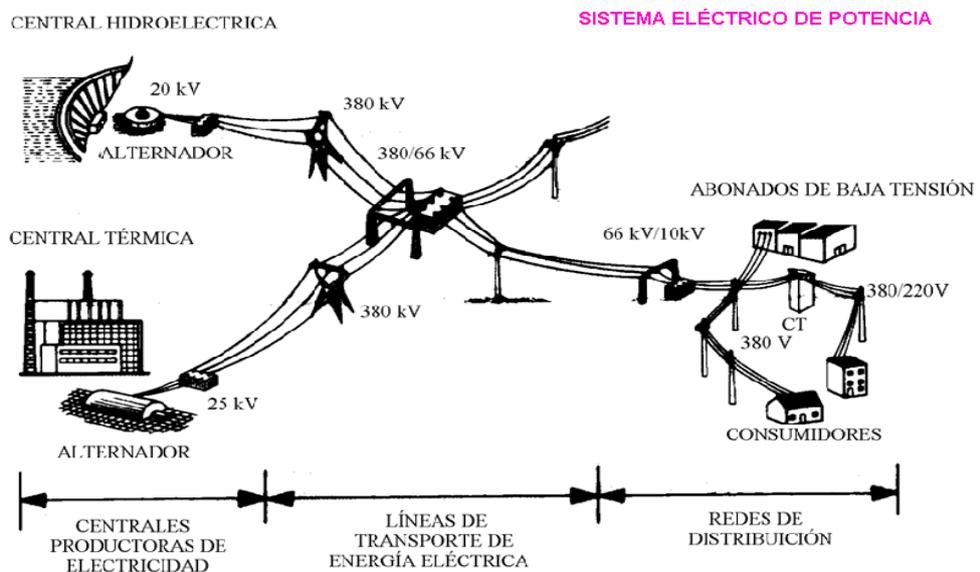
FUNDAMENTACION TEORICA

2.1 Sistema eléctrico

Un sistema eléctrico se describe como un conjunto de componentes y dispositivos interconectados que trabajan juntos para generar, transmitir, distribuir y utilizar la energía eléctrica. Los sistemas eléctricos pueden variar en tamaño y complejidad, desde los grandes sistemas eléctricos nacionales hasta los pequeños sistemas eléctricos en dispositivos electrónicos (OHM Solution, 2024).

La figura 1, muestra el esquema de generación transmisión, sub transmisión y distribución en los diferentes niveles de voltaje desde las diferentes centrales de generación hasta los consumidores. Dentro de los elementos fundamentales de esta red se incluyen las torres de transmisión, cables, transformadores, interruptores, condensadores/reactores, aparatos HVDC/FACTS, y dispositivos de control y seguridad.

Figura 1. Esquema de un sistema eléctrico de potencia



Nota: Etapas de un sistema eléctrico desde la generación, transmisión y distribución (Water's, 2019)

2.1.1. Generación

La etapa de generación comprende una de las más importantes del sistema eléctrico, donde la energía eléctrica se obtiene mediante la conversión de algún tipo de energía, mecánica, cinética, acústica, en energía eléctrica. Esta etapa genera una producción en MW/h que varía según su materia prima (Eductrade, 2024).

Los primeros generadores que electrificaron grandes poblaciones fueron las centrales termoeléctricas, cuyo principio de generación consistía en la combustión de la materia prima por medio de la quema de combustible fósil en una caldera, la combustión produce gases que pasan través de tuberías donde golpean las aspas de una turbina acoplada. El giro de la turbina produce la energía eléctrica mediante el principio de inducción electromagnética (Borja, 2020).

Las fuentes no renovables son los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) y la energía nuclear. Dentro de las fuentes no renovables se encuentra la generación térmica como muestra la figura 2 la planta termoeléctrica Aníbal Santos.

Figura 2. Central de generación

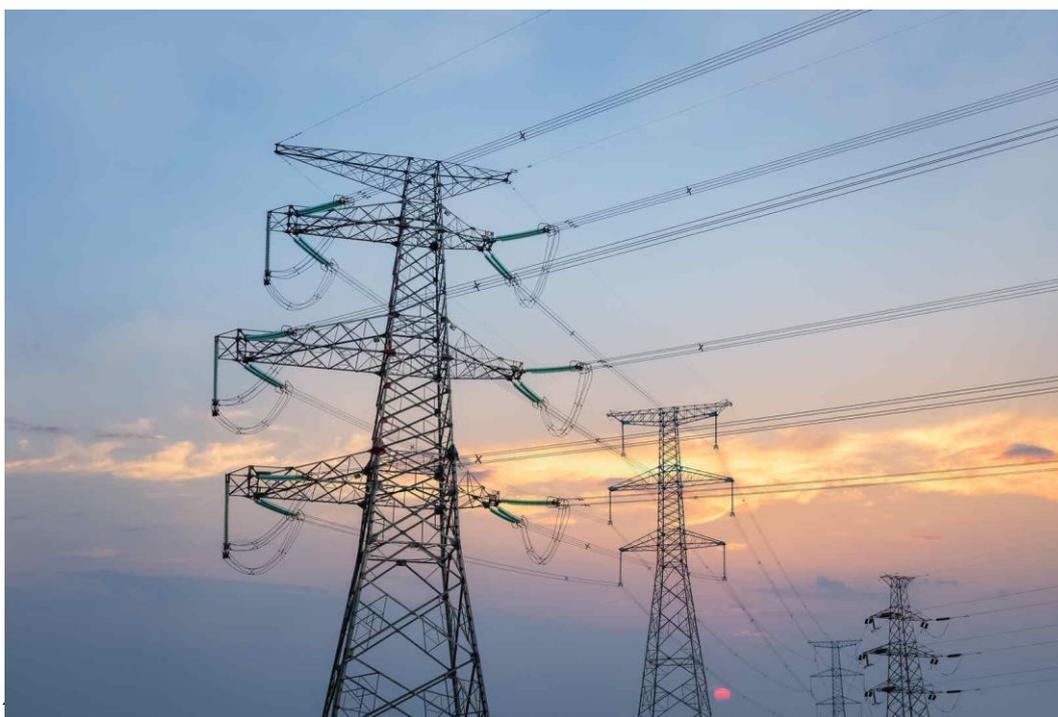


Nota: Planta termoeléctrica por generación a gas central Aníbal Santos con una potencia activa de 18MVW y una potencia reactiva de 2MVAR. Adaptado de CELEC EP (2024)

2.1.2. Transmisión

La etapa de transmisión consiste en transportar la energía eléctrica desde la central generadora hacia los centros de consumo. El principio de una línea de transmisión es abastecer de energía desde un punto inicial a un punto final (consumidor). La figura 3 expone los tramos y las estructuras de líneas de transmisión que recorren grandes kilómetros donde se utilizan subestaciones para elevar los niveles de voltaje a los niveles nominales que maneja la configuración de la red de transmisión, con la finalidad de conservar la estabilidad de las redes eléctricas o Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP). (CELEC EP, 2024).

Figura 3. Líneas de transmisión



Nota: Tramo de línea de extra alta tensión 230KV desde Jivico hasta Shushufindi (CELEC EP, 2024)

2.1.2.1. Subestación

La función principal de una subestación eléctrica va desde la producción, transformación y regulación, hasta lo que es la distribución de energía. Como muestra la siguiente ilustración en la figura 4, gracias a estas

infraestructuras que existe la distribución de electricidad hacia zonas geográficas que incluso pueden tener un acceso un poco más difícil. Una subestación es un sistema compuesto de elementos eléctrico/ mecánico primarios y secundarios interconectados que se encargan de transformar los niveles de alto voltaje que entregan las líneas de transmisión en niveles de medio voltaje (Martínez et al., 2022).

Figura 4. Subestación Eléctrica



Nota: Subestación eléctrica tipo reductora. Adaptado de CELEC EP (2024)

2.1.3. Distribución

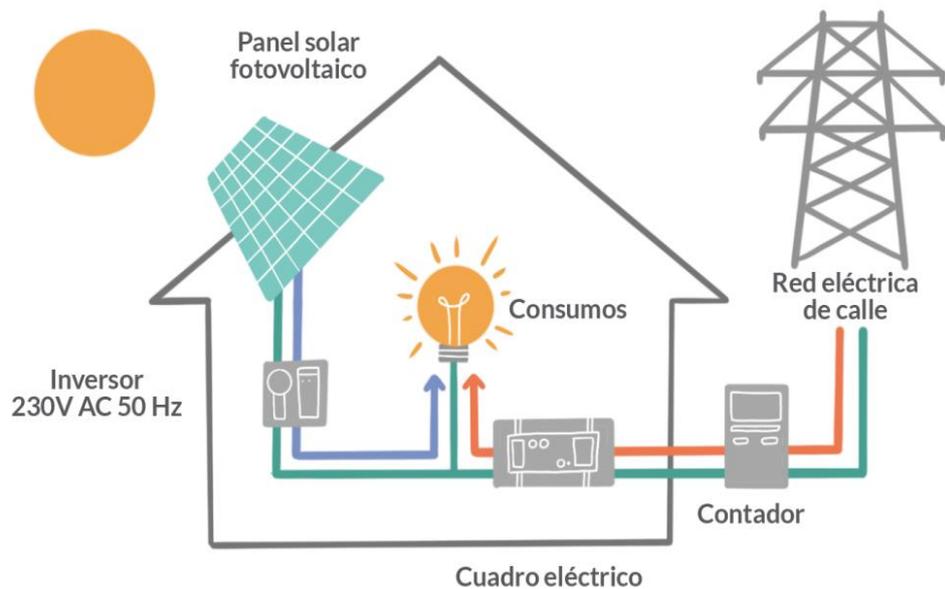
Las redes de distribución son aquellas que distribuyen la energía eléctrica con tensiones en medio voltaje y lo reparte hacia los consumidores, sea residencial, comercial o industrial.

2.2. Generación Distribuida

Este término hace referencia a la forma en que se produce la energía en pequeña escala. Por lo general, está ubicada en un lugar cercano al punto

donde se genera el consumo, en lugar de depender exclusivamente de grandes centrales eléctricas. Su origen se remonta a principios del siglo XX, cuando las primeras plantas de energía se construyeron en áreas urbanas para suministrar electricidad a los consumidores locales. Con el avance de la tecnología y el crecimiento de las redes eléctricas, la GD ha ganado protagonismo, impulsada por la necesidad de diversificar las fuentes de energía y promover un sistema energético más resiliente. Además, en la actualidad existe una preocupación creciente por temas climáticos y de sostenibilidad, lo cual impulsa el interés en fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, que son comúnmente utilizadas en sistemas de generación distribuida (Cens Grupo-EPM, 2017). La Figura 5 muestra cómo un microgenerador fotovoltaico suministra energía directamente al usuario y, si sobra, la inyecta a la red eléctrica. Este sistema, que utiliza paneles solares, convierte la energía solar en electricidad, que luego puede ser utilizada por el consumidor. La energía sobrante se devuelve a la red, aprovechando el sistema de interconexión.

Figura 5. Esquema de sistema de generación distribuida por autoconsumo



Nota: Micro generador fotovoltaico entrega su energía directamente al consumo del usuario y el residual de energía es inyectado a la red eléctrica. Adaptado de Fundación Solón (2021)

2.2.2. Beneficios técnicos de la generación distribuida

Desde el punto de vista técnico, la generación distribuida ofrece varias ventajas significativas. Al permitir la generación de electricidad más cerca de los consumidores, se reduce la necesidad de largas líneas de transmisión, lo que minimiza las pérdidas de energía durante el transporte. Esto también contribuye a mejorar la estabilidad y la resiliencia del sistema eléctrico, ya que múltiples fuentes de energía pueden operar de manera independiente. Además, la GD facilita la integración de tecnologías renovables, lo que permite a las comunidades y empresas adoptar soluciones energéticas más limpias y sostenibles. También fomenta el uso de redes inteligentes, que optimizan el consumo y la producción de energía, mejorando así la eficiencia del sistema energético en su conjunto (Serna, 2021).

2.2.3. Beneficios económico y Social de la generación distribuida

Los beneficios económicos y sociales de la generación distribuida son igualmente relevantes. En términos económicos, la GD puede reducir los costos de electricidad para los consumidores al disminuir la dependencia de las grandes empresas de energía y al permitirles generar su propia electricidad. Además, la implementación de proyectos de GD puede crear empleos locales en la instalación y mantenimiento de sistemas de energía renovable, impulsando así el desarrollo económico regional. Socialmente, la GD empodera a las comunidades al darles control sobre su producción de energía, promoviendo la equidad en el acceso a recursos energéticos. Esto es especialmente importante en áreas rurales y desfavorecidas, donde la GD puede ofrecer soluciones energéticas accesibles y sostenibles (Serna, 2021).

2.3.1. Energías Renovables

Se denominan energías renovables aquellas que provienen de fuentes naturales, las cuales son inagotables y generan menor contaminación ambiental, tales como el sol, agua, etc. Son una alternativa sostenible frente a los combustibles fósiles, que generan altas emisiones de CO₂ y contribuyen al cambio climático. La transición energética implica un cambio progresivo de

energías convencionales, como el carbón, el gas y el petróleo, hacia fuentes no convencionales, priorizando el uso de renovables. Esta transición busca reducir la dependencia de los combustibles fósiles, mitigar el impacto ambiental y promover un sistema energético más limpio y eficiente. Además, impulsa la innovación tecnológica y genera nuevos empleos en el sector energético (Arias et al., 2022).

2.3.2. Tipos de Energías Renovables

De acuerdo con Arias et al. (2022), las energías renovables se dividen en varias categorías según la fuente de la que provienen. Los tipos de energía son los siguientes: solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, energía proveniente de la biomasa y finalmente la energía marina.

2.3.3. Energía Solar

Según Becerra et al. (2020) Al tener una fuente renovable, esta aprovecha la radiación que genera el sol para producir energía y es utilizada principalmente de dos maneras: solar térmica y fotovoltaica. La energía solar térmica emplea la radiación solar para calentar fluidos que producen vapor, el cual mueve turbinas para generar electricidad, siendo también útil para calentar agua en hogares y edificios mediante colectores solares. Esta tecnología es especialmente eficiente en grandes instalaciones ubicadas en zonas con alta radiación solar. Por otro lado, la energía que es denominada como “solar fotovoltaica” convierte directamente la luz solar en electricidad a través de celdas solares que tienen materiales semiconductores en su fabricación como el silicio, generando corriente eléctrica al recibir luz.

En la siguiente ilustración de la figura 6, muestra el proceso de la captación solar, y la versatilidad de los módulos fotovoltaicos que permiten que se instale tanto en pequeñas superficies, como techos de viviendas, hasta en grandes parques solares, siendo una solución común en proyectos residenciales e industriales. Ambas tecnologías contribuyen

significativamente a reducir la dependencia de combustibles fósiles y a promover energías limpias.

Figura 6. Energía Solar



Nota: Los módulos fotovoltaicos captan la radiación solar por medio de células fotovoltaicas que por medio de un proceso fotoeléctrico convierten la luz en electricidad. Adaptado de Duval, 2018

2.3.4. Energía Eólica

La energía eólica aprovecha el viento como fuente renovable, la fuerza que este puede generar es convertida en energía eléctrica a través de aerogeneradores también conocidos como molinos de viento, que son los encargados de transformar la energía cinética en eléctrica. Estos aerogeneradores necesitan ubicarse en áreas donde el viento sea constante y fuerte, como llanuras, costas o zonas marinas, para ser eficientes.

La energía eólica es ampliamente utilizada en parques eólicos, tanto en tierra como en alta mar, como se presenta a continuación en la figura 7, y sus aplicaciones van desde la producción de electricidad para redes nacionales hasta el suministro energético a comunidades rurales aisladas. Además de ser una tecnología limpia y sostenible, genera concientización en la comunidad al disminuir la dependencia del uso de combustibles fósiles, lo

que resulta en menos emisiones de gases de efecto invernadero. Para funcionar correctamente, requiere estudios previos de viento, una infraestructura adecuada de transporte y almacenamiento de energía, así como sistemas de conexión a la red eléctrica (Expósito, 2002).

Figura 7. Energía Eólica



Nota: Parque eólico marino compuesto por aerogeneradores que aprovechan el viento para mover las aspas y de esta manera la turbina conectada a un generador producir energía eléctrica (Ramirez, 2023)

2.3.5. Energía hidroeléctrica

En el caso de la energía hidroeléctrica, se la denomina de esta manera ya que su recurso es el agua y el movimiento que esta pueda tener para generar y convertirse en electricidad. El proceso comienza con la construcción de una represa que acumula agua en un embalse, creando una reserva de energía potencial. Cuando se libera el agua desde el embalse, la energía potencial se convierte en energía cinética al fluir por conductos hacia las turbinas. Estas turbinas, al girar con el flujo del agua, están conectadas a generadores que convierten la energía mecánica en energía eléctrica. Este proceso es eficiente y limpio, sin emisiones directas de gases contaminantes, lo que hace de la energía hidroeléctrica una alternativa sostenible (Arias et al., 2022).

La generación de electricidad mediante energía hidroeléctrica se basa en la energía potencial gravitatoria del agua acumulada a una cierta altura en el embalse de la central, como se muestra a continuación en la figura 8, cuanto mayor sea la diferencia de altura entre el embalse y el nivel donde se encuentra la turbina, más energía potencial tendrá el agua. Al caer por efecto de la gravedad, esta energía se convierte en energía cinética, impulsando las turbinas que, mediante un generador, producen electricidad. Este sistema es altamente eficiente y puede adaptarse a distintas escalas, desde grandes presas hasta pequeñas centrales hidroeléctricas. Además, permite almacenar agua en periodos de baja demanda eléctrica, liberándola cuando la demanda aumenta, lo que la convierte en una fuente flexible y confiable de energía (Ramirez, 2023).

Figura 8. Energía hidroeléctrica



Nota: Embalse de la Central Hidroeléctrica Delsitanisagua (CELEC EP, 2024)

2.3.6. Energía Geotérmica

El calor que se encuentra en el interior de la Tierra está almacenado y presenta grandes cantidades de energía, la cual es transformada para la generación de electricidad. Este calor proviene de la desintegración de elementos radiactivos y del calor residual de la formación planetaria. Para

producir energía eléctrica, se extraen vapores o fluidos calientes de reservorios subterráneos mediante pozos, los cuales impulsan turbinas conectadas a generadores. Además, la energía geotérmica se utiliza para calefacción directa en edificaciones, invernaderos y procesos industriales. Una de sus principales ventajas es su bajo impacto ambiental y su capacidad de proporcionar energía constante, independiente de las condiciones climáticas (Enriquez & Montilla, 2024).

Para su funcionamiento, se requieren zonas geotérmicas con alta actividad tectónica, infraestructura adecuada para la extracción y distribución del calor, así como tecnología avanzada para la conversión eficiente del calor en electricidad. Esta energía es sostenible a largo plazo y contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, siendo una opción prometedora para diversificar la matriz energética global, la figura 9 muestra la estructura de una central geotérmica capacidad de generación y ubicación.

Figura 9. Energía geotérmica



Nota: Central Geotérmica ubicada en Texas, con una producción de energía de 150MW. Adaptado de (Trini, 2024)

2.3.7. Energía de Biomasa

Para la biomasa, se hace referencia a materia orgánica, ya que esta es la fuente de donde se genera la energía y se la encuentra en residuos agrícolas, madera, y desechos animales. Este tipo de energía es considerado renovable, ya que proviene de recursos que pueden regenerarse naturalmente. La biomasa puede ser convertida en energía a través de diferentes procesos en los que interviene la combustión de la materia, la fermentación y también la digestión anaeróbica, lo que genera calor, electricidad y biocombustibles. Además, el uso de este tipo de energía contribuya a que exista una reducción en el consumo de combustibles fósiles y contribuye a la disminución de emisiones de gases que dañen a la Tierra. Sin embargo, su producción y utilización deben manejarse de manera sostenible para evitar la deforestación y la competencia con la producción de alimentos y demás productos. En resumen, la figura 10 describe que la energía de biomasa representa una alternativa viable y ecológica para el suministro energético, mediante la quema de resina pata la generación de electricidad, siempre que se implementen prácticas responsables en su aprovechamiento (Trini, 2024).

Figura 10. Energía por Biomasa



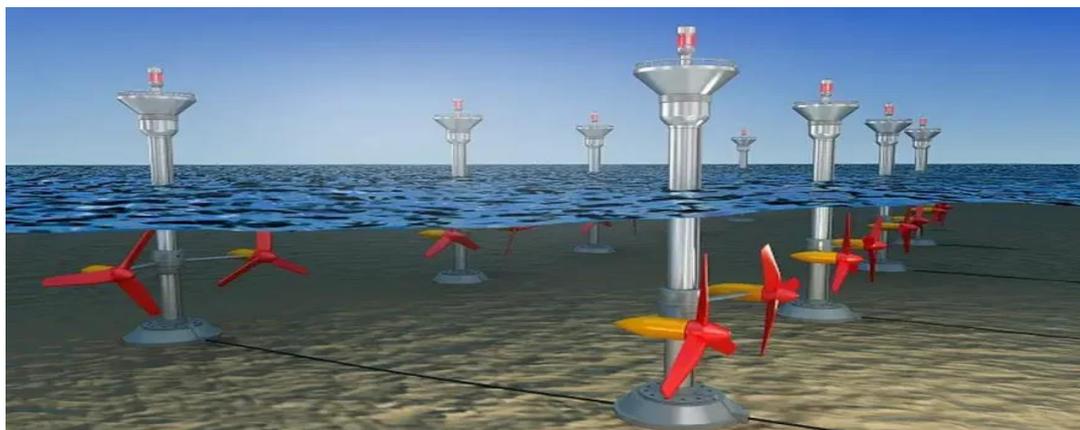
Nota: Central de biomasa mediante la quema de resina para la generación de electricidad. Adaptado de (Morillo, 2024)

2.3.8. Energía marina

La energía marina aprovecha el movimiento del agua en los océanos, como mareas, corrientes y olas, para generar electricidad. Para lograr esto se requiere que existan dispositivos encargados de la transformación de la energía cinética en mecánica y posterior en eléctrica mediante generadores. Es una fuente renovable con gran potencial debido a la constante presencia de agua en movimiento en los mares (Herbozo et al., 2018).

De acuerdo con Herbozo et al. (2018), se define como un tipo de energía marina que hace uso del movimiento constante de las mareas para lograr generar electricidad. Se basa en el ascenso y descenso del nivel del mar provocado por la gravedad de la Luna y el Sol. Para captar esta energía, se utilizan represas o esclusas que almacenan agua durante la marea alta, y al liberarla, el flujo de agua mueve turbinas que generan electricidad. Este tipo de energía es predecible, ya que las mareas siguen ciclos regulares, lo que la convierte en una fuente confiable. Sin embargo, su implementación depende de factores geográficos, ya que solo es viable en lugares con grandes amplitudes de marea, como algunas costas del Atlántico y del Pacífico. La figura 11 presenta la estructura de una central Mareomotriz, y los conductores submarinos.

Figura 11. Energía Mareomotriz

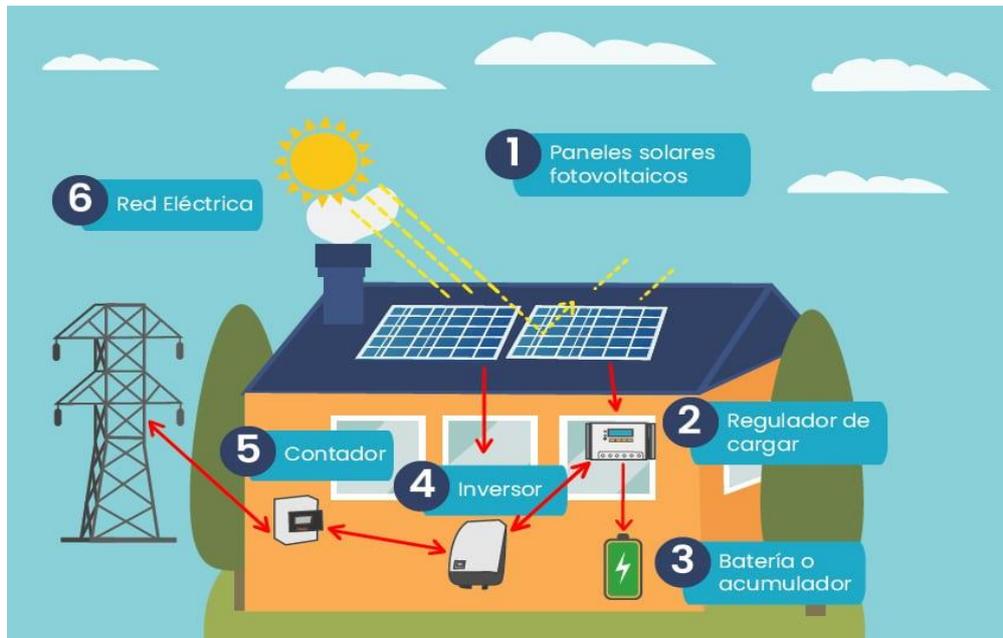


Nota: Central Mareomotriz aprovecha el movimiento de las olas para mover las turbinas y generar energía eléctrica misma que pasa por un conductor submarino. Adaptado de: (Lifeder, 2021)

2.4. Sistema solar fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos se componen de diversos componentes responsables de transformar la luz y transformarla en energía eléctrica. Los paneles solares son los responsables de absorber la radiación solar, que mediante placas semiconductoras y mediante un proceso fotoeléctrico, las transforman en energía eléctrica de corriente continua. Luego, esta corriente continua se transforma en corriente alterna (AC) con el fin de proporcionar energía a las cargas eléctricas. La figura 12 ilustra el procedimiento de transformación energética de un sistema solar fotovoltaico (Lopez & Guananga, 2017).

Figura 12. Sistema Solar Fotovoltaico



Nota: Sistema solar fotovoltaico, mediante el efecto fotoeléctrico, las placas solares capturan la radiación solar y la convierten en energía DC que mediante varios procesos su producto final es energía eléctrica en corriente alterna (AC). Adaptado de: (CEA, 2024)

2.4.1. Fundamentos de generación fotovoltaica

De acuerdo con Herrera (2018) Cuando la celda solar se expone al sol, los fotones logran trasladar los electrones de la zona con exceso de carga negativa a la zona con escasez. Los sistemas fotovoltaicos son sencillos de instalar; no obstante, para asegurar un abastecimiento de energía que pueda

cubrir la demanda durante periodos de alta o baja radiación solar, es imprescindible dimensionar adecuadamente el sistema.

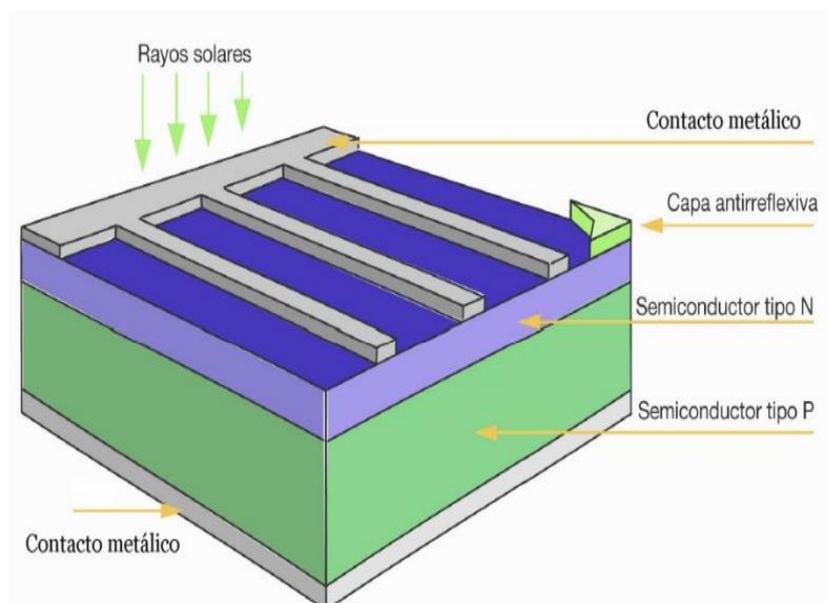
Algunos conceptos clave se explican a continuación y de acuerdo con Jiménez (2008):

1. Radiación solar: Se refiere a todas las radiaciones electromagnéticas que emite el sol. Incorpora la radiación difusa, que se refleja en las nubes y otras superficies antes de llegar al módulo, y la radiación directa, que penetra en el módulo sin barreras.
2. Horas sol pico: Hace referencia a las horas solares cuando la irradiación llega a su nivel máximo, o sea, cuando se genera el mayor volumen de energía.
3. Sombras: La sombra generada por una superficie terrestre que impacta directa o indirectamente a los módulos solares necesita una separación entre los módulos, determinada por la inclinación y el movimiento del sol.
4. Área de instalación: La zona de instalación de los módulos fotovoltaicos se establece considerando el espacio disponible y las distancias de seguridad requeridas, factores que inciden en la cantidad de paneles que pueden ser colocados.
5. Conexiones eléctricas: Según la configuración del inversor, es necesario una organización precisa de los arreglos para garantizar el voltaje y la corriente apropiados en la entrada del inversor. Para estos arreglos, las conexiones más comunes son en serie y en paralelo.
6. Distancias de seguridad: Hace referencia a la separación entre filas de módulos solares que posibilita que el operador camine y tenga suficiente espacio para llevar a cabo trabajos de mantenimiento, instalación o desmontaje.
7. Protecciones: Son un grupo de elementos que resguardan cada etapa del proceso de transformación energética, asegurando la longevidad del sistema y simplificando el mantenimiento a través de la interrupción y desconexión de los componentes.
8. Efecto fotoeléctrico: La radiación solar impacta en las células fotovoltaicas, fabricadas con materiales semiconductores.

2.5. Panel solar

Es un aparato semiconductor fabricado en silicio capaz de captar la radiación solar mediante sus células fotovoltaicas y transformarla en energía eléctrica mediante componentes internos. Los paneles solares producen energía de manera constante durante todo el día y tienen la capacidad de resistir temperaturas elevadas (Navas, 2009). La Figura 13 ilustra todos estos elementos internos que conforman la placa fotovoltaica.

Figura 13. Célula fotovoltaica



Nota: Estructura de una célula solar, el panel solar está formada por diversas capas en una célula solar, incluyendo el contacto metálico, la capa antirreflejante, el semiconductor tipo N, el semiconductor tipo P y otro contacto metálico. Adaptado de (Noguera et al., 2017)

Existen varias características que definen a los paneles solares, entre las principales se encuentran las siguientes:

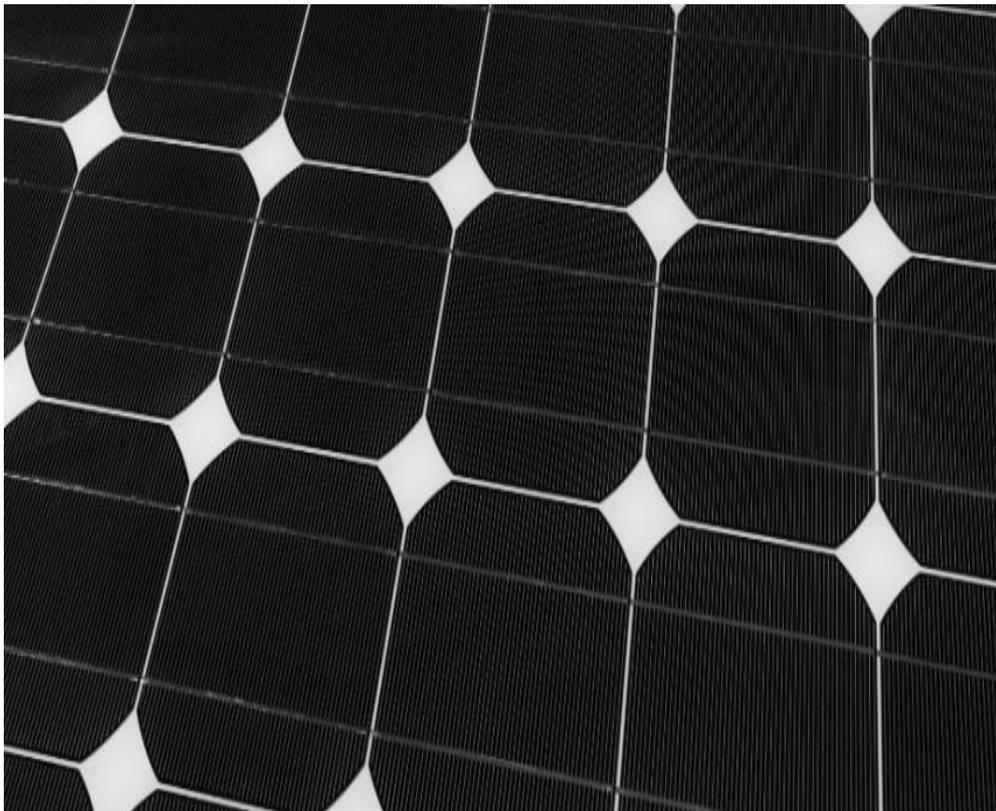
1. Celdas Fotovoltaicas: son elementos semiconductores presentes en un módulo solar y se categorizan en monocristalino, policristalino y amorfo, en función de su composición y aleación.
2. Diseño: Los paneles solares ofrecen un diseño simplificado y eficaz que facilitan el autoconsumo de energía solar.

3. Portabilidad: Los módulos fotovoltaicos son sencillos de instalar y se distinguen por su portabilidad y capacidad de plegarse.
4. Temperatura: Son idóneos para ser expuestos a temperaturas que superen los 40°C y funcionar a temperaturas que alcancen los 25°C.

2.5.1. Panel solar monocristalino

Es aquel panel que en su interior contiene células de silicio cristalino de alta pureza. El diámetro tiene una variación que puede llegar hasta los 20cm con una longitud que alcanza los 200cm (Arias et al., 2022). Tiene un color azul oscuro que es homogéneo y esto se debe a que cuenta con un recubrimiento antirreflejante que está compuesto de un material de titanio, el cual es apto para la captación de la radiación solar (Ver Figura 14).

Figura 14. Módulo monocristalino



Nota: Módulo monocristalino: están fabricados con silicio y con una aleación de titanio, que está compuesto por 72 células solares. Adaptado de: (Autosolar, 2024)

2.5.2. Panel solar policristalino

Los paneles policristalinos están formados por células dopadas, las cuales tienen direcciones y formas variadas. Las células dopadas, que tienen una variedad de direcciones y formas, forman los paneles policristalinos. Se comportan de manera diferente ante la luz gracias a este diseño único. Su eficiencia es del 15 % al 18 %. Su rendimiento es más alto que el de otros sistemas monocristalinos, pero ofrecen una mayor resistencia al sobrecalentamiento. La Figura 15, muestra las características de un módulo policristalino, estos paneles son de forma cuadrada, y puede tener una superficie que parece algo así como un mosaico. Eso es por todos los cristales que componen el módulo. Se caracterizan por un color azul más intenso.

Figura 15. Módulo Policristalino



Nota: Los módulos policristalinos tienen un color azul más variado y menos uniforme en comparación con los monocristalinos, debido a la estructura cristalina múltiple del silicio. Adaptado de: (Autosolar, 2024)

2.5.3. Panel solar amorfo

Los paneles amorfos se componen de una placa de acero revestida con una fina capa de silicio y plástico. Son destacables y delgados. Su eficacia y potencia son notables menores frente a los módulos policristalinos. Los

paneles de silicio amorfo se caracterizan por una sola estructura que recoge la energía solar, su superficie es uniforme y lisa, como un espejo, y no tiene líneas de cuadrícula visibles. La Figura 16, muestra el diseño de un módulo amorfo.

Figura 16. Modulo amorfo



Nota: Módulo amorfo tiene un diseño flexible y delgado, y generalmente presentan una apariencia negra o gris oscuro. Adaptado de: (Autosolar, 2024)

2.6. Conector multicontacto de 4 milímetros (MC4)

Este conector eléctrico posee una sola unión y es utilizado por lo general para la conexión de paneles solares. Su denominación (MC4) se origina por su diámetro de 4 mm y está diseñada únicamente para usos fotovoltaicos. Estos conectores permiten el desarrollo de cadenas fotovoltaicas y se han diseñado conforme a los estándares NEC y UL6703, garantizando así su calidad y resistencia. Poseen una capacidad de voltaje de hasta 1500VDC y, de acuerdo a su clasificación, se les denomina hembra al conector de lado negativo y macho al conector de lado positivo (CELEC EP, 2024). La Figura 17 muestra un conector MC4.

Figura 17. Conector MC4



Nota: Conector MC4 con entrada macho/ Hembra. Adaptado de: (Energydac, 2023)

2.7. Estructuras de fijación para los paneles solares

La estructura de apoyo es esencial para la instalación de módulos solares, pues incluye diversos componentes que resguardan el módulo frente a caídas, impactos, corrosión y vibraciones. Este conjunto se produce en aluminio para asegurar su resistencia física y térmica. La colocación de estos soportes debe tener en cuenta las distancias de seguridad y conservación, además de la pendiente y las sombras (Becerra et al., 2020). A continuación, se describen los componentes que constituyen los soportes para paneles solares, tal como lo ilustra la Figura 18.

1. Riel: Riel de aluminio de 4.33 mm y 4 metros de largo que permite a los conectores agrupar los paneles solares.
2. Conector riel: ajuste para conectar un riel o tramo a otro.
3. Conector tipo L: es una modificación con forma de L que une el riel con la teja.

4. Grapa Final: localizado al comienzo o al término de la última fila de paneles solares.
5. Grapa media: divide los módulos fotovoltaicos.

Figura 18. Estructura para panel solar



Nota: Soporte fabricado en aluminio para soportar paneles solares los cuales comprenden riel de aluminio, conector tipo L, taco químico, grapa media, grapa final y conector riel. Adaptado de: (Coronatodays, 2025)

De acuerdo con la clase de instalación fotovoltaica, se pueden tener en cuenta su tipo de instalación como:

1. Instalación sobre teja
2. Instalación en la losa
3. Instalación en terreno firme
4. Instalación en superficie que flote (Balsas solares).

2.8. Inversor fotovoltaico

Se trata de un aparato electrónico responsable de transformar la energía de corriente continua (DC) obtenida de las cadenas fotovoltaicas en energía de corriente alterna (AC). Tiene cuatro fases que garantizan una conversión casi pura de la señal sinusoidal: rectificación, filtrado de DC, inversión y filtrado de AC (Quispe, 2024). La Figura 19 presenta varios tipos de inversores ordenados por su uso y capacidad.

Figura 19. Inversor Fotovoltaico



Nota: Tipos de inversores según su topología, aplicación, voltaje y diseño. Adaptado de: (Quispe, 2024)

Existen distintos tipos de inversores que de acuerdo con sus características pueden ser clasificados de la siguiente forma:

1. Topología: Hay diversos modelos que pueden ser de PWM (modulación por ancho de pulso) o MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia).
2. Aplicación: Las aplicaciones se clasifican en On Grid (vinculado a la red), Of Grid (desconectado) e Híbrido.
3. Voltaje: monofásico o trifásico.
4. Diseño: residencial, comercial e industrial.

Existen requisitos con los cuales deben cumplir los inversores a manera de garantizar que se encuentren en correcto funcionamiento, entre los principales se encuentran los siguientes:

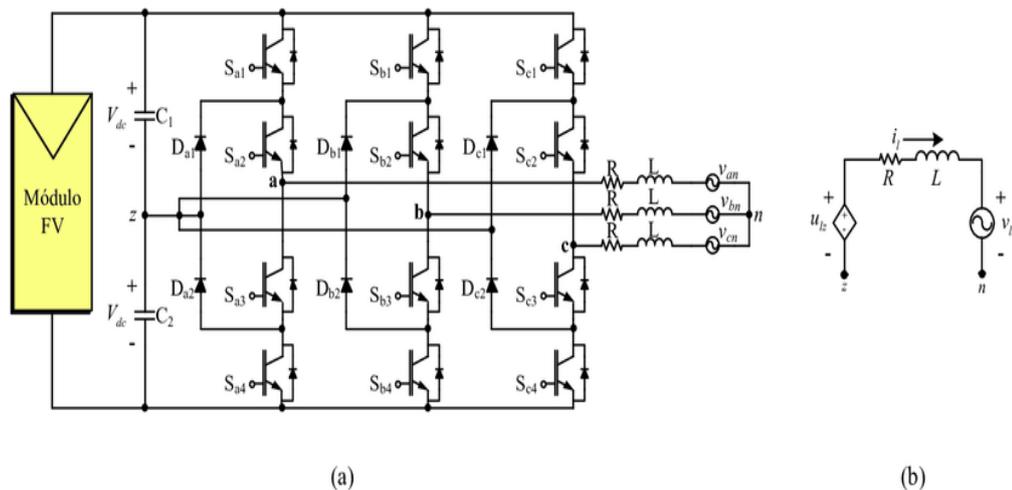
1. Tener una corriente alterna cuyas ondas sean lo más senoidal posible (existen excepciones con ondas modificadas o cuadradas).
2. Frecuencia constante.
3. Resistencia a las variaciones de voltaje en el sistema de baterías.
4. Deben contar con una protección para las baterías
5. Poseer un bajo contenido en porcentaje de armónico.

2.8.1. Inversor fotovoltaico interconectado a la red (ON GRID)

El inversor, en un sistema vinculado a la red, es el elemento más esencial. Su papel primordial consiste en transformar la energía en corriente continua (DC) generada por los paneles solares en corriente alterna (AC). El panel de distribución se vincula directamente con la salida del inversor (Balarezo, 2001).

El inversor interconectado comprende una fase de rectificación de onda no regulada, en la que la señal DC se transforma en su forma correcta, luego una fase de filtrado LC y una fase de conversión regulada a través de tiristores y un microprocesador (Quispe, 2024). La Figura 20 muestra las entradas y salidas de un inversor que está vinculado a la red.

Figura 20. Topología de un inversor solar



Nota: Conexión de un inversor. Adaptado de Quispe (2024)

2.8.2. Inversor fotovoltaico aislado (OF GRID)

El inversor fotovoltaico aislado posee una entrada de corriente continua (para un banco de baterías) y otra para la cadena fotovoltaica, mientras que su salida se encuentra directamente vinculada a las cargas de corriente alterna (AC). Su tarea consiste en transformar la radiación solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico, generando energía durante el día y empleando el banco de baterías para producir energía durante la noche (Suquillo y Oña, 2020).

Los sistemas independientes resultan perfectos para zonas rurales con acceso restringido a la red de electricidad. Sin embargo, el desempeño de este sistema se ve afectado por la configuración del banco de baterías y el consumo diario (Rosero & Sotomayor, 2021). La Figura 21 muestra los vínculos de entrada y salida de un inversor independiente.

Figura 21. Inversor Aislado

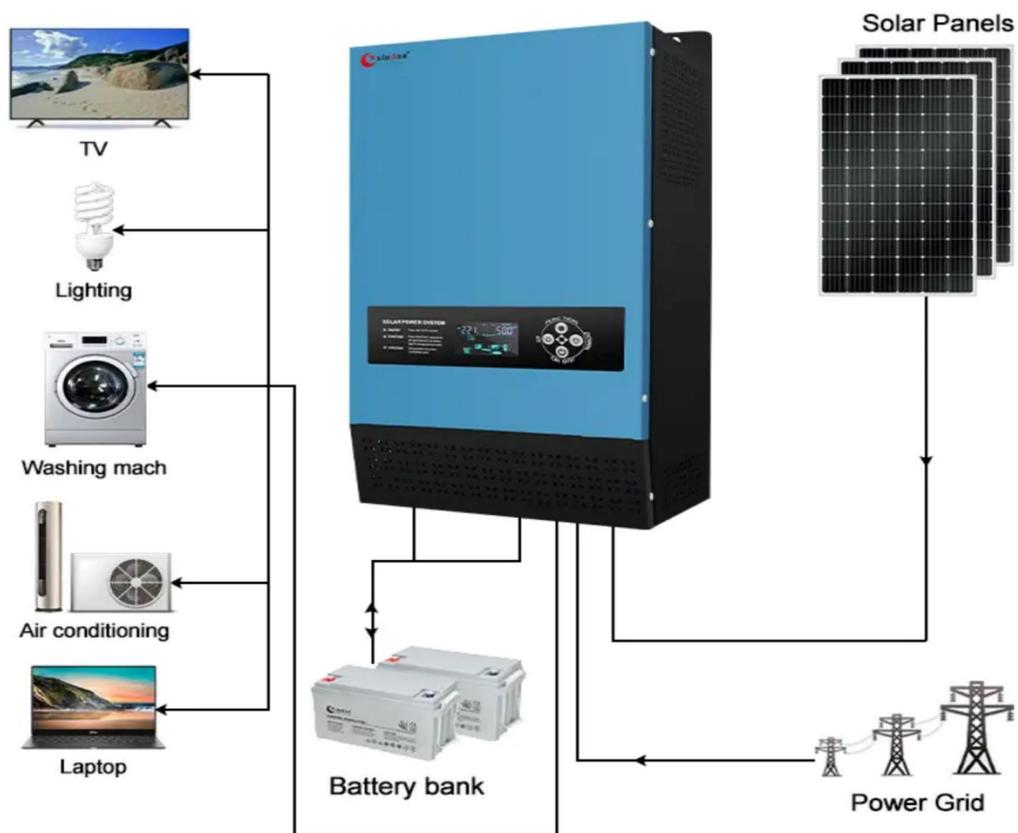


Nota: etapas del inversor aislado Adaptado de (Rosero & Sotomayor, 2021)

2.8.3. Inversor fotovoltaico híbrido

Durante la fase inicial, funciona como un sistema vinculado a la red, produciendo energía a través de los paneles solares durante el día. Después, puede emplear un banco de baterías para suministrar energía a la carga, tal como lo haría un sistema independiente. La diferencia principal radica en su conexión con la red eléctrica mediante un medidor bidireccional, el cual supervisa la energía suministrada desde la red hacia la carga y la energía que el sistema fotovoltaico proporciona a la carga, permitiendo también observar el excedente de energía que se entrega a la red (Salcedo & Herrera, 2011). La Figura 22 ilustra las conexiones de entrada y salida de un inversor híbrido.

Figura 22. Inversor Híbrido



Nota: El inversor híbrido puede estar interconectado a la red y a su vez interconectarse hasta con otros tipos de generación utilizados para carga crítica Adaptado de: (Salcedo & Herrera, 2011)

2.9. Disyuntores de protección de corriente continua

Las defensas de corriente continua (DC) resultan fundamentales para el control, la separación y el cuidado del sistema. El disyuntor de protección de corriente alterna es un aparato de protección que interfiere con el paso de la corriente eléctrica en situaciones de sobrecarga, cortocircuito u otras irregularidades al absorber la radiación solar. Este dispositivo identifica corrientes excesivas o cortocircuitos en el circuito CC y los interrumpe para prevenir daños a los componentes. Los módulos fotovoltaicos tienen la capacidad de generar niveles de radiación que a veces exceden las restricciones permitidas. El inversor posee límites de voltaje y corriente determinados, y si estos se superan, podrían perjudicar la electrónica del aparato (Dután, 2019). La Figura 23 ilustra el uso de disyuntores y supresores de voltaje para resguardar las entradas de corriente continua de los inversores.

Figura 23. Protecciones DC



Nota: La protección DC se encuentra a la salida de los módulos fotovoltaicos y la entrada del inversor, sirve para proteger el inversor de sobre corriente. Adaptado de: (Dután, 2019)

2.10. Disyuntores de protección de corriente alterna

La protección en corriente alterna (AC) es considerada como una medida de prevención que puede ser adicional y se encuentra ubicada en

medio de la salida del inversor y de la carga. Se emplea principalmente en el mantenimiento, facilitando la apertura del circuito, la separación de la fuente con la carga y la realización de cortes graduales por fases para efectuar las revisiones requeridas (Cervantes, 2002). La Figura 24 ilustra un sistema de protección AC.

Figura 24. Protecciones AC



Nota: La protección AC a la salida del inversor permite tener una protección adicional que garantiza la seguridad y fiabilidad del inversor Adaptado de: (Cervantes, 2002)

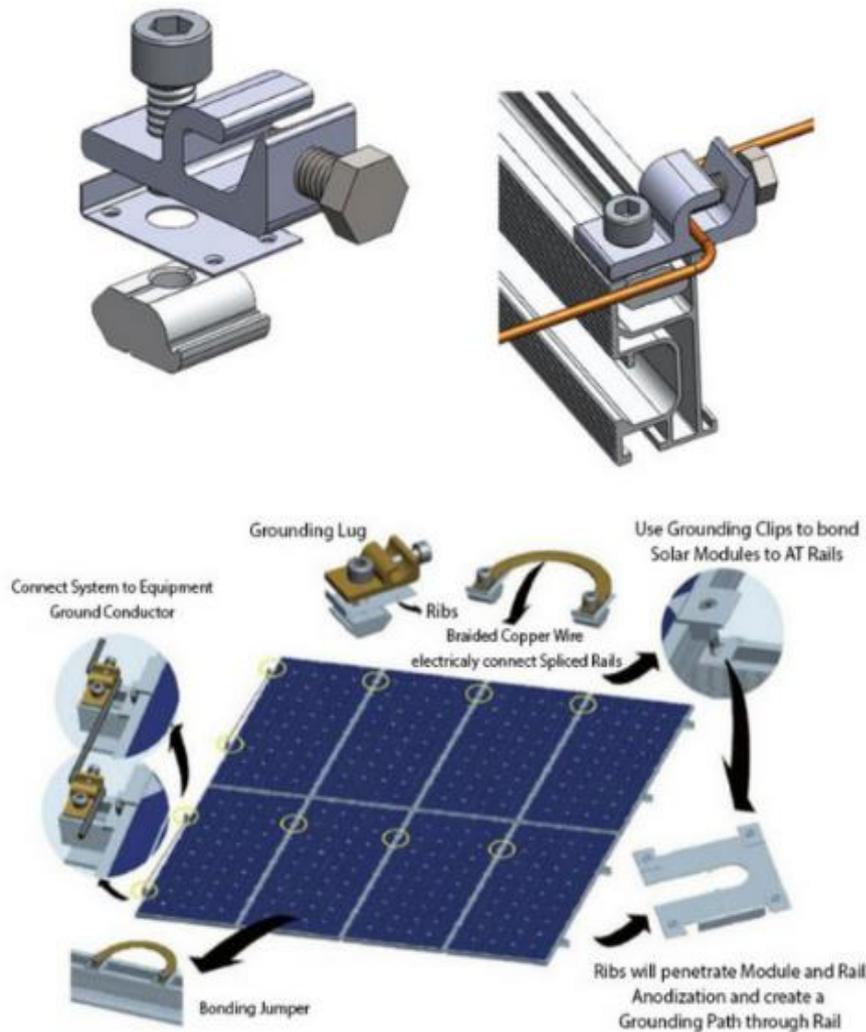
2.11. Conexión puesta a tierra

Es una conexión crucial para un sistema fotovoltaico, con el objetivo de prolongar la durabilidad de sus componentes. Su operación consiste en vincular diversas partes del sistema solar con tierra, tales como la estructura del panel solar a través de un chicote interconectado (tierra estática), el inversor y los elementos del tablero DC/AC (tierra eléctrica) (Franco, 2014).

El Sistema de Puesta a Tierra (SPAT) resguarda los componentes de eventuales residuos o alteraciones energéticas provocadas por acciones

directas o indirectas. Algunos sistemas incorporan salvaguardas extra, como supresores para cargas de corriente continua y aparatos de tipo III para dispositivos electrónicos o esenciales (IEEE, 2000). La Figura 25 muestra los elementos de un sistema de conexión a tierra, que incluye pararrayos y su interrelación.

Figura 25. Sistema puesta a tierra



Nota: El sistema puesta tierra se acopla al riel fotovoltaico para proteger los grupos (módulos solares) ante descargas atmosféricas y sobretensiones. Adaptado de (Franco, 2014)

2.12. Batería

Las baterías solares son un elemento esencial en los sistemas solares, operando como sistemas de almacenamiento de energía en corriente continua

(DC). Facilitar el almacenamiento de energía solar para su uso cuando la generación de energía es limitada o no existe. Durante el día, absorbe energía. Las baterías creadas para usos solares cuentan con un sólido aislamiento térmico, resisten extensos ciclos de carga y descarga, y poseen una durabilidad extendida (Lavende, 2008). La Figura 26 presenta diversos tipos de baterías en función de su uso y capacidad.

Figura 26. Batería

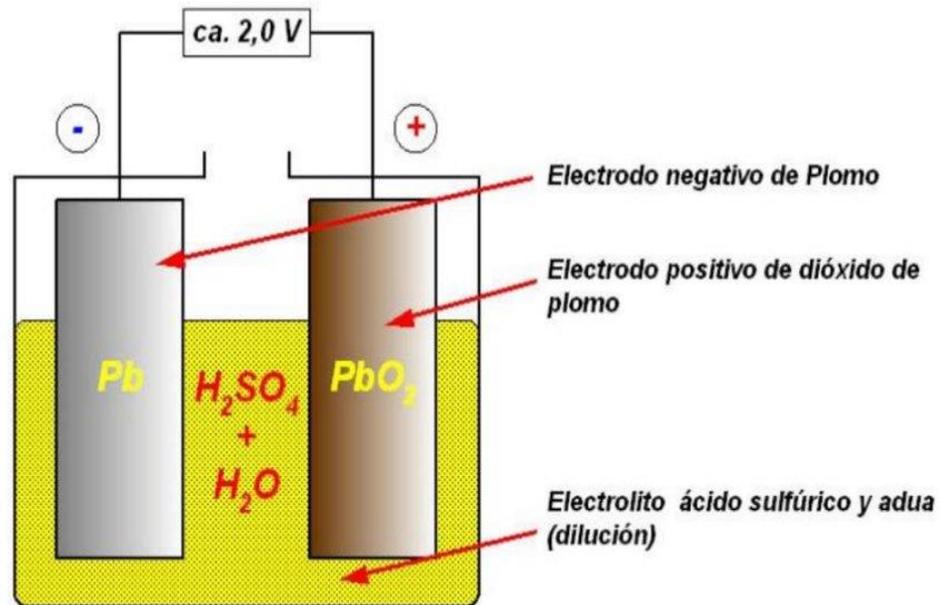


Nota: Tipos de baterías para aplicaciones fotovoltaica Adaptado de: (Lavende, 2008)

2.12.1. Funcionamiento de una batería

Durante los procesos de carga y descarga, la batería tiene la capacidad de acumular y emitir energía. Este procedimiento se lleva a cabo mediante una reacción química denominada reducción-oxidación o redox, donde un elemento pierde electrones durante su estado oxidativo y otro elemento adquiere electrones cuando se reduce. Durante este proceso, los elementos no se utilizan (Rodríguez & Mogrovejo, 2020). La Figura 27 ilustra la trayectoria de los electrones en una batería.

Figura 27. Componentes internos de una batería



Nota: La batería cuenta con materiales para su configuración como ánodo (compuerta positiva), cátodo (compuerta negativa). Adaptado de: (Rodríguez & Mogrovejo, 2020)

2.12.2. Características técnicas de una batería

Las siguientes son las propiedades técnicas que caracterizan a un almacenador de energía.

1. Voltaje en vacío: cuando el condensador no se encuentra vinculado a una carga.
2. Voltaje en flotación: voltaje elevado en un circuito abierto, en el que el sistema de baterías se mantiene cargado cuando no se utiliza.
3. Voltaje de carga: un voltaje de frotamiento se aplica a un acumulador al ser descargado para mantenerlo en posición de carga durante un extenso período de tiempo. Para optimizar este proceso, es necesario un voltaje de carga superior, también denominado voltaje de batería.
4. Voltaje fijo: Información establecida por el fabricante respecto al nivel de tensión permitido.
5. Voltaje de reducción: Este valor, también denominado voltaje de descarga, señala el término del ciclo de descarga de la batería para alcanzar la capacidad necesaria.

6. Resistencia interna: simboliza la capacidad de la batería para resistir la entrada o salida de un movimiento de electrones.
7. Ciclo de vida: se refiere al número de veces que una batería puede resistir cargas y descargas sin disminuir su rendimiento, manteniendo la batería en un 80% de su capacidad.
8. Auto descarga: también conocida como disminución, el fabricante ofrece estos datos acerca de la disminución de carga sin consumir.

2.12.3. Batería de plomo ácido sellada (VRLA)

Este tipo de batería, denominado VRLA (Batería regulada por válvula de plomo-ácido) o como batería de mantenimiento libre, no necesita ventilación debido a su diseño de producción. (2014, CSB). Es posible operar a temperaturas que oscilan entre los 25°C y 30°C, siendo 25°C la temperatura óptima. Estas baterías poseen una duración de entre 1 y 5 años (Rossi, 2021). La Figura 28 ilustra la estructura de una batería VRLA.

Figura 28. Batería VRLA



Nota: Las baterías VRLA son las más comerciales por su costo, almacenamiento. Adaptado de: (Rossi, 2021)

2.12.3. Batería de níquel – cadmio (Ni-Cd)

Las baterías Ni-Cd poseen la habilidad de aguantar temperaturas elevadas y pueden resistir entre 500 y 700 ciclos de carga. Poseen una durabilidad de entre 8 y 10 años y operan hasta 45°C (Rossi, 2021). La Figura 29 ilustra la estructura de una batería Ni-Cd, presentando una variedad de baterías en términos de tamaños y capacidad para almacenar energía.

Figura 29. Batería de Níquel Cadmio



Nota: La batería de níquel cadmio, son utilizadas para aplicaciones industriales, como respaldo de energía de UPS. Adaptado de: (Rossi, 2021)

2.12.4. Batería de Ion de litio

Las baterías de litio proporcionan tecnología más sofisticada que las baterías previas y están concebidas para usos de alta exigencia. Son aptos para resistir entre 900 y 1500 ciclos de carga y descarga, y operan a

temperaturas que superan los 60 grados centígrados. Además, es una clase de batería recargable que emplea compuestos de litio como uno de los electrodos y se fundamenta en el desplazamiento de iones de litio entre el ánodo y el cátodo con el objetivo de acumular y liberar electricidad. Su periodo de vida varía de 18 a 20 años (Pilco, 2018). La Figura 30 ilustra la estructura de una batería de litio.

Figura 30. Batería de litio



Nota: La batería litio 12V 150AH son de alto ciclado con hasta 1500 ciclos y soportan temperaturas hasta 70 °C. Adaptado de: (Pilco, 2018)

2.13. Sistema fotovoltaico interconectado a la red (On Grid)

Los sistemas ON GRID, también denominados interconectados, se distinguen por su exclusiva provisión de energía mediante paneles solares e inversores, evitando el uso de baterías. Ofrece varias ventajas, como el suministro constante de energía al aprovechar la red eléctrica como respaldo, la mayor flexibilidad en el diseño e instalación al no necesitar baterías, y la posibilidad de vender excedentes de energía generada a la red (medición

neta). Además, estos sistemas son más rentables y sencillos que aquellos con baterías, y contribuyen a la reducción de la huella de carbono. El efecto fotoeléctrico produce energía eléctrica en corriente continua (DC) en los terminales del módulo a través de la energía solar captada. Estos módulos se vinculan a las entradas del inversor, conocido como MPPT (Tracker de Máximo Potencia de Potencia), cada uno con una configuración particular de voltaje y corriente para su correcta operación.

Una vez en funcionamiento, el inversor transforma la energía de corriente continua (DC) en corriente alterna (AC) mediante su electrónica interna, generando un voltaje AC con una onda sinusoidal casi pura. En el transcurso del día, el sistema proporciona energía alterna a la carga y se vincula al tablero de distribución. Durante la noche, la compañía eléctrica suministra la electricidad (Fernández & León, 2021).

Este tipo de sistema pertenece a la Generación Distribuida (GD), que conlleva la producción de energía cerca del lugar de consumo, suprimiendo las fases de transporte y distribución. En este escenario, el usuario desempeña el papel de prosumidor, o sea, tanto consumidor como generador de energía. No solo se satisface la demanda de la carga con la energía producida, sino que también se suministra a la red eléctrica del país (Sacon & Vera, 2023). El usuario recibe la compensación del sobrante de energía a través de créditos en su factura de electricidad mensual, conforme a las regulaciones internacionales de medición y facturación neta (Ramirez, 2023)

2.14. Sistema fotovoltaico aislado (Off Grid)

Según Herrera (2023) Los sistemas autónomos, también denominados sistemas aislados, poseen un inversor que se alimenta por dos entradas de corriente continua (DC). La primera fuente se origina en los paneles solares, en cambio, la segunda se origina en un banco de baterías externo. Las dos entradas atraviesan un controlador de carga previo al arribo al inversor. El sistema emplea los paneles solares durante el día para producir energía y alimentar el banco de baterías externo. Durante la noche, el inversor obtiene energía DC del banco de baterías, que posteriormente se transforma en

energía AC. No obstante, la autonomía diaria se determina por la capacidad de la batería en comparación con la carga empleada (Muñoz & Torres, 2022).

Las áreas o zonas en donde pueden ser utilizados estos sistemas son rurales o en las regiones que no tienen libre acceso a la red eléctrica nacional. Por otro lado, el consumo nocturno de energía está restringido por el tamaño del banco de baterías y la carga utilizada, lo que puede ser una limitación. Un sistema fotovoltaico aislado de la red (off-grid) ofrece varias ventajas, siendo la principal la independencia energética y la capacidad de generar energía en áreas remotas o sin acceso a la red eléctrica. Además, reduce la dependencia de las compañías eléctricas y permite un ahorro a largo plazo al evitar facturas de electricidad

CAPÍTULO 3

LEVANTAMIENTO DE INFORMACION TECNICA

3.1 Antecedentes de la empresa Hidalgo e Hidalgo S.A

La empresa ecuatoriana Hidalgo e Hidalgo S.A. tiene como principal actividad la construcción y gestión de infraestructura. La empresa fue constituida en 1969. Con más de 55 años de experiencia, se especializa en proyectos de infraestructura eléctrica y civil.

La empresa ofrece servicios de ingeniería, construcción, mantenimiento y administración de infraestructura, preservando los altos estándares de calidad, cuidado al medio ambiente, seguridad y salud ocupacional, en los diferentes frentes de trabajo a nivel nacional que contribuyen con la competitividad de nuestro país, clave para consolidar el crecimiento económico y apoyar la tarea de inclusión social.

En el ámbito de generación de energía eléctrica la empresa Hidalgo e Hidalgo S.A, construyó la Hidroeléctrica Sibimbe (Hidrosibimbe), que tiene una potencia de 15 MW y produce anualmente energía de 90 GWh. La hidroeléctrica está situada en el río Sibimbe, entre los límites provinciales de Bolívar y Los Ríos.

También construyó la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Las Esclusas, en Guayaquil, el objetivo de la creación de la planta fue la reducción de la contaminación del agua y preservar los ecosistemas locales. Adicionalmente, genera energía limpia a través de la cogeneración de biogás, lo que contribuye a la sostenibilidad energética y reduce la dependencia de la red eléctrica.

La PTAR Las Esclusas ha logrado generar el 90% de la energía que necesita para funcionar, utilizando el biogás producido durante la digestión anaeróbica de lodos. Este proceso transforma los residuos orgánicos en

biogás, que a su vez se utiliza para generar electricidad mediante turbinas y generadores.

3.2 Ubicación de la planta de asfalto

La empresa cuenta con dos sedes en las ciudad de Guayaquil y Quito, para el levantamiento de información se tomó la planta Guayaquil ubicada a las afueras del cantón Nobol cerca de la empresa Maxi Acero.S.A. Las coordenadas UTM 17M 609800.27 m E; 9783761.55 mS, que se presenta en la figura 31.

Figura 31. Empresa Hidalgo e Hidalgo S.A,

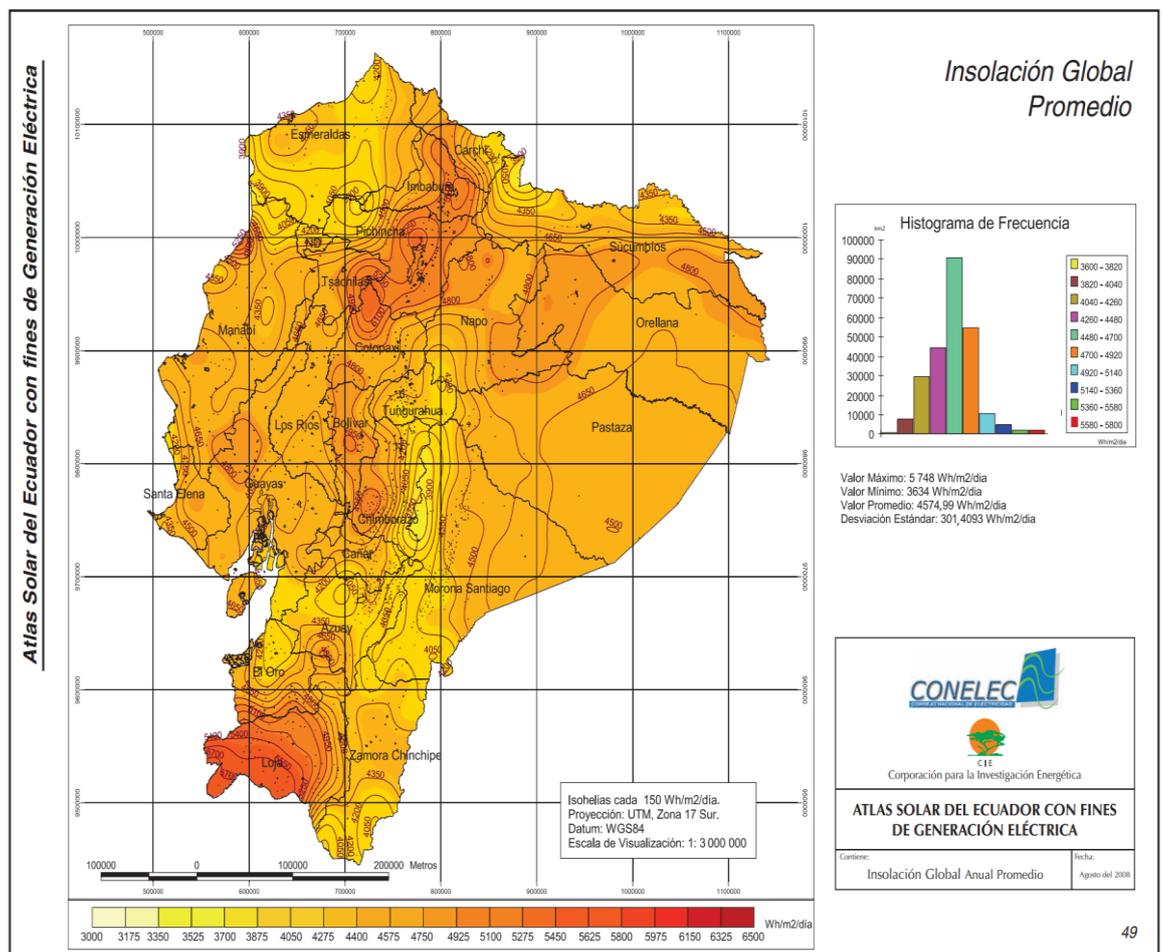


Nota: ubicación georreferenciada. Adaptado de: Google Earth pro; 2024.

3.3 Parámetros de irradiación

La compañía de Hidalgo, situada en Guayas, cantón Daule, exhibe una irradiación global media de 4.8kWh/m²/día, tal como se muestra en la figura 32. La irradiación global, definida por el Atlas Solar en 2008, se refiere al número de ondas electromagnéticas que impactan una superficie de plata durante un lapso de tiempo específico.

Figura 32. Mapa solar del Ecuador



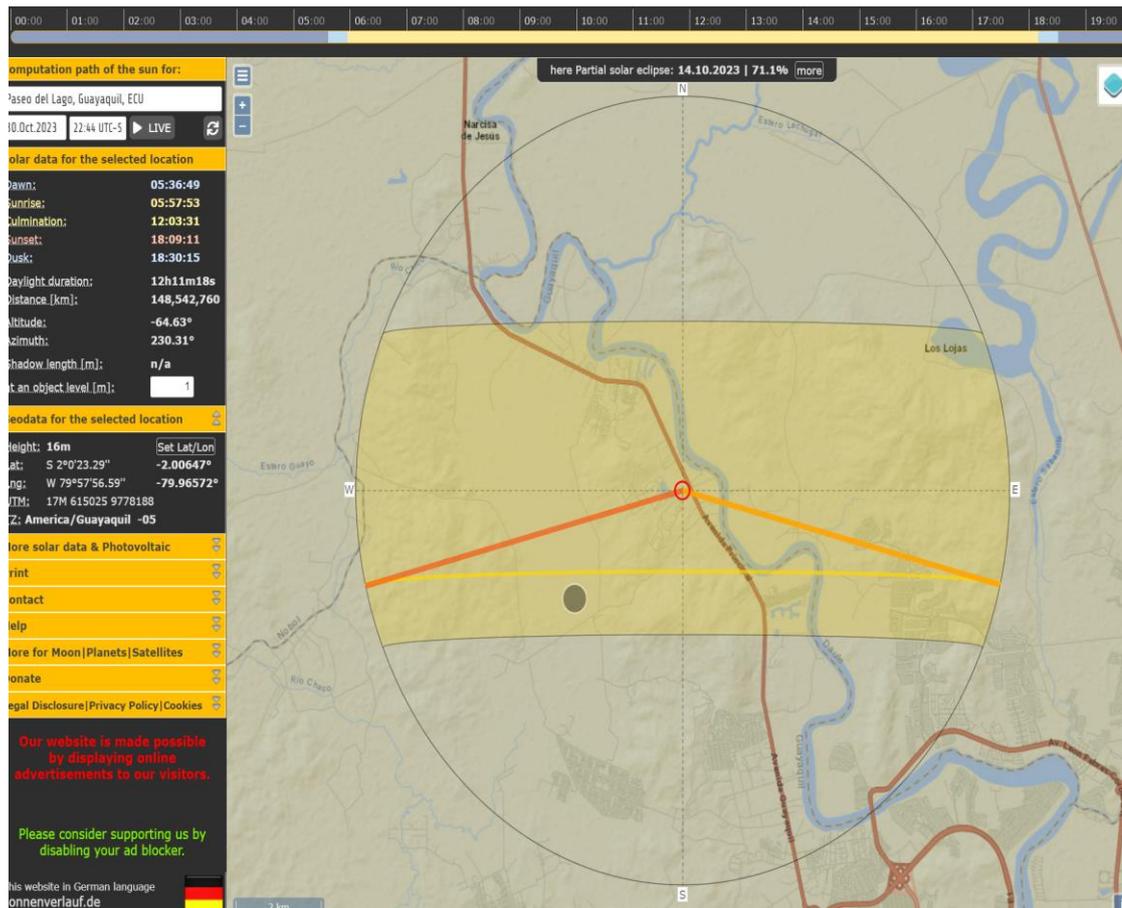
Nota: Niveles de radiación promedio en la provincia del guayas Adaptado de: Atlas solar, 2012

3.4 Trayectoria solar e índice de sombra

Se utilizó el software SunCalc para determinar la orientación solar, donde georeferencia el lugar de instalación de la empresa y a su vez muestra la trayectoria solar, así como la sombra si la zona cuenta con superficies

irregulares. La figura 33, señala la dirección del sol en relación al lugar, se observa que en los horarios diurnos de 5 y 25, el sol surge en la posición este, su pico solar es a las 12:00, donde se utiliza la radiación en periodos de 2 a 4.8 horas, y el sol se oculta a las 18:15. No presenta un porcentaje de sombreado dado que la instalación se llevará a cabo a nivel de tejado.

Figura 33. Trayectoria solar



Nota: Trayectoria solar de la empresa según geoposicionamiento Adaptado de: SunCalc, 2024

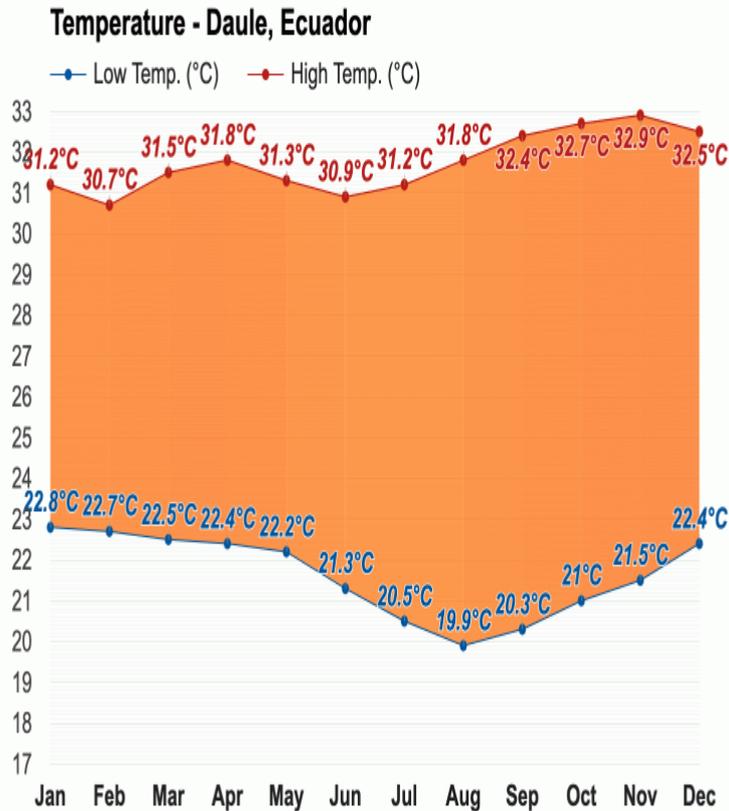
3.5. Temperatura y humedad

La temperatura promedio anual en el cantón Daule es de 24.4 °C. El mes más cálido es abril, con una media de 25.3 °C, mientras que julio es el más frío, con una media de 23.5 °C. De acuerdo con las coordenadas geográficas, la empresa Hidalgo e Hidalgo muestra una temperatura media de 27°C. Esta información se obtuvo de la página de la NASA, la cual muestra

temperaturas que varían entre 24 y 33°C de acuerdo con los datos del periodo 2023, tal como se muestra en la figura 34.

Figura 34. Temperatura promedio

temperatura media Daule, Ecuador



Nota: Temperatura y promedio mensual Adaptado de: Weather atlas, 2023

3.6. Consumo eléctrico

En general, las plantas de asfalto son equipos energéticos y requieren una gran cantidad de electricidad para operar. El consumo eléctrico puede ser considerable, especialmente durante la fase de calentamiento y mezcla del asfalto. La tabla 1 detalla el consumo eléctrico de la planta de asfalto de la empresa Hidalgo e Hidalgo y los valores de las diferentes cargas eléctricas expresados en potencia mecánica, La potencia aparente o total de la planta es de 220.7 KVA, para este estudio se tomó los datos de las máquinas y

equipos y mecánicos, eléctricos, electrónicos, mismos que estarán adjunto en los anexos, a continuación, en la tabla puede apreciar que el consumo diario estimado de 2438.8kWh.

Tabla 1. Tabla de consumos

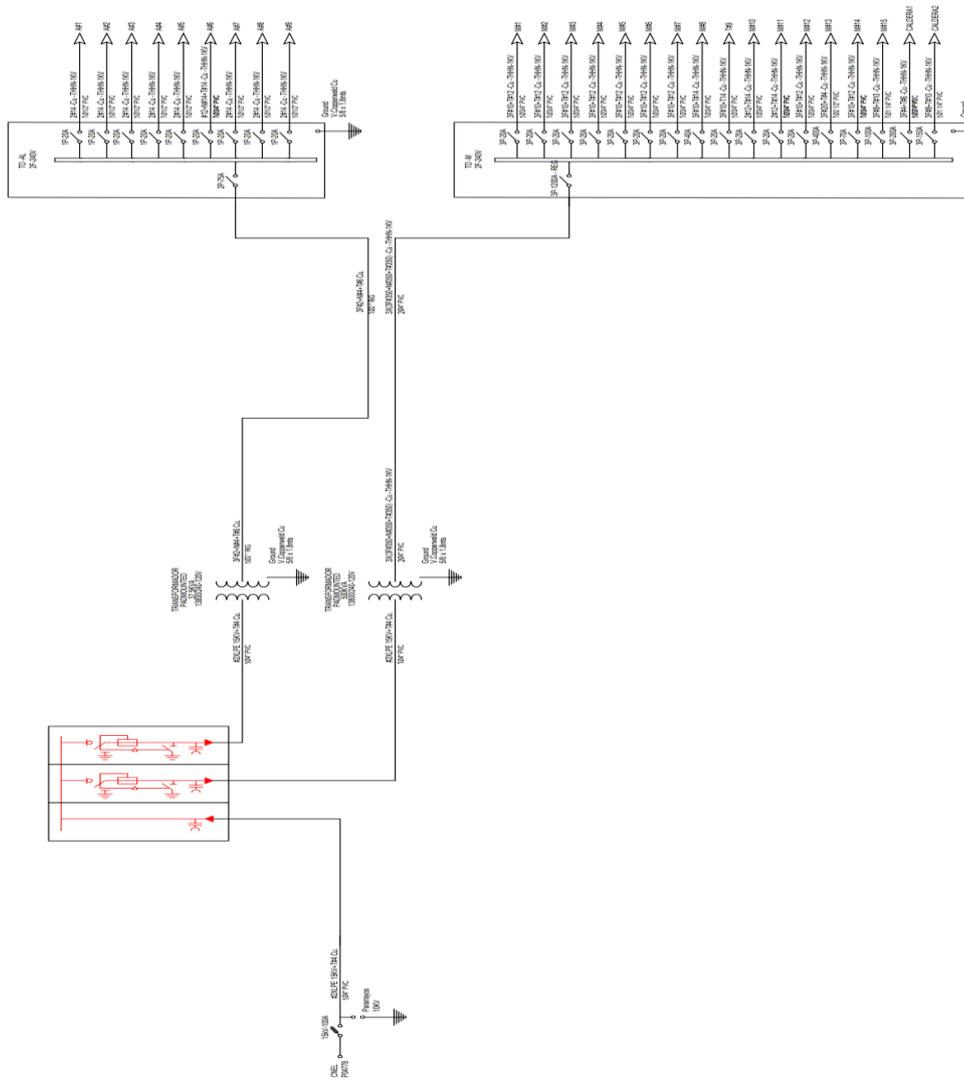
IDENTIFICACION	MAQUINA	POTENCIA HP
M1	COMPRESOR DE AIRE	5
M2	BOMBA DE ASFALTO	10
M3	BOMBA DE COMBUSTIBLE	1 ½
M4	ELEVADOR DE CANECAS	20
M5	BOMBA DE AGUA	5
M6	EXAUSTOR	100
M7	TRANSP. LANZADOR	5
M8	TAMBOR	25
M9	TRANSP. COLECTOR	5
M10	ALIMENTADOR 1	2
M11	ALIMENTADOR 2	2
M12	ALIMENTADOR 3	2
M13	SOPLADOR	40
M14	COMPRESOR DE AIRE 2	6
M15	BOMBA DE TRASFERENCIA	10
GRUPO CALDERO 1	CALDERO HEATEC	20
GRUPO CALDERO 2	CALDERO CEI	13
POTENCIA TOTAL HP		251,5
POTENCIA TOTAL EN kW		187,6
POTENCIA EN KVA		220,7
CONSUMO DIARIO kWh		2438,8

Nota: Consumo eléctrico de empresa hidalgo & hidalgo Carga total instalada y consumo eléctrico diario Adaptado de: Autor, 2024

3.7. Diagrama unifilar

En el diagrama unifilar encontramos la representación gráfica de la instalación eléctrica en la planta de asfalto donde cada circuito está representado por medio de una línea. La figura 35, muestra el diagrama unifilar general partiendo desde una acometida eléctrica en media tensión 13.8kV que alimenta, al transformador de 250 kVA tipo pedestal 3F- 220V, a las diferentes cargas y elementos eléctricos, así como valores nominales que conforman la instalación.

Figura 35. Diagrama Unifilar General



Nota Diagrama Unifilar general, representativo desde el consumo hacia las cargas Adaptado de: Autor, 2024

CAPITULO IV

DISEÑO FOTOVOLTAICO

4.1. Diseño del sistema fotovoltaico

El capítulo de diseño se divide en dos secciones: el diseño teórico, que se basa en la recolección de datos del capítulo III, y el diseño a través de un software. Es importante destacar que el software nos proporcionará una idea de la capacidad del sistema y sus componentes, no obstante, en el diseño teórico se especificarán criterios externos que se ven como pertinentes durante la fase de diseño.

4.1.1. Diseño Teórico

El diseño sugerido incluye un sistema de micro generación fotovoltaica vinculada a la red, con el objetivo de realizar el cálculo de la irradiación global horizontal, localización del terreno, temperatura media, incidencia de objetos o sombras próximos a la superficie del terreno, esquema unifilar, entre otros. La planta de Hidalgo e Hidalgo dispone de espacio suficiente para instalar parques fotovoltaicos montados en el techo. Por lo tanto, es necesario determinar la cantidad de módulos fotovoltaicos disponibles en el terreno. Para ello, se calculará el consumo diario previsto y se lo dividirá por las horas de máxima radiación solar en el sector representado por las siguientes expresiones matemáticas en la ecuación 1.

Ecuación 1 Hora sol pico

$$\text{Horas solares} = \frac{\text{Radiacion difusa } \left(\frac{kWh}{m^2}\right)}{1 Kw/m^2} \quad (4.1)$$

$$HSP = \frac{4.20kWh/m^2}{1 kW/m^2} = 4.20h$$

El cálculo respectivo mediante la ecuación 2

Ecuación 2 Capacidad de sistema Fotovoltaico

$$C. Gen Fotovoltaico = \frac{\text{Consumo diario}}{\text{Horas sol pico}} \quad (4.2)$$

$$C. Gen Fotovoltaico = \frac{2438,80KW/h}{4.20h} = 580kW$$

La potencia fotovoltaica requerida para cubrir la demanda es de 580KW. Para determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios, se dividirá la potencia total del sistema por la potencia unitaria de cada módulo, resultando en un número adimensional, tal como se ilustra en la ecuación 3.

Ecuación 3 Numero de módulos fotovoltaicos

$$\text{Cantidad M. Fotovoltaico} = \frac{\text{Potencia Fotovoltaica}}{\text{Potencia de modulo}} \quad (4.3)$$

$$\text{Cantidad M. Fotovoltaico} = \frac{580.000 \text{ W}}{550\text{W}} = 1055 \text{ unidades}$$

Cada panel fotovoltaico posee medidas estándar de 2,35m de longitud por 1,15 m de anchura, lo que resulta en un área por módulo de 2,70 m², multiplicado por 1055 unidades, resultando en un área de 2848,50 m². Es importante para los espacios de seguridad se considera un 10% siendo su área total de 284,85 m².

Finalmente, el inversor se selecciona considerando la producción del sistema 580KW, considerando que el inversor en su conversión de energía DC/AC tendrá una pérdida asumida de 10%, para compensar este déficit se sobredimensionara la producción con un 10% obteniendo 638 kW, Dicha capacidad no existe dentro de la gama industrial de inversores a 480V, sin embargo, se utilizarán 6 inversores de 110 kW que estarán conectados en paralelo para entregar la potencia requerida.

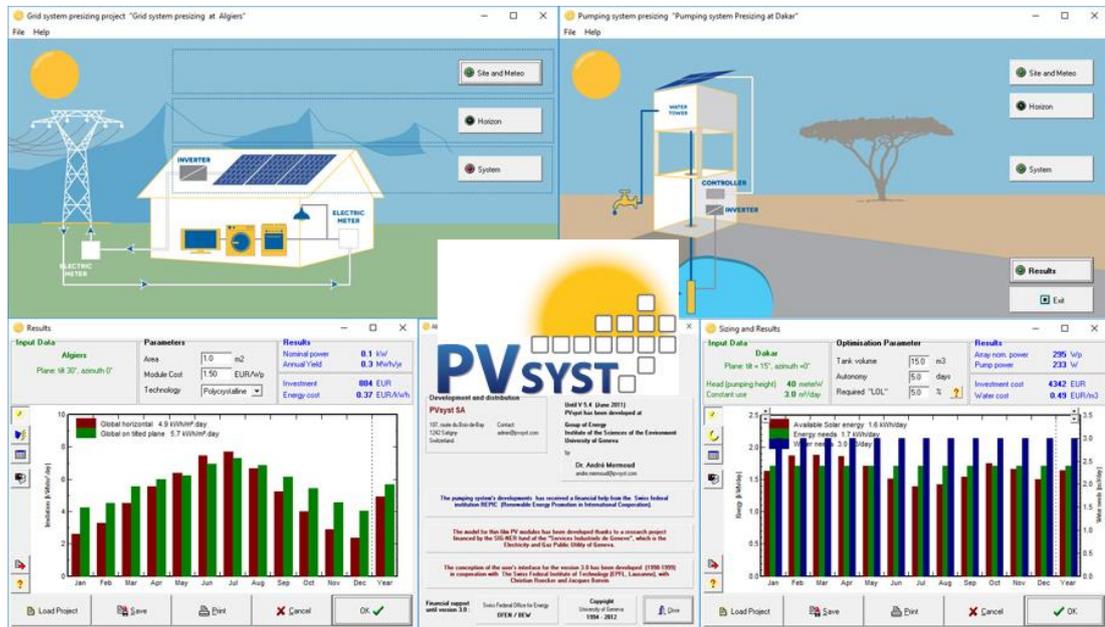
4.2. PV Syst

(PVsyst, 2017) Es considerado un software para la simulación de proyectos de energía solar fotovoltaica en sus distintas modalidades. Su nombre proviene de las siglas "PhotoVoltaic SYSTem", reflejando su enfoque en este tipo de tecnología.

Este programa es una herramienta clave en la industria solar, ya que permite analizar el rendimiento de instalaciones fotovoltaicas, estudiar el

impacto de las sombras, calcular la producción de energía y optimizar el diseño de sistemas solares, como se muestra en la figura 36.

Figura 36. Software PvSyst



Nota: Software de simulación de sistema fotovoltaicos; Fuente: Runvalli, 2020

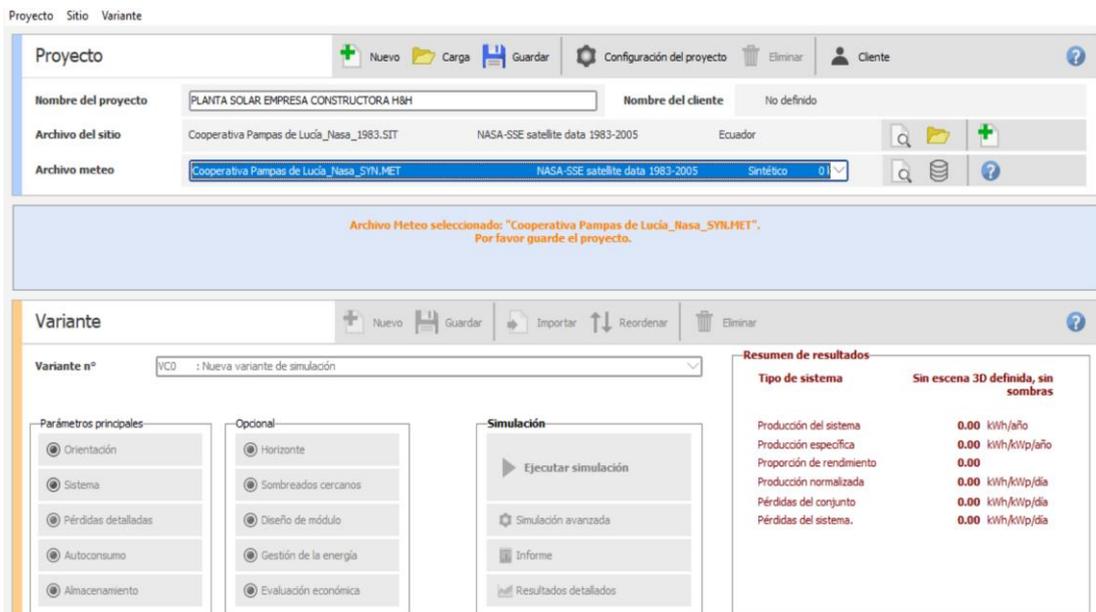
1. **Dimensionamiento:** PVsyst permite que los usuarios puedan seleccionar la capacidad de los componentes de una instalación fotovoltaica de esta manera se ajusta en función del área o potencia instalada.
2. **Simulación de Rendimiento:** El software permite simular el rendimiento de la planta fotovoltaica en función a la ubicación y los datos meteorológicos de una base de datos.
3. **Análisis de Sombreado:** el software permite recrear un diseño tridimensional de una vivienda o edificio con la finalidad, de ubicar la posición del sol y determinar sombras que disminuyan la capacidad del sistema.
4. **Predicción de Producción de Energía:** la energía producida estimada se entrega una vez analizado todos los parámetros, esta estimación toma los periodos mensuales de mayor y menor incidencia de radiación solar global y las pérdidas que pueda generar el sistema.

5. **Análisis Económico:** el software puede realizar cálculos de retorno de la inversión y se puede incluir en ellos los beneficios por no contaminación de combustible fósil.
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:** los informes detallan los elementos propuestos, producción y pérdidas de energía.

4.3. Dimensionamiento de la planta solar

El software para poder dimensionar la planta fotovoltaica, necesitara de la siguiente información: Potencia instalada, área disponible, ubicación, datos meteorológicos, detalle de posible incidencia de sombra. Esta información determina la selección más idónea del sistema solar fotovoltaico. La figura 37. Muestra la interfaz del software, herramientas, variables, bases de datos, simulación, etc.

Figura 37. Interfaz de PvSyst

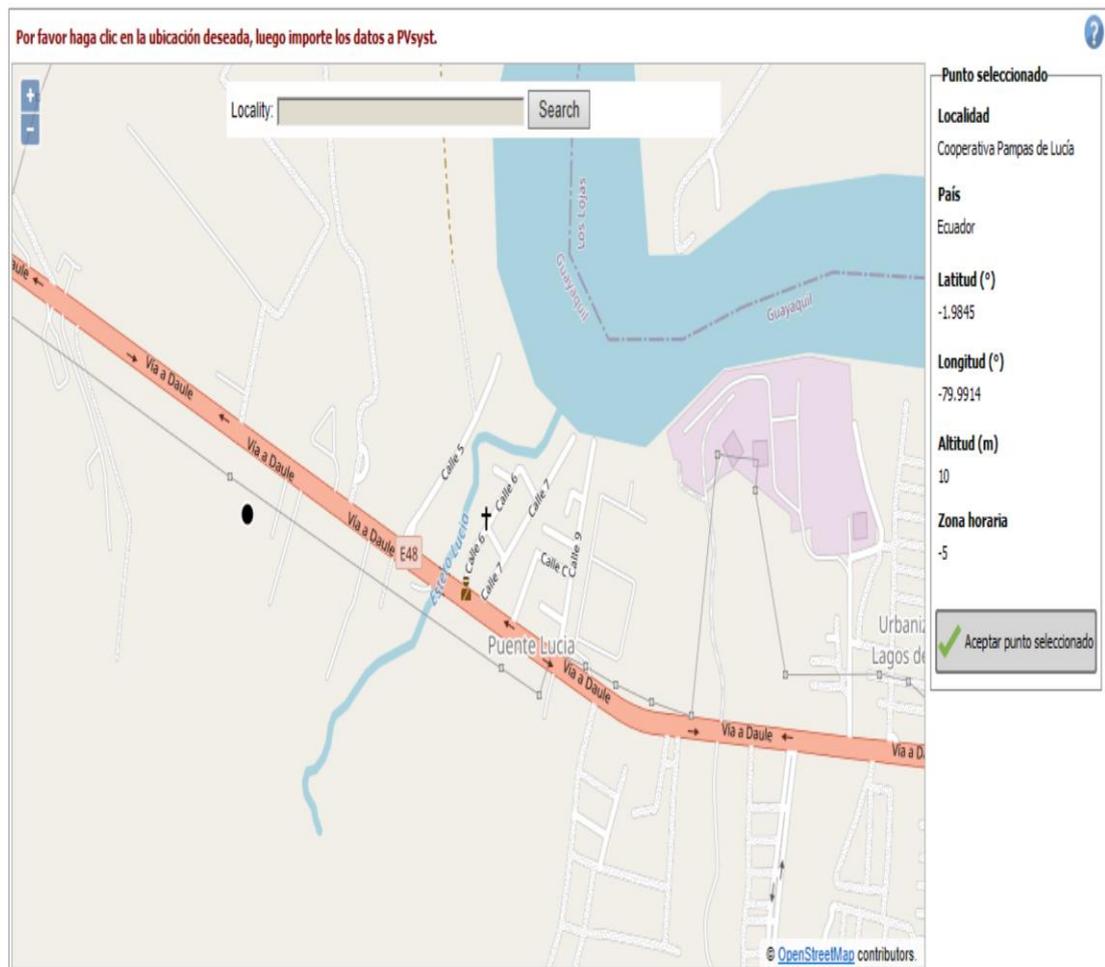


Nota: Interfaz de variables Plataforma para dimensionamiento de sistema fotovoltaicos
Fuente: PvSyst, 2024

4.3.1 Selección de ubicación

El software solicitará la ubicación del sitio para poder evaluar las condiciones de sombra, también poder asociar los parámetros meteorológicos de acuerdo con la posición del proyecto. La figura 38, muestra la ubicación del proyecto propuesto vía Daule.

Figura 38. Selección de la ubicación del sitio



Nota: Georreferencia del sitio, permite referenciar un área de acuerdo a coordenadas específicas y encontrar bases de datos meteorológicas del sitio. Fuente: Pv syst, 2023

El siguiente paso es confirmar que la información inicial está correcta y posterior nos solicitará que seleccionemos una fuente de análisis de datos climatológico, dentro de este apartado se toma la base de datos de la NASA. 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 figura 39. Detalla los datos proporcionados por la base de datos donde se obtienen las siguientes variables: radiación promedio Global, difusa promedio y temperatura promedio; siendo dicha radiación global 4.21 Wh/m²/día, radiación difusa 2.15 Wh/m²/día y una temperatura promedio de 21.9°C.

Figura 39. Parámetro meteorológicos anual del sitio

Sitio **Cooperativa Pampas de Lucía (Ecuador)**

Fuente de datos **NASA-SSE satellite data 1983-2005**

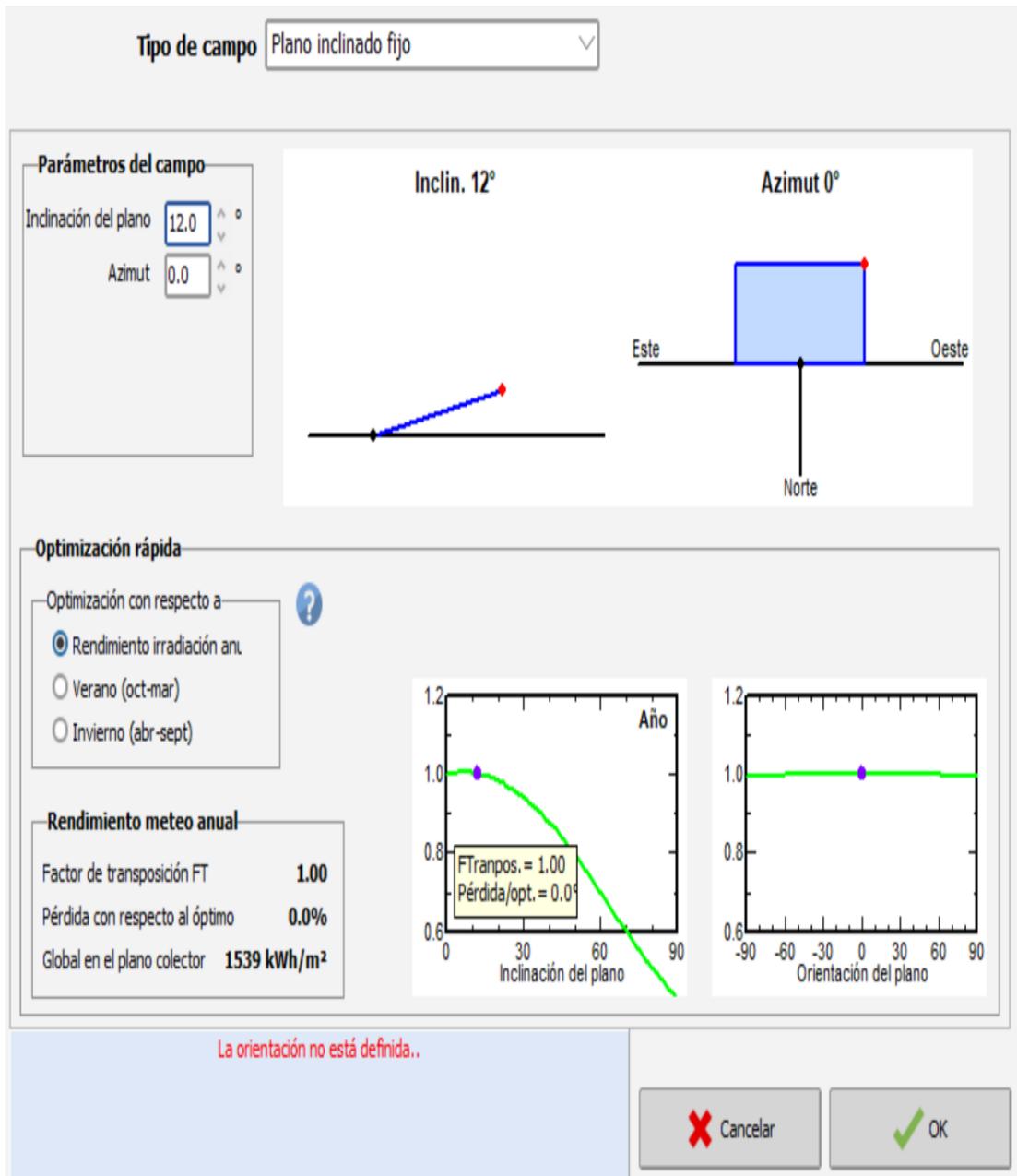
	Irradiación horizontal global kWh/m ² /día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /día	Temperatura °C
Enero	4.21	2.18	21.5
Febrero	4.38	2.29	21.3
Marzo	4.76	2.35	21.4
Abril	4.64	2.19	21.9
Mayo	4.18	2.02	21.8
Junio	3.78	1.91	21.7
Julio	3.81	1.96	21.9
Agosto	4.21	2.10	22.6
Septiembre	4.32	2.26	22.9
Octubre	3.97	2.25	22.7
Noviembre	4.21	2.19	21.9
Diciembre	4.09	2.14	21.7
Año ?	4.21	2.15	21.9
	Pegar	Pegar	Pegar

Note: Resumen de variables meteorológicas permite conocer la irradiación global horizontal diaria, temperatura, humedad y precipitación. Fuente: Pv syst, 2024

Después que el software guarde la información del posicionamiento y parámetros meteorológicos, indicara que seleccionemos la inclinación de los módulos fotovoltaicos al cual se le dio un ángulo de 12 grados con respecto a

la superficie plana horizontal. La figura 40. Indica que de acuerdo con el ángulo de proyección de los módulos fotovoltaicos en un azimut 0, la irradiación será de 1539KWh/m². El software calcula una pérdida del 0% con respecto al óptimo, si la orientación solar parte de este u oeste con dirección al norte.

Figura 40. Orientación solar



Nota: Orientación de los módulos fotovoltaicos según inclinación. El programa sugiere la orientación óptima para reducir las pérdidas por captación. Fuente: Pv syst, 2024

El software solicitará que se indiquen la potencia planteada o en su defecto la superficie disponible, para precisar el número de paneles. Sin embargo, antes de proceder con el cálculo, el software necesitará conocer las dimensiones y potencia unitaria del panel; por lo que se solicitará que se indique el proveedor, para esta simulación se adoptó la marca Neosun Energy con módulos fotovoltaicos de 550W, y también pide que se agregue la marca y capacidad del inversor, donde se indicó una marca genérica que trabaje a frecuencia de 50/60 Hz. El software automáticamente indica que la potencia planteada será de 580W como lo muestra la figura 41.

Figura 41. Selección de componentes fotovoltaicos

The screenshot displays a software interface for PV system design, divided into several sections:

- Subconjunto:**
 - Nombre y orientación del subconjunto:** Nombre: Conjunto FV, Oriente: Plano inclinado fijo, Inclinación: 12°, Azimut: 0°.
 - Ayuda de pre-dimensionamiento:** Ingrese potencia planeada: 580.0 kWp, o área disponible (módulos): 2697 m².
- Selección del módulo FV:**
 - Disponibles: Neosun Energy, 550 Wp 36V, Si-mono, Neosun NS-550M-144-M8, Desde 2021.
 - Módulos necesarios aprox.: 1055.
 - Voltajes de dimensionamiento: V_{mpp} (60°C) 36.5 V, Voc (-10°C) 55.3 V.
- Selección del inversor:**
 - Voltaje de salida: 345 V Tri 50Hz.
 - Fabricante: Shindengen, Modelo: PVS100T200-ID-DN-H1, 100 kW.
 - Núm. de inversores: 5, Poder global inversor: 500 kWca.
 - Voltaje de funcionamiento: 325-600 V, Voltaje máximo de entrada: 650 V.
- Diseño del conjunto:**
 - Núm. de módulos y cadenas: Mód. en serie: 11, Núm. de cadenas: 96.
 - Condiciones de operación: V_{mpp} (60°C) 401 V, V_{mpp} (20°C) 469 V, Voc (-10°C) 608 V.
 - Irradia. plano: 1000 W/m².
 - Potencia máxima del conjunto: 581 kW (STC).
- Lista de subconjuntos:**

Nombre	#Mód #Inv.	#Cadena #MPPT
Conjunto FV		
Neosun Energy - Neosun NS-5...	11	96
Shindengen - PVS100T200-ID-...	5	1
- Resumen sistema global:**

Núm. de módulos	1056
Área del módulo	2699 m²
Núm. de inversores	5
Potencia FV nominal	581 kWp
Potencia FV máxima	560 kWCC
Potencia de CA nominal	500 kWCA
Proporción Pnom	1.162

Nota: Selección de componentes del sistema fotovoltaico interconectado a la red. Dimensión de una planta fotovoltaica en función a la potencia instalada o área disponible. Fuente: Pv syst, 2024

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. Perdidas del sistema: Térmicas, cableado, conexionado, modulo, 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. Clima y horas de sol: dependiendo del clima y de las horas de sol de la región donde se instalara los paneles solares, estas producirán más o menos energía. Lógicamente, en una región lluviosa con pocas horas de sol, los paneles rendirán menos que en una región más árida y de mucho sol.
7. Obstáculos: todo obstáculo que impida que la luz solar llegue bien a los paneles afectará notablemente su rendimiento, sobre todo si dichos obstáculos hacen que los paneles estén bajo sombra por mucho tiempo cada día. De ahí que se recomiende colocar los paneles en lugares completamente despejados.

Indica también un resumen del sistema con un total de 1056 módulos de solares monocristalinos de 550W abarcando un área de 2699 m² teniendo una potencia de entrada de 580KW, esta estará conectada a 5 inversores en paralelo con capacidad de 100 KW con 6 MPPT, mismos que tienen una entra de voltaje que oscila entre 325 a 600VDC y salida 3F-480VAC, la salida AC debe pasar por un transformador reductor tipo seco de 600kVA 480/240 V como continuación se detalla en la figura 42.

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

Figura 42. Resultados obtenidos por el diseño

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	Neosun Energy	Fabricante	Shindengen
Modelo	Neosun NS-550M-144-M8	Modelo	PVS100T200-ID-DN-H1, 100 kW
(Base de datos PVsyst original)		(Base de datos PVsyst original)	
Unidad Nom. Potencia	550 Wp	Unidad Nom. Potencia	100 kWca
Número de módulos FV	1056 unidades	Número de inversores	5 unidades
Nominal (STC)	581 kWp	Potencia total	500 kWca
Módulos	96 Cadenas x 11 En series	Voltaje de funcionamiento	325-600 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Proporción Pnom (CC:CA)	1.16
Pmpp	531 kWp	Potencia total del inversor	
U mpp	418 V	Potencia total	500 kWca
I mpp	1270 A	Núm. de inversores	5 unidades
Potencia FV total		Proporción Pnom	1.16
Nominal (STC)	581 kWp		
Total	1056 módulos		
Área del módulo	2699 m ²		
Área celular	2518 m ²		

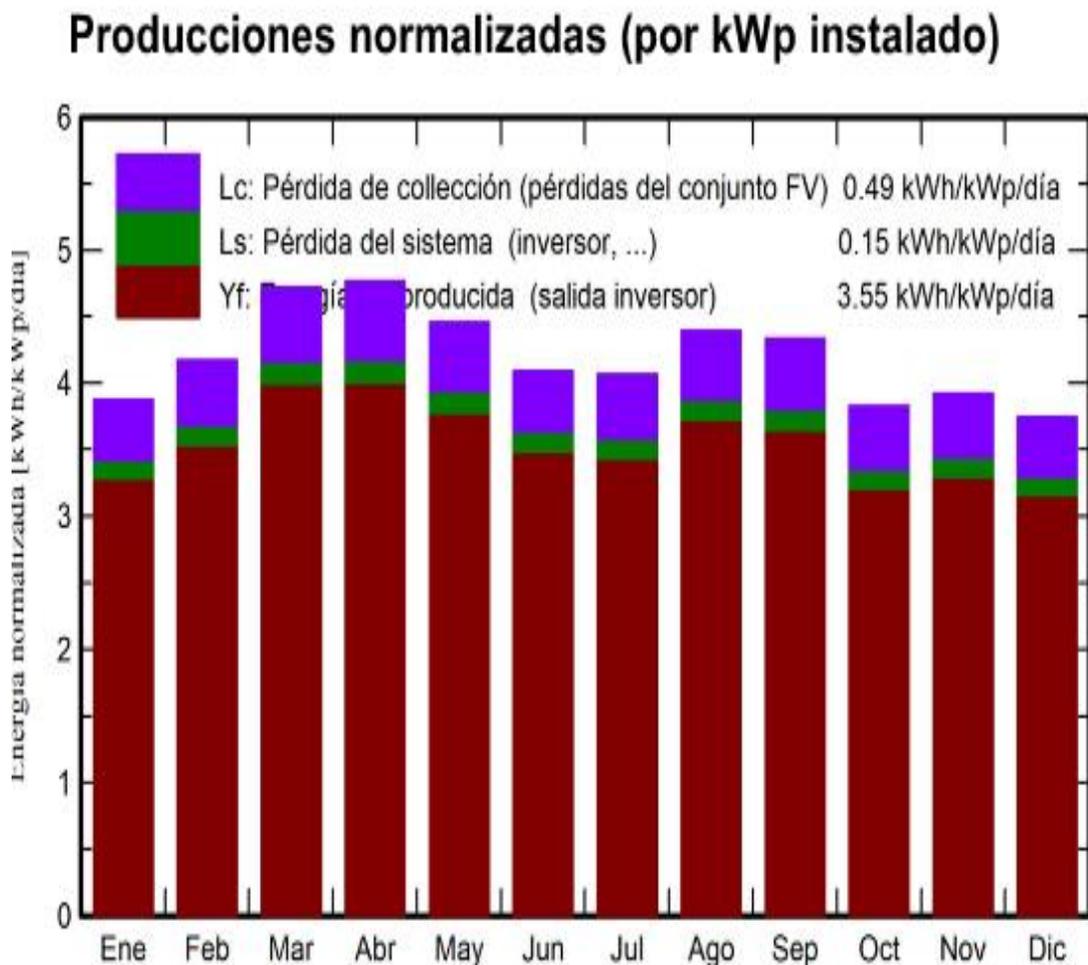
Pérdidas del conjunto								
Factor de pérdida térmica		Pérdidas de cableado CC		Pérdida de calidad módulo				
Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	5.5 mΩ	Frac. de pérdida	-0.8 %			
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC					
Uv (viento)	0.0 W/m ² K/m/s							
Pérdidas 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): Recubrimiento Fresnel AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Nota: Resumen general de sistema fotovoltaico, resumen del generador fotovoltaico indicando condiciones meteorológicas, pérdidas y elementos que lo conforman. Fuente: Pvsyst, 2024

La figura 43. Muestra un resumen de la producción del sistema por KiloVatio instalado, toma como referencia los 12 meses del año considerando la energía producida y las pérdidas del sistema (Inversor y arreglo fotovoltaico). Se observa que los meses de abril y mayo el sistema

tiene un mayor capacidad de generacion siendo su energia producida de aproximadamente 4.0 kWh/KW/dia lo que esta directamente relacionado al nivel de irradiacion 4.50 kWh/m2/dia como se aprecia en la figura 4.3. tambien se aprecia que en los meses de octubre y noviembre el sistema disminuye su capacidad de produccion llegando aproximadamente a 3kWh/KW/dia con un nivel de irradiacion 3.50 kWh/m2/dia.

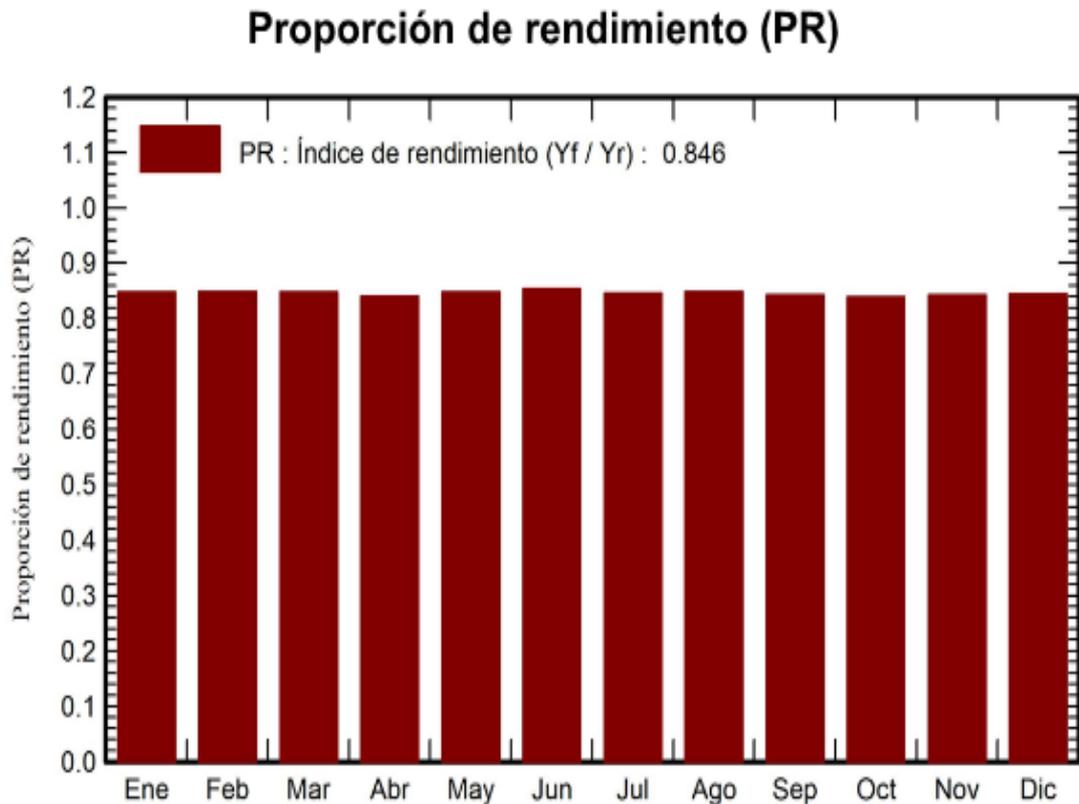
Figura 43. Producción fotovoltaica



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

La figura 44, 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 44. Porcentaje de rendimiento

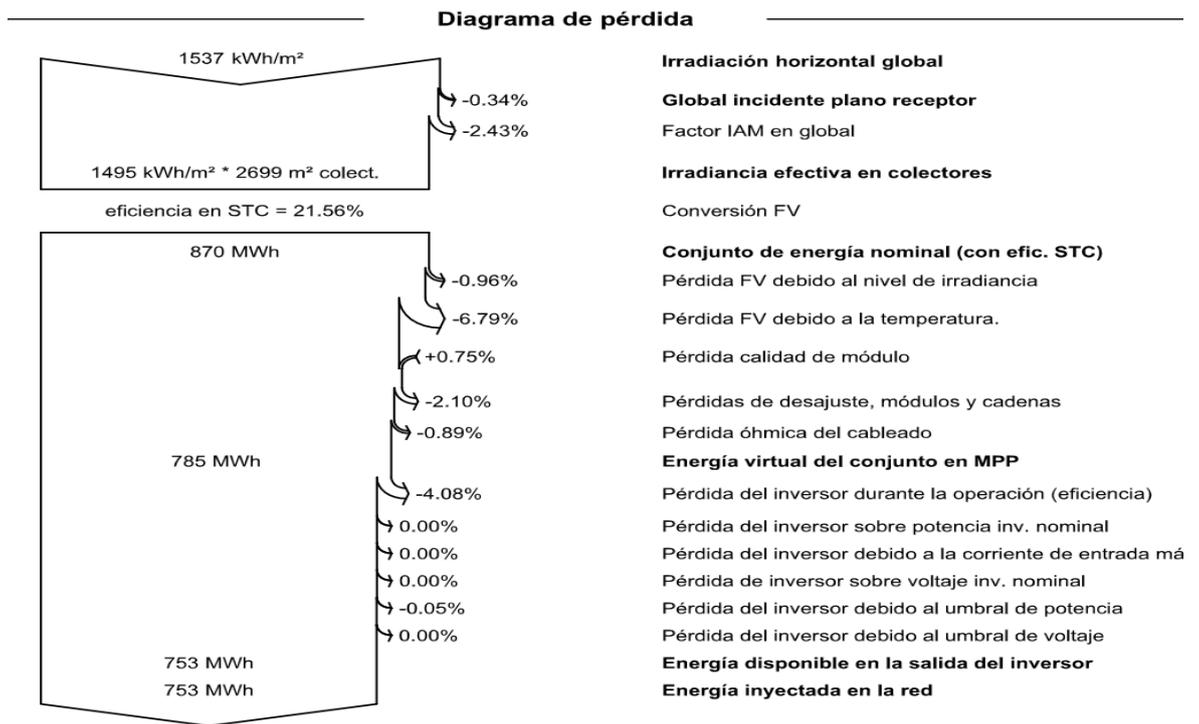


Nota: Rendimiento del sistema fotovoltaico, la gráfica indica un rendimiento constante dentro de la producción de un 84.6% lo que indica que el sistema opera de manera normal en los 12 meses del año. Fuente: Pv syst, 2024

La figura 45, muestra los datos entregados por software nos proyecta un diagrama de perdidas indicando de manera porcentual en qué etapa del sistema es donde se presenta energía no aprovechable teniendo un 15.40% desglosado de la siguiente manera:

1. Perdidas por radiación horizontal global: 2.77% en radiación incidente en el módulo, irradiancia y factor de perdida global.
2. Perdidas por arreglo fotovoltaico: 12.63% por conversión de la energía, por absorción de radiación en modulo, por temperatura, por calidad del material (Fabricación), arreglos (serie/ paralelo), cableado, entrada MPPT al inversor, corriente máxima, umbral de potencia, salida AC, etc.

Figura 45. Perdidas del sistema fotovoltaico



Nota: Perdidas del sistema fotovoltaico. 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 670kWp, se necesita el paralelismo de 5 inversores, a continuación, la tabla 2 detalla el número de inversores y la potencia que necesita cada inversor para trabajar en sincronía.

Tabla 2. Parámetro de inversores

Componente	Parámetro	Valor
Potencia total	—	670 kW
Número de inversores	—	5
Potencia por inversor	—	670 kW / 5 = 134 kW

Nota: Configuración de entradas DC del inversor, se muestra la configuración que debe tener cada inversor para estar en sincronía y poder generar la potencia de 580kWp. Fuente: Autor, 2024

La figura 46. 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.

CAPITULO V

ANALISIS DE COSTO BENEFICIO

5.1. Evaluación Económica

El análisis de costo-beneficio (ACB) es una herramienta para evaluar la viabilidad y eficiencia de proyectos, políticas o inversiones, involucra la comparación sistemática de los costos y beneficios esperados de una decisión, para determinar si vale aplicar o no. La viabilidad comercial del sistema de generación distribuida por modalidad de autoabastecimiento es fundamental para evaluar si la inversión inicial de la implementación de un sistema generara ingresos y beneficios por la colerización de energía eléctrica a la red de la empresa distribuidora, con el objetivo de evaluar su autosostenibilidad Un análisis de costo-beneficio para la implementación de un sistema solar fotovoltaico para la empresa, se debe considerar tanto los costos iniciales (inversión, instalación, mantenimiento) como los beneficios (ahorro en la factura de electricidad, reducción de emisiones, valor de mercado).

Los sistemas fotovoltaicos interconectado a la red, son considerados generadores que sumista la energía al consumo y a su vez el excedente lo puede inyectar energía únicamente en horario diurno, este tipo de proyectos por sus características técnicas tiene un tiempo de vida útil de hasta 25 años de acuerdo con la regulación ARCONEL 24/05, que clasifica como sistemas de generación de autoabastecimiento como aquellos sistemas de generación distribuida con una capacidad que no debe sobrepasar los 2 MW. Del mismo, bajo el artículo 67 de la Ley de Regulación Eléctrica establece que este tipo de instalaciones está exento del pago del impuesto a la renta mi estado en el anexo 3, cuando la generación de energía procede de sistemas de generación no convencional con fuentes de energía limpia.

Para evaluar la rentabilidad del proyecto, primero se debe conocer el monto inicial por la implementación del sistema de generación distribuida, para ello se considera también el diseño y aprobación del proyecto para la obtención del certificado SGDA, por parte de la entidad reguladora. El

presupuesto se muestra a continuación en la tabla 3, los detalles de los materiales empleados en el proyecto y el valor total del presupuesto.

Tabla 3. Presupuesto Referencial

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Panel solar monocristalino Bifasial 550W	u.	1056	\$ 210,60	\$ 222.393,60
2	Conector MC4 par macho/hembra	u.	72	\$ 9,36	\$ 673,92
3	Riel aluminio 4.22m	u.	576	\$ 45,63	\$ 26.282,88
4	Grapa final	u.	144	\$ 6,55	\$ 943,49
5	Grapa media	u.	2016	\$ 6,55	\$ 13.208,83
6	Grapa puesta a tierra	u.	36	\$ 12,87	\$ 463,32
7	Anclaje tipo L	u.	1152	\$ 10,53	\$ 12.130,56
8	Inversor solar On Grid	u.	6	\$ 10.413,00	\$ 62.478,00
9	Sistema puesta a tierra para aterrizar los paneles fotovoltaicos	Glb.	1	\$ 3.510,00	\$ 3.510,00
10	Pararrayos incluye mastil de 6 metros, bajante y conexiones bimetálicas	Glb.	1	\$ 7.371,00	\$ 7.371,00
11	Acometida DC F#8+ N#8 superflex, incluye canalizacion y soporteria	m	1440	\$ 7,02	\$ 10.108,80
12	Tablero TD-IN-DC incluye protecciones	u.	1	\$ 702,00	\$ 702,00
13	Tablero TD-OU-AC incluye protecciones	u.	1	\$ 3.884,40	\$ 3.884,40
14	Transformador 600KVA tipo seco 440/220 -127V	u	1	\$ 17.550,00	\$ 17.550,00
15	Acometida AC desde Tablero AC hasta transformador 3x3#500+N#500+T#500	m	10	\$ 368,78	\$ 3.687,84
16	Acometida AC desde Tablero AC hast transformador 3x3#500+N#500+T#500	m	10	\$ 368,78	\$ 3.687,84
17	Instalacion y puesta en marcha del sistema fotovoltaico	u	1	\$ 74.923,35	\$ 74.923,35
18	Diseño y comisionamiento	u	1	\$ 2.100,00	\$ 2.100,00
SUBTOTAL:					\$ 466.099,83
IVA 15%:					\$ 36.555,93
DESCUENTO:					\$ -
TOTAL:					\$ 502.655,77

Nota: Presupuesto del proyecto de generación distribuida, presupuesto referencial de suministro, instalación y puesta en servicio del proyecto de sistema solar fotovoltaico interconectado a la red. Fuente: Autor, 2025.

Con un monto total de 502,655.77 dólares, considerando el iva por instalación y suministro de componentes que no corresponden a un sistema fotovoltaico, se ingresó estos datos al software PVsyst y este automáticamente de acuerdo a lo ubicación del proyecto indico una tasa de

inflación anual del 2.5%, para este proyecto la empresa con sus fondos propios financiará el valor total y este deberá tener una recuperación de la inversión en un lapso menor a 25 años como lo muestra la tabla 4.

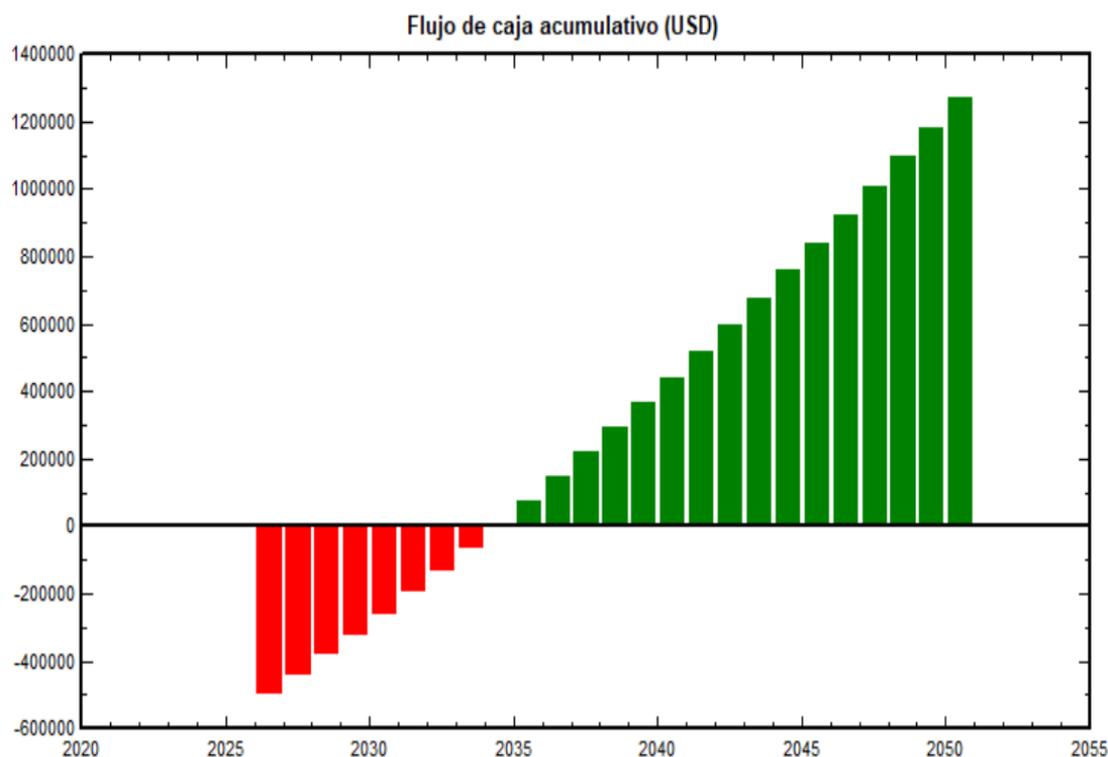
Tabla 4. Análisis costo beneficio

Año de vigencia del proyecto	Venta de Electricidad anual	Costos de funcionamiento	Impuestos	Ingreso disponible	Impuestos	Beneficio después de impuestos	% Amortización
2026	61361	5000	0	56361	0	-493639	11%
2027	62895	5125	0	57770	0	-435869	23%
2028	64430	5253	0	59177	0	-376692	35%
2029	65964	5384	0	60580	0	-316112	47%
2030	67498	5519	0	61979	0	-254133	59%
2031	69032	5657	0	63375	0	-190758	72%
2032	70566	5798	0	64768	0	-125990	84%
2033	72100	5943	0	66157	0	-59833	98%
2034	73634	6092	0	67542	0	7709	11%
2035	75168	6244	0	68924	0	76633	125%
2036	76702	6400	0	70302	0	146935	139%
2037	78236	6560	0	71676	0	218611	153%
2038	79770	6724	0	73046	0	291657	167%
2039	81304	6893	0	74411	0	366068	182%
2040	82838	7065	0	75773	0	441841	197%
2041	84372	7241	0	77131	0	518972	213%
2042	85906	7423	0	78483	0	244,2	228%
2043	87440	7608	0	79832	0	80076,2	244%
2044	88974	7798	0	81176	0	161252,2	260%
2045	90508	7993	0	82515	0	243767,2	277%
2046	92042	8193	0	83849	0	327616,2	293%
2047	93576	8398	0	85178	0	412794,2	310%
2048	95110	8608	0	86502	0	499296,2	328%
2049	96644	8823	0	87821	0	587117,2	345%
2050	98178	9044	0	89134	0	676251,2	363%

Nota: Análisis de costo beneficio del proyecto de generación distribuida, en el análisis refleja que después del año 2033 el proyecto comienza a tener rentabilidad que favorece a la empresa mediante la comercialización de energía del sistema GD. Fuente: Autor, 2025.

La tabla 4 refleja como en el año 8 el proyecto es autofinanciado pagando en su totalidad la inversión y de esta manera los excedentes de energía anual son los que se proyectan para evaluar el beneficio económico del proyecto, en este también se le restan los gastos por gestión operativa, logística y mantenimiento, sin embargo, una representación gráfica de esta tabla se puede apreciar en la figura 47.

Figura 47. Flujo acumulado del proyecto



Nota: Flujo de caja acumulado del proyecto, la gráfica muestra la representación del análisis costo beneficio donde desde el año 2035 el proyecto comienza a tener una rentabilidad hasta el año 2050. Fuente: PVSyst, 2025.

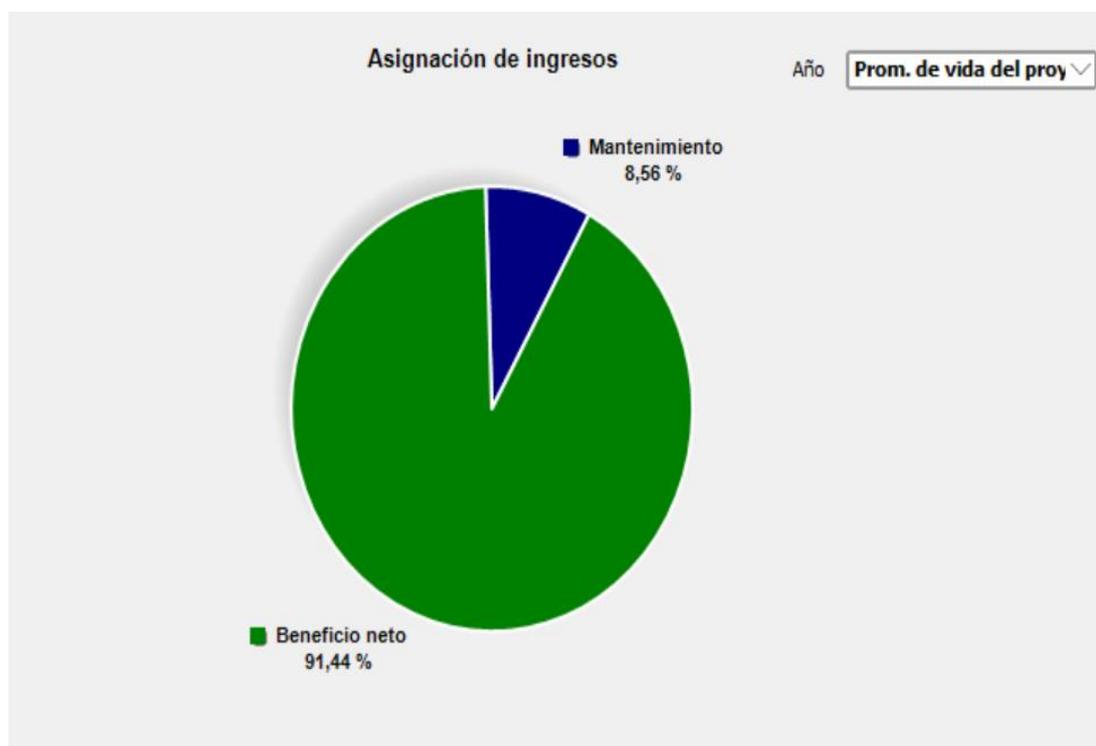
5.2. Evaluación de rentabilidad energética

Consiste en analizar la eficiencia y los beneficios económicos de los sistemas y procesos energéticos hacen un enfoque en medir el rendimiento energético, identificar oportunidades de mejora y determinar la viabilidad económica de proyectos que buscan optimizar el uso de la energía. Se evalúa comparando los costos de la instalación con los beneficios que se obtienen gracias al ahorro en la factura de electricidad y, en algunos casos, la venta de energía a la red.

La evaluación de rentabilidad energética se puede reflejar en la tabla 2 y figura 47 que, pese a su elevado costo inicial, el proyecto puesto en servicio empieza a generar su propia rentabilidad, pagando de esta manera la inversión inicial de 502,655.77 dólares, el software PVSyst considero el valor de mantenimiento de 5000 anual, este mantenimiento comprende a la

limpieza, supervisión y calibración del inversor y sus conexiones. Generando un beneficio reflejado vs los gastos por mantenimiento anuales como se aprecia en la figura 48.

Figura 48. Grafica costo beneficio



Nota: Grafica costo beneficio, la gráfica muestra un 91,44% de beneficio neto por la comercialización de energía inyectada a la red, el 8.56% corresponde al mantenimiento mensual en los 25 años. Fuente: PVsyst, 2025.

5.3. Evaluación Ambiental

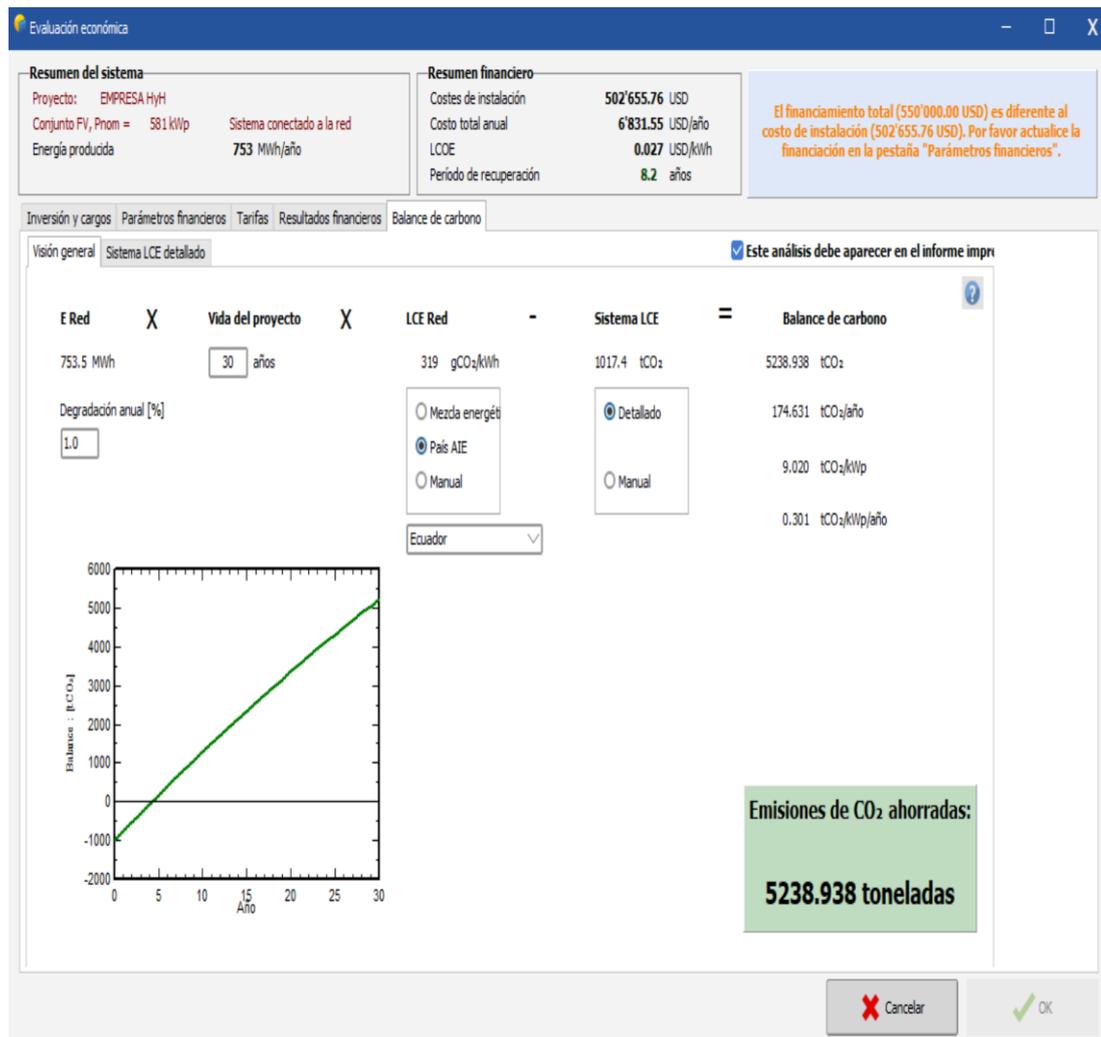
Implica analizar el impacto de estos sistemas en el entorno, desde su fabricación hasta su disposición final, incluyendo aspectos como la emisión de gases de efecto invernadero, la utilización de recursos, la contaminación y la afectación a la biodiversidad. Hace referencia a un proceso sistemático para analizar y predecir los efectos de un proyecto en el medio ambiente antes de su ejecución.

La evaluación ambiental busca identificar y evaluar los posibles impactos ambientales de la instalación, tanto durante la construcción como en la operación del sistema. Se trata de un análisis exhaustivo que considera

aspectos como la alteración del suelo, la fauna, la flora, y la calidad del aire y el agua.

La evaluación del impacto ambiental indica que por instalar un sistema de generación no convencional la planta no consume 5238 toneladas de CO₂ como lo muestra la figura 49.

Figura 49. Índice de CO₂



Nota: Calculo del ahorro de toneladas de CO₂ por tener un sistema de generación de autoabastecimiento. Fuente: PVsyst, 2025.

Para el cálculo se consideró datos locales basados en diferentes factores (clima, radiación, etc.), determinarán el ahorro de CO₂ anual.

CONCLUSIONES

En el **Capítulo I** se planteó como propuesta la implementación de una microred fotovoltaica interconectada, con el objetivo de cubrir la demanda energética diurna durante un periodo de 12 horas. A través del desarrollo de los objetivos específicos, se evidencia el potencial de este tipo de sistemas para generar beneficios tanto económicos como ambientales.

El **Capítulo II** el estado del arte y presentó referencias internacionales que destacan cómo las energías renovables se están consolidando como una solución viable frente a la crisis energética provocada por la escasez de combustibles fósiles. Este análisis permitió comprobar que las fuentes de energía renovable, al ser inagotables, ofrecen ventajas significativas en términos de generación limpia, ahorro energético y reducción del impacto ambiental.

En el **Capítulo III**, a través del levantamiento de información, se identificó que la empresa presentó un consumo energético anual de 80.326,76 kWh durante el año 2021. De acuerdo con lo establecido en la resolución ARCONEL 05/24, este consumo permite la implementación de una microred fotovoltaica como fuente alternativa de generación eléctrica.

El **Capítulo IV** se utilizó el software PVSe utilizó el software PVsyst, que facilitó la selección de componentes con base en datos meteorológicos obtenidos vía satélite. Se proyectó una producción energética de 756 MWh al año, aprovechando un promedio de 4 a 5 horas diarias de irradiancia solar máxima en la zona de estudio.

El **Capítulo V**, demostró que el proyecto tiene una recuperación de la inversión en un periodo de 8.2 años, el proyecto genera excedentes de energía que favorecen a la empresa y a su vez disminuye 5238 toneladas de CO₂ por la implementación del proyecto.

RECOMENDACIONES

Para el aprovechamiento de energía se recomienda la opción de evaluar la factibilidad de un parqueadero fotovoltaico, debido al área disponible y el número de trabajadores, se considera una solución que beneficia a la empresa como a los trabajadores.

Se recomienda la instalación de pararrayos mediante un cálculo de esfera rodante con la finalidad de proteger las cadenas fotovoltaicas de impactos atmosféricos directos e indirectos.

Se recomienda incorporar un sistema de riego automatizado sobre los módulos fotovoltaicos con la finalidad de reducir el número de mantenimientos preventivos por limpieza.

BIBLIOGRAFÍA

- Arcernnr. (2020). *Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano*. Quito.
- Arcernnr. (2021). Pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica. Quito, Ecuador.
- Arconel. (Enero de 2016). Pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica. Quito, Ecuador.
- Arconel. (Enero de 2020). Pliego tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución. Quito, Ecuador.
- Arias, D., Gavela, P., & Riofrío, J. (2022). Estado del Arte: Incentivos y Estrategias para la Penetración de Energía Renovable. *SCielo*, 18(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v18.n2.2022.494>
- Autosolar. (2024). *Diferencias entre silicio monocristalino y multicristalino o policristalino*. <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/diferencias-entre-silicio-monocristalino-y-multicristalino-o-policristalino>
- Balarezo, A. (2001). *Diseño y construcción de un inversor bifásico con IGBTs*. Quito: Escuela Politecnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9226>
- Becerra, L., González, R., & Villegas, A. (2020). La energía solar fotovoltaica, análisis costo beneficio de los proyectos en México. *Rinderesu*, 5(2), 600-623. <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/104/107>
- Bonilla, R., & Ordoñez, R. (2019). *Sistema fotovoltaico*. Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Borja, M. (2020). *Fundamentos de la Generación de la Electricidad*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/168574/Vel%C3%A1zquez%20-%20Fundamentos%20de%20la%20generac%C3%B3n%20de%20la%20electrcdad.pdf?sequence=1>
- Carrillo, J. C. (2007). El fenómeno del parpadeo. *Universidad de Vigo*. El fenómeno del parpadeo.
- Casado, O. (2009). *Grupos Electrónicos y Centrales Eléctricas de Generación Distribuida*. Barcelona: Fundación Comelecinsa.
- Castillon, D., & Carillo, J. (2021). *Evaluación del impacto ambiental de la instalación de un sistema fotovoltaico en la finca del hotel Santa Helena en Restrepo - Meta (Colombia)*. Colombia: Universidad Libre - Facultad de ingeniería ambiental.
- CEA. (2024). *Baterías CEA*. Sistema fotovoltaico on grid: sin baterías y conexión a la red eléctrica: <https://bateriascea.com.ar/como-se-llama-el-sistema-otovoltaico-que-no-utiliza-baterias/>
- CELEC EP. (19 de Agosto de 2024). *Corporación Eléctrica del Ecuador*. (CELEC EP) Retrieved 2025, from https://www.celec.gob.ec/uncategorized/nuevos-sistemas-de-transmision-beneficiaran-a-6-5-millones-de-ecuatorianos/?utm_source=chatgpt.com
- CELEC EP. (2024). *Declaración de Límites de Transferencia de las Instalaciones del SNT*. Quito: TRANSELECTRIC. https://www.celec.gob.ec/transelectric/wp-content/uploads/2024/09/Declaracion-limites-transferencia-SNT-Lineas-de-Transmision_2024-09-06.pdf

- Cens Grupo-EPM. (6 de Marzo de 2017). *Selección y conexión de medidores de e energía y transformadores de medida del grupo EPM*. Informe Técnico. https://www.epm.com.co/content/dam/epm/proveedores-y-contratistas/RA8_030-R4-2021.pdf
- Cervantes, J. (2002). *Protecicon de sistemas Electricos*. Mexico: Universidad Autonoma de Nuevo Leon. <http://eprints.uanl.mx/7718/>
- Chapman, S. J. (2012). *Máquinas Eléctricas, 5ta. Edición*. Mexico: McGraw-Hill.
- Conelec. (23 de mayo de 2001). *Codificación de Regulación Eléctrica*. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec>
- Coronatodays. (15 de Febrero de 2025). Monto Una Estructura De Suelo Para Las Placas Solares Y Otras Labores En La Finquita Vlog192: <https://coronatodays.com/monto-una-estructura-de-suelo-para-las-placas-solares-y-otras-labores-en-la-finquita-vlog192/>
- CSB. (2014). *Baterias de alta autonomia*. China: CSB Energy Technology Co., Ltd.
- DURAN, G. (2015). *Plan de desarrollo geografia urbana*. Duran.
- Dután, G. (2019). *Impacto sobre las protecciones eléctricas al instalar sistemas solares fotovoltaicos en una red de distribución con nivel de potencia de 0.460 KWp*. Cuenca: Universidad Catolica de Cuenca. <https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-ucacue-8247/Details?sid=4469>
- Ecuador. (20 de octubre de 2008). Constitución de la República del Ecuador. Montecristi, Manabí, Ecuador: Asamblea Nacional.
- Eductrade. (2024). *Eductrade*. El proceso de generación y distribución de la energía: <https://www.eductrade.com/generacion-distribucion-energia/>
- Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil. (2012). Normas de Acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad. NATSIM. Guayaquil, Ecuador.
- Energydac. (Septiembre de 2023). *Energía Solar*. Los conectores para un sistema de energía solar barato: <https://energydcac.com/conector-sistema-energia-solar-barato-casa/>
- Enriquez, D., & Montilla, J. (2024). *Revisión de literatura de Proyectos Energéticos basados en Energía Geotérmica*. UNICESMAG. <http://repositorio.unicesmag.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/1210>
- European Norm. (Septiembre de 2007). Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks. Brusela: European Union.
- Expósito, A. G. (2002). *Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica*. Sevilla: McGraw-Hill. https://departamento.us.es/ielectrica/wp-content/uploads/2021/08/Analisis-y-operacion-de-SEE_2010.pdf
- F. R. Quintela, J. M. (2000). Desequilibrio y pérdidas en las instalaciones eléctricas. *Universidad de Salamanca*, 10. Desequilibrio y pérdidas en las instalaciones eléctricas.
- Fernández, M., & León, K. (2021). *Diseño de un sistema fotovoltaico e interconectado a la red para la reducción del costo de energía eléctrica de la empresa Motorex S.A. – 2021*. Peru: Universidad Nacional de Callao. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/9465956>

- Ferrer Arnau, L. J. (2006). Introducción a la compatibilidad electromagnética. *Mendeley*, 1.
- Fink, H. W. (1996). *Manual de Ingeniería Eléctrica*. Mexico: MacGraw-Hill.
- Franco, J. (2014). *Propuesta para el mejoramiento de un sistema puesta a tierra del centro de computo Banco Internacional de la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/2609>
- Fundación Solón. (15 de Diciembre de 2021). *Energías Alternativas*. <https://fundacionsolon.org/2021/12/15/como-avanza-la-generacion-distribuida-en-bolivia/>
- Gary, J. H., & Handwerk, G. E. (1980). *Refino del petróleo*. New York: Reverté.
- Herbozo, G., Córdova, K., Herrera, J., Arriola, D., & Cerpa, L. (2018). Erosión del fondo marino: una ventana hacia la energía renovable marina. *SGP(14)*, 455-460. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/4229/1/Herbozo-Erosion_fondo_marino_energia_renovable.pdf
- Herrera, G. (2023). *Diseño de un sistema fotovoltaico aislado para mejorar el suministro eléctrico de la institución educativa Señor Cautivo del centro poblado Angash, Jaén, 2022*. Peru: Universidad Cesa Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/42336/recent-submissions?offset=280>
- Herrera, L. (2018). *Diseño del sistema de generación eléctrica conectado a la red utilizando paneles fotovoltaicos para el autoconsumo del complejo deportivo PLATAFORMA DEPORTIVA ubicada en el cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi*. Ambato: Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6386>
- Horsley, J. S. (2005). *Los siete tipos de problemas en el suministro eléctrico*. Academia .
- IEEE. (2000). *Sistema puesta a tierra*. Instituto de Ingenieros Electricos y Electronicos.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2010). Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. *IEEE Std 1459*. Nueva York, USA.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2011). Guide for Identifying and Improving Voltage Quality in Power Systems. *IEEE Std. 1250*. Nueva York, USA.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2014). Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. *IEEE Std 519*. New York, USA.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2015). IEEE Recommended Practice for the Analysis of Fluctuating Installations on Power Systems. *IEEE Std 1453*. New York, USA.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2019). Practice for Monitoring Electric Power Quality. *IEEE Std 1159*. New York, USA.
- International Electrical Testing Association. (1995). Pruebas aceptadas para sistemas y equipos de distribución de potencia eléctrica. Morrison, USA: Neta.
- J. Arizpe, S. N. (2013). Calidad de energía y sistemas eléctricos de potencia. *Multidisciplinas de la ingeniería*.

- Jimenez, X. (2008). *SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS: FUNDAMENTOS, TECNOLOGIAS Y APLICACIONES*. España: Editor Antonio Madrid Vicente. <https://amvediciones.com/inicio/313--sistemas-solares-fotovoltaicos-fundamentos-tecnologias-y-aplicaciones.html>
- Kosow, I. L. (1982). *Control de Máquinas Eléctricas*. Barcelona: Reverté.
- Lavende, L. (2008). *Diseño y construcción de un sistema de enfriamiento para activación de baterías utilizadas en submarinos de la armada nacional del Ecuador*. Guayaquil: Universidad Superior Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/12014>
- Lema, E. (2018). *Diseño del sistema de generación eléctrica conectado a la red utilizando paneles fotovoltaicos para el autoconsumo del complejo deportivo PLATAFORMA DEPORTIVA ubicada en el cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi*. Ambato: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Ley Orgánica de Eficiencia Energética. (15 de marzo de 2019). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. (14 de enero de 2015). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Lifeder. (10 de Marzo de 2021). *Energías Alternativas*. <https://www.lifeder.com/tipos-energias-alternativas/>
- Lopez, G., & Guananga, M. (2017). *Diseño y construcción de un sistema fotovoltaico de baja potencia en el sector Río Blanco perteneciente a la comunidad Yatzaputzan*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26083?locale=de>
- Martínez, A., Chere, B., Montes, M., Preciado, J., & Yépez, J. (2022). Electrical protections in electrical substations: documentary analysis. *Sapienza*, 3(1), 1004–1021. <https://doi.org/https://doi.org/10.51798/sijis.v3i1.280>
- Matulic, I. (2003). Introducción a los Sistemas Eléctricos de Potencia. *Scielo*, 2.
- Morillo, Y. (2024). *Usos de la Energía de la Biomasa*. Futuro Eléctrico: <https://futuroelectrico.com/usos-de-la-energia-biomasa/>
- Mujal, R. M. (2002). *Protección de Sistema Eléctrico de Potencia*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Muñoz, J., & Torres, M. (2022). *Factibilidad técnico-económica de un sistema solar fotovoltaico of grid para el suministro eléctrico residencial en el sector la virginia de la ciudad de quevedo*. Quevedo: Universidad Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/b1249e77-210a-40a2-86b6-8fac8a063f6d>
- N. Mohan, T. M. (2009). *Electrónica de Potencia: Convertidores, aplicaciones y diseño 3ra. Edición*. Mexico: McGraw-Hill.
- Naranjo, C. R. (2003). Análisis de Armónicos en Sistemas Eléctricos. *Google Académico*, 1.
- Navas, L. (2009). *Fundamentos de energía solar fotovoltaica para los grados de titulaciones científico-técnicas*. España: Universidad Europea Miguel de Cervantes. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=479731>
- NFPA. (2016). *Práctica Recomendada para el Mantenimiento de Equipos Eléctricos*. Massachusetts: NFPA.
- NFPA. (2017). *National Electrical Code*. Massachusetts, USA: NFPA.

- Noguera, O., Pinto, R., & Villareal, J. (2017). La eficiencia de los nuevos materiales fotosensibles usados en la fabricación de paneles solares. *Dialnet*, 15(1), 7-16. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15332/iteckne.v15i1.1959>
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2013). Transformadores de distribución. pruebas Eléctricas. Quito: Inen.
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2013). Transformadores, Relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular. Quito: Inen.
- OHM Solution. (16 de Octubre de 2024). *OHM Solution*. <https://ohmsolution.co/blog/que-es-sistema-electrico/>
- Petroecuador. (2009). *El Petróleo en el Ecuador*. Quito: Tecnigrava.
- Pilco, F. (2018). *Análisis y modelado de baterías de Ion Litio para vehículos eléctricos*. Cuenca: Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30316>
- PVsyst. (2017). *Guía para el uso de PV syst Solar*. Francia.
- Quispe, L. (2024). Análisis comparativo de las tecnologías de inversores On Grid utilizados en sistemas conectados a la Red. *Tesla*, 1-12. <https://tesla.puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/tesla/article/view/286>
- Ramirez, F. (2023). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red en una vivienda-taller de carpintería ubicada en la ciudad de Loja*. Loja: Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/28681>
- Rodriguez, J., & Mogrovejo, W. (2020). *Almacenamiento de energía mediante baterías para aliviar la curva de demanda del alimentador 0524*. Cuenca: Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/35445>
- Rojas, H. R. (2014). Aspectos técnicos y normativos para el monitoreo y medición de armónicos. *Researchgate*, 129–146.
- Rosero, J., & Sotomayor, J. (2021). *Análisis y diseño de un sistema fotovoltaico aislado para alimentación automática AQ1 SYSTEM en la industria de cultivo acuícola*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21179>
- Rossi, D. (2021). *Estudio comparativo entre baterías Gel y LFP, proyecto fotovoltaica off grid - distrito Napo 2020*. Napo: Universidad San Pedro. <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/download/685/1034/6707>
- Sacon, M., & Vera, C. (2023). *SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA EN LA COMUNIDAD RURAL MOCOCHAL, CALCETA*. Manabí: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Felix Lopez. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22810/1/UPS-GT003826.pdf>
- Salcedo, C., & Herrera, V. (2011). *Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el Departamento de Turismo del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/7cba0840-4af9-4567-a00c-0f9af1d77c4e>

- Sánchez, V. (2006). Perturbaciones en la red eléctrica. *Caos Conciencia*, 25-29.
- Serna, L. (2021). *Análisis de impacto regulatorio del esquema tarifario óptimo para la implementación de la generación eléctrica distribuida en el Perú*. PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/7740d62c-3fb8-40ed-85cd-949d6d9c0ca6>
- Stevenson, J. J. (1996). *Análisis de Sistemas de Potencia*. Mexico: Mc.Graw-Hill.
- Suquillo, I., & Oña, C. (2020). *Simulación de un sistema de generación fotovoltaico aislado para zonas rurales del Ecuador*. Quito: Escuela Politecnica Nacional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21213>
- Trini, N. (5 de Noviembre de 2024). *Ecoticias*. Energías Renovables: <https://www.ecoticias.com/energias-renovables/europa-energia-desconocida>
- Van de Velde, H. &. (2006). Procesamiento de datos . *Facultad Regional Multidisciplinaria Estelí*.
- Water's, C. (2019). *Guía de trabajos independientes para sistemas eléctricos de potencia*. ACADEMIA EDU. https://www.academia.edu/89148511/Gu%C3%ADa_de_trabajos_independientes_para_sistemas_el%C3%A9ctricos_de_potencia
- Wildi, T. (2007). *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia, 6ta. Edición*. Mexico: Pearson Educación.
- www.egr.unlv.edu/. (s.f.). *University of Nevada*. http://www.egr.unlv.edu/~eebag/IEEE_STD_519_1992vs2014.pdf
- www.eppetroecuador.ec. (2022). *Ep Petroecuador*. Ep Petroecuador: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=7619>
- www.fluke.com. (s.f.). *Analizador de energía y de calidad eléctrica Fluke 437 Serie II de 400 Hz*. <https://www.fluke.com>
- www.gob.ec/arconel. (2022). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. <https://www.gob.ec/arconel>
- www.ieee.org. (2022). *IEEE Advancing technology for humanity*.
- www.inelinc.com. (2021). <https://inelinc.com/>.
- www.mecfi.es. (2022). *Desequilibrios en el sistema trifásico*. <https://mecfi.es/>.

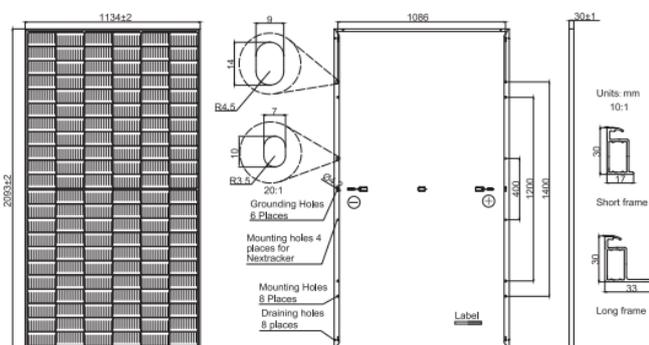
ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica Panel solar

JA SOLAR

JAM66S30 480-505/MR Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	26.3kg
Dimensions	2093±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4-EVO2/QC 4,10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 200mm(+)/300mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	36pcs/Pallet 792pcs/40HQ Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	480	485	490	495	500	505
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45,07	45,20	45,33	45,46	45,59	45,72
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	37,62	37,81	37,99	38,17	38,35	38,53
Short Circuit Current(Isc) [A]	13,65	13,72	13,79	13,86	13,93	14,00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12,76	12,83	12,90	12,97	13,04	13,11
Module Efficiency [%]	20,2	20,4	20,6	20,9	21,1	21,3
Power Tolerance	0--+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0,045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0,275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0,350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1,5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	363	367	370	374	378	382
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	42,15	42,30	42,43	42,58	42,72	42,86
Max Power Voltage(Vmp) [V]	35,54	35,67	35,76	35,84	35,93	36,02
Short Circuit Current(Isc) [A]	10,99	11,06	11,13	11,20	11,27	11,34
Max Power Current(Imp) [A]	10,21	10,28	10,36	10,44	10,52	10,60
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1,5G					

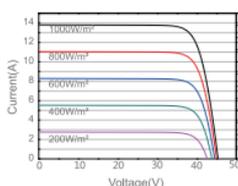
*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.

OPERATING CONDITIONS

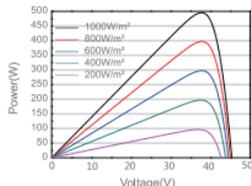
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 C ~+85 C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load Front*	5400Pa(112lb/ft ²)
Maximum Static Load Back*	2400Pa(50lb/ft ²)
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

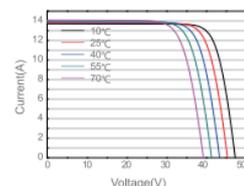
Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Power-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Premium Cells, Premium Modules

Version No. : Global_EN_20220808A

Nota: Panel solar bifacial monocristalino de 550W. Fuente: JAsolar, 2017

Anexo 2. Ficha técnica inversor ON GRID

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	
<small>CE, UKCA, IEC62116, IEC61727, CQC, VDE0126, VFR2019, EN50549-1/-2, C10/C11, UNE206007, G99 CEI 0-21/0-16, N4105, UNE206006, MEA, PEA, KSC8565</small>				

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

Nota: Inversor ON GRID de trifásico de 100KW. Fuente: Growatt, 2019

DISPOSICIONES REFORMATARIAS

PRIMERA.- En la Ley de Régimen Tributario Interno, realícese las siguientes reformas:

1. En el artículo 10, realícese las siguientes reformas:

a. Sustitúyase el segundo inciso del numeral 7, por el siguiente:

"La depreciación y amortización que correspondan a la adquisición de maquinarias, equipos y tecnologías destinadas a la implementación de sistemas de generación distribuida para autoabastecimiento a base de energías renovables no convencionales, a la implementación de mecanismos de producción más limpia, a la implementación de mecanismos de generación de energía de fuente renovable (solar, eólica o similares), a la reducción del impacto ambiental de la actividad productiva, y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, se deducirán con el 100% adicional. Para el efecto, estas adquisiciones no deben ser necesarias para cumplir con lo dispuesto por la autoridad ambiental competente para reducir el impacto de una obra o como requisito o condición para la expedición de la licencia ambiental, ficha o permiso correspondiente. En cualquier caso, deberá existir una autorización por parte de la autoridad competente."

b. A continuación del numeral 26, agréguese el siguiente numeral 27:

"27.- Se podrá deducir para el cálculo de la base imponible del impuesto a la renta, los gastos incurridos en obras para la construcción de nuevas redes e infraestructura de distribución para abastecer la demanda de energía eléctrica a los clientes comerciales y/o industriales que se encuentren aislados de la red de distribución de energía eléctrica, que posean la aprobación de las empresas eléctricas distribuidoras del área de influencia y esté destinadas para su operación y control."

Esto de conformidad con el último inciso del artículo 43 de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica."

2. Sustitúyase el antepenúltimo inciso del segundo artículo innumerado agregado a continuación del 10, por el siguiente:

"Los gastos personales referidos en el presente artículo corresponden a los realizados en el país por concepto de vestimenta, educación, alimentación, salud, vivienda, turismo nacional en establecimientos registrados y con licencia única anual de funcionamiento, pensiones alimenticias, arte y cultura, la totalidad de intereses por préstamos quirografarios e hipotecarios contraídos en el sistema financiero nacional, y sueldos a trabajadores afiliados al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social siempre que hubiesen cumplido con sus obligaciones legales con la precitada institución a la fecha de presentación de la declaración del impuesto a la renta. En el rubro salud se podrá incluir los gastos médicos de las mascotas del contribuyente. En cualquier caso, deberá excluirse el IVA e ICE de las transacciones."

Anexo 4. Tiempo de vida útil de los proyectos de generación distribuida



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Agencia de Regulación y Control
de Electricidad

Distribuidora dará por terminado el trámite y le comunicará oficialmente al solicitante de manera inmediata.

- e) Una vez entregados los documentos a satisfacción de la Distribuidora, ésta, dentro de un Término de diez (10) días, elaborará el informe de aprobación y emitirá el Certificado de Habilitación respectivo, de acuerdo con el formato establecido en el ANEXO B, a nombre del Consumidor Regulado y según las modalidades indicadas en la presente Regulación, a partir de lo cual se podrá iniciar la construcción del SGDA conforme al cronograma entregado a la Distribuidora.
- f) El plazo de vigencia del Certificado de Habilitación será el tiempo de vida útil del SGDA de acuerdo con lo establecido en la Tabla 1, dependiendo de la tecnología de generación. La vigencia del Certificado de Habilitación se contará a partir del inicio de operación del SGDA.

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

Tabla 1. Vida útil de tecnologías de generación de energía eléctrica

ARTÍCULO 16. REVOCATORIA DEL CERTIFICADO DE HABILITACIÓN

La Distribuidora revocará de forma definitiva el Certificado de Habilitación otorgado, y en consecuencia procederá con la desconexión del SGDA por una o varias de las causales que se listan a continuación:

- a) Por decisión propia de los Consumidores Regulados o el Representante Legal;
- b) Por terminación del plazo de vigencia del Certificado de Habilitación;
- c) Por incrementar la Potencia Nominal del SGDA sin autorización de la Distribuidora;
- d) Por incumplir por tres veces, consecutivas o no, durante el mismo año calendario, los requerimientos de operación, en caso se presente alguna restricción temporal en el segmento de la red de distribución en la cual tiene incidencia el SGDA, o los parámetros de calidad de producto definidos en la regulación respectiva, de acuerdo con el numeral ARTÍCULO 20 de esta Regulación;
- e) Por no iniciar la operación del SGDA dentro del plazo establecido en el cronograma o ampliación del plazo otorgada por la Distribuidora.

La Distribuidora, en el término de tres (3) días, notificará formalmente a los Consumidores Regulados o al Representante Legal sobre la revocatoria del Certificado de Habilitación y las causales que la motivaron. Luego de lo cual, se suscribirá entre las partes el Contrato de Suministro para las nuevas condiciones, y se procederá a la desconexión del SGDA.

En caso de no estar de acuerdo con la decisión de la Distribuidora, los Consumidores Regulados o el Representante Legal dispondrán del término de cinco (5) días contados a partir de la notificación de la Distribuidora para plantear una objeción a la Administración de la ARCONEL.

Regulación Nro. ARCONEL-005/24 (Codificada)
Sesión de Directorio de 27 de octubre de 2024

Dirección: Av. Naciones Unidas E7-71 y Av. De Los Shyris
Código postal: 170506 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2 226 8744
<https://controlelectrico.gob.ec/>

Página 18 de 68



Nota: Tiempo de vida útil de un sistema solar fotovoltaico según regulación ARCONEL 05/24 . Fuente: ARCONEL, 2024



2. Cálculo del factor de emisión de CO₂ del S.N.I.

En esta sección se presenta una descripción de la herramienta metodológica de la UNFCCC, tomando en cuenta las condiciones del sistema eléctrico ecuatoriano que permite calcular los factores de operación (OM), construcción (BM) y combinado (CM).

Parámetros que son utilizados para establecer la línea base de proyectos de eficiencia energética; así como también, para los proyectos de generación de electricidad con fuentes renovables, convencionales y no convencionales.

A través del proyecto de automatización del cálculo del factor de emisión de CO₂, llevado adelante con el apoyo de la Agencia Internacional de las Energías Renovables - IRENA, ha permitido establecer tiempos más cortos para la obtención del factor de emisión minimizando los errores por carga de información manual.

2.1. Parámetros del cálculo

Considerando los criterios de la herramienta metodológica v7.0., de la UNFCCC para determinar el factor de emisión de CO₂ de una red eléctrica, se deben considerar los siguientes parámetros a ser calculados.

Margen de construcción (BM): Permite establecer el factor de emisión de la nueva generación que se ha incorporado a la red eléctrica en los últimos 10 años y que corresponde al 20% de la generación del último año que se tiene datos.

Margen de operación (OM): Permite establecer el factor de emisión que se presentó durante el año de estudio.

Margen combinado (CM): Este factor se utiliza para crear una línea base para un proyecto renovable, su cálculo se lo realiza en base a los dos anteriores dándoles un porcentaje tanto al BM como al OM, la suma del porcentaje asignado no puede ser mayor que el 100%.

Tabla Nro. 1 Parámetros de cálculo del factor de emisión de CO₂

Parámetros	Unidades	Descripción
$FE_{grid.BM}$	tCO_2/MWh	Factor de emisión de CO ₂ para el margen de construcción en el año "y"
$FE_{grid.OM}$	tCO_2/MWh	Factor de emisión de CO ₂ para el margen de operación en el año "y"
$FE_{grid.CM}$	tCO_2/MWh	Factor de emisión de CO ₂ para el margen combinado en el año "y"

Fuente: (UNFCCC, 2018)

Nota: parámetros del cálculo de factor de emisión de CO₂ según regulación ministerio del ambiente.
Fuente: AMBIENTE.GOB, 2023

Operation and maintenance of PV power plants

Lightning and surge protection solutions



We are your reliable partner for developing plant protection concepts to prevent power plant outages or component damage caused by thunderstorms.

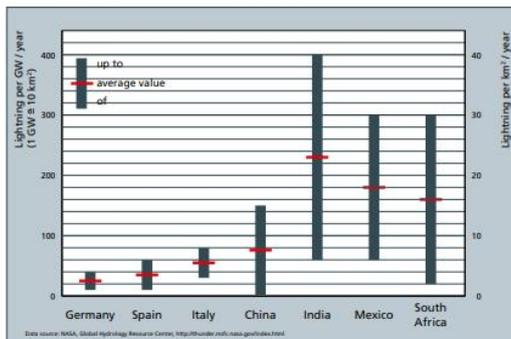


Your contact worldwide: pv-protect@dehn.de

PV systems have established themselves around the world as an efficient source of energy. In Germany, PV systems with a capacity of about 180 GW are installed and will be further expanded. These PV systems assume a substantial role in the energy supply. Therefore, the demand for plant reliability and availability increases. However, malfunctions in multi-megawatt PV power plants cause fluctuations in the grid and valuable balancing energy must be used.

Causes of damage

PV systems are frequently damaged by thunderstorms and lightning strikes due to their wide distribution. Therefore, they should be an integral part of financial risk assessments. Experiences with Northern European power plants cannot be transferred to regions with a higher irradiation and air humidity since the probability of a lightning strike is much higher in such regions.



Ground flash density in selected countries

Power plants with an output of several hundred megawatts are widely distributed which makes them vulnerable to lightning strikes. The electronic systems and field cables may thus be damaged if no earthing, lightning protection and surge protection measures are provided.

Consequences

The aim of maintenance contracts is to ensure that power plants deliver high yields over decades. Malfunctions resulting from plant parts which are destroyed by lightning strikes entail replacement and repair costs. As a consequence, the yield during downtime and thus the performance ratio of the entire solar park is reduced.

Repeated malfunctions involve insurance problems and general maintenance measures (retrofit) may have to be taken.



More Information

www.dehn-international.com

Nota: causas y consecuencias provocadas en plantas solares por falta de mantenimiento. Fuente: DEHN, 2019

Instalaciones fotovoltaicas en cubierta

Edificios sin protección externa contra el rayo



Los dispositivos de protección contra sobretensiones deben instalarse incluso si no existe un sistema externo de protección contra rayos.

Si el edificio no dispone de protección externa se asume que es porque no lo necesita. Si tal es el caso los descargadores a instalar en las líneas de energía, tanto el lado de alterna como el de continua, serían descargadores de sobretensiones de Tipo 2. No obstante, en el lado de alterna, es muy conveniente utilizar un descargador combinado Tipo 1+2, a instalar delante del contador, ya que ofrece una protección adicional contra corrientes de rayo que pudieran acceder por la alimentación de baja tensión.

En el caso de las líneas de transmisión de datos, bastaría también con instalar descargadores de Tipo 2

Los descargadores deben instalarse lo más cerca posible de los equipos a proteger, por ej., el inversor. Si la longitud de línea entre el punto de instalación del descargador y el equipo a proteger fuera superior a diez metros sería necesario instalar un descargador adicional. Esta situación se daría también en el caso de que existan baterías. Si éstas se encuentran próximas al punto de instalación del descargador estarían también protegidas. En caso contrario sería preciso disponer de un descargador adicional.



Nota: elementos de protección para un correcto aterramiento a tierra de los sistemas fotovoltaicos.
Fuente: DEHN, 2019

Anexo 8. Listado de elementos de protección para instalaciones fotovoltaicas residenciales

A Cuadro de acometida de Baja Tensión		Art Nr.
	<p>DEHNshield® Basic Descargador Tipo 1+2.</p> <p>Corriente de choque de rayo 10/350 (Iimp): 7,5/25 kA Nivel de protección (Up): ≤ 1,5 kV Capacidad apagado corriente consecutiva (Ifi): 25 kA eff.</p>	941 316
	<p>Alternativa: DEHNgard® DGM TT Descargador de sobretensiones Tipo 2</p> <p>Corriente nominal de descarga (8/20) In: 20 kA Corriente máxima de descarga (8/20) Imax: 40 kA Nivel de protección Up: ≤ 1,5 kV</p>	952 310
B Internet/Teléfono/Comunicaciones		Art Nr.
	<p>DEHNbox TC180 Descargador Tipo 1+2 para líneas de transmisión de datos</p> <p>Corriente de choque de rayo 10/350 (Iimp): 2,5/7,5 kA Tensión nominal UN: 180 v Frecuencia de corte hilo-hilo: 250 MHz</p>	922 210
C Instalación fotovoltaica		Art Nr.
	<p>DEHNgard® YPV Descargadores Tipo 2 para protección del lado DC.</p> <p>Corriente de descarga: 20/40 kA Max. Tensión (Ucpv): 600/1000/1200/1500 V (según versión) Nivel de protección (Up): ≤ 4 kV Resistencia de cortocircuito (Iscpv): 10 kA Equipos disponibles: 600 V (Art. Nr. 950 531); 1000 V (Art. Nr. 950 530); 1200 V (Art. Nr. 952 565); 1500 V (Art. Nr. 952 567)</p>	950 531 950 530 952 565 952 567
	<p>Alternativa: DEHNcube YPV SCI 1000</p> <p>Descargador Tipo 2 precableado con protección IP 65 para o 2 MPPT</p> <p>Corriente de descarga: 12,5/40 kA Max. Tensión (Ucpv): 1000 V Nivel de protección (Up): ≤ 4 kV Resistencia de cortocircuito (Iscpv): 1000 kA</p>	900 910 (1 MPPT) 900 920 (2 MPPT)
D Lado AC del inversor		Art Nr.
	<p>DEHNgard® M TT</p> <p>Descargador modular de Tipo 2 para protección del lado de alterna</p> <p>Corriente nominal de descarga (8/20) In: 20 kA Corriente máxima de descarga (8/20) Imax: 40 kA Nivel de protección Up: ≤ 1,5 kV</p>	952 110 952 310
E Equipotencialidad		Art Nr.
	<p>Clema UNI:</p> <p>Para dar tierra a las estructuras y elementos metálicos de la instalación fotovoltaica</p>	540 250 365 250

Nota: elementos de protección en baja tensión para sistemas fotovoltaicos. Fuente: DEHN, 2019

Instalaciones fotovoltaicas en cubierta

Edificios **con** protección externa contra el rayo y **con** suficiente distancia de separación



Los módulos FV deben estar situados en el volumen protegido de la instalación captadora, manteniendo, al mismo tiempo, la distancia de separación "s".

Edificios **con** protección externa contra el rayo y **con** suficiente distancia de separación.

De acuerdo con la normativa vigente y con el fin de lograr la equipotencialidad total del sistema de protección es básico que las distancias de separación exigidas en la misma se mantengan. De este modo se evita que corrientes parciales de rayo puedan acceder a la instalación como consecuencia de un salto de chispa.

En caso de que no puedan respetarse puede utilizarse un conductor especial denominado HVI.

Si el sistema de protección externa está instalado **respetando las preceptivas distancias de separación** se instalarán descargadores de sobretensiones de Tipo 2,

para proteger los módulos y el lado DC del inversor. El lado AC se protege con un descargador combinado Tipo 1+2.

En ambos casos, los descargadores deberán instalarse lo más cerca posible de los equipos a proteger.

En lo que se refiere a las líneas de transmisión de datos, bastaría también con instalar descargadores de Tipo 2.



Nota: elementos de protección para un correcto aterramiento a tierra y sistema de protección contra impactos atmosféricos de los sistemas fotovoltaicos. Fuente: DEHN, 201

Anexo 10. Listado de elementos de protección para instalaciones fotovoltaicas comerciales e industriales

A Cuadro de acometida de Baja Tensión		Art Nr.
	DEHventil® (Descargador Tipo 1+2 a instalar en la acometida de baja tensión. Corriente de choque de rayo 10/350 (Iimp): 25/100 kA Nivel de protección (Up) : ≤ 1,5 kV Capacidad apagado corriente consecutiva (Ifi): 50 kA eff.	951 310
	Alternativa:DEHNshield Basic DSH TT 255 Corriente de choque de rayo 10/350 (Iimp): 7,5kA/25 kA Nivel de protección (Up) : ≤ 1,5 kV Capacidad apagado corriente consecutiva (Ifi): 25 kA	941 316
B Internet/Teléfono/Comunicaciones		Art Nr.
	BLITZDUCTOR® XTU Descargador Tipo 1+2 para líneas de transmisión de datos con Tecnología actiVsense integrada. Corriente de choque de rayo 10/350 (Iimp): 2,5 /10 kA Tensión nominal UN: 0-180 v Frecuencia de corte hilo-hilo: 50 MHz	920 349 (Módulo)
		920 300 (Base)
C Instalación fotovoltaica		Art Nr.
	DEHNGuard® YPV Descargadores Tipo 2 para protección del lado DC. Corriente de descarga: 20/40 kA Max. Tensión (Ucpv): 600/1000/1200/1500 V (según versión) Nivel de protección (Up): ≤ 4 kV Resistencia de cortocircuito (Iscpv): 10 kA Equipos disponibles: 600 V (Art. Nr. 950 531); 1000 V (Art Nr. 950 530); 1200 V (Art. Nr. 952 565); 1500 V (Art. Nr. 952 567)	950 531 950 530 952 565 952 567
	Alternativa: DEHncube YPV SCI 1000 Descargador Tipo 2 precableado con protección IP 65 para o 2 MPPT Corriente de descarga: 12,5/40 kA Max. Tensión (Ucpv): 1000 V Nivel de protección (Up): ≤ 4 kV Resistencia de cortocircuito (Iscpv): 1000 kA	900 910 (1 MPPT) 900 920 (2 MPPT)
D Lado AC del inversor		Art Nr.
	DEHNGuard® M TT Descargador modular de Tipo 2 para protección del lado de alterna Corriente nominal de descarga (8/20) In: 20 kA Corriente máxima de descarga (8/20) Imax: 40 kA Nivel de protección Up: ≤ 1,5 kV	952 110 952 310
E Equipotencialidad		Art Nr.
	Clema UNI: Para dar tierra a las estructuras y elementos metálicos de la instalación fotovoltaica	540 250 365 250
F Protección externa		
	HVI®Conductor Cable aislado especial que permite mantener la distancia de seguridad requerida y optimizar el uso de la cubierta.	

Encontrará más información sobre el tema en nuestra página web.

www.dehn.es

Estamos a su disposición para cualquier consulta técnica:

Teléfono: 91 375 61 45

Correo electrónico: info@dehn.es



Nota: elementos de protección en baja tensión para sistemas fotovoltaicos. Fuente: DEHN, 2



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Wilson Alcívar Adriano Amaguaya**, con C.C: # **0604265652** autor del trabajo de titulación: **Diseño de un sistema solar fotovoltaico para suministro de energía eléctrica a la planta de asfalto de la empresa H e H ubicada en la ciudad de Guayaquil**, 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, 30 de Julio de 2025

f.

Nombre: **Wilson Alcívar, Adriano Amaguaya**

C.C: **0604265652**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Diseño de un sistema solar fotovoltaico para suministro de energía eléctrica a la planta de asfalto de la empresa H e H ubicada en la ciudad de Guayaquil		
AUTOR(ES)	Wilson Alcívar, Adriano Amaguaya		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D/ Ing. Daniel Bohórquez Heras, Mgs/ Ing. Ricardo Ubilla González, Mgs		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
CARRERA:	Maestría en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	30 de Julio de 2025	No. DE PÁGINAS:	84
ÁREAS TEMÁTICAS:	eficiencia energética, factibilidad económica, plantas industriales		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Energía renovable, sistema fotovoltaico, maquinas eléctricas, eficiencia energética, paneles solares.		
<p>RESUMEN/ABSTRACT La importancia de las diferentes fuentes de energía para el futuro constituye uno de los temas prioritarios a resolver. La energía actúa al mismo tiempo, como solución y problema para el desarrollo sostenible a través de ella se ha impulsado el progreso y, sin embargo, es una de las principales causas de contaminación del hábitat al originar perjuicios para la salud humana y el medio ambiente. El consumo energético a nivel residencial, industrial y comercial es grande y, a futuro tiende a ser insostenible para nuestro planeta, tanto por el agotamiento de los recursos naturales como por los daños irreversibles que ocasiona al ecosistema. Para ayudar al desarrollo sostenible de la Humanidad es imprescindible crear fuentes de energía alternativa que permita optimizar los recursos renovables para el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas más eficientes y en armonía con el medio ambiente.</p> <p>El presente trabajo corrobora el estudio de la demanda eléctrica en la empresa Hidalgo e Hidalgo S.A. para el diseño de un sistema solar fotovoltaico.</p> <p>Para el diseño del sistema solar fotovoltaico se realizó el estudio de carga de la planta de Asfalto con valores nominales de las diferentes máquinas y equipos instalados, con los datos obtenidos, se procedió al cálculo de equipos que son el número de paneles solares y análisis de costos, selección del rango de potencia del inversor, número de baterías, uso de software para el dimensionado, al finalizar este trabajo se expondrán los resultados obtenidos para la posterior implementación del proyecto fotovoltaico.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-996999077	E-mail: adriano.wilson@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.		
	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):			