



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE ELECTRICIDAD

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA
FOTOVOLTAICO HÍBRIDO PARA LAS BODEGAS DE LA COMPAÑÍA XURI S.A

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: Víctor Enmanuel Campoverde Sacoto
Alexander Israel González Chacón

TUTOR: Ing. Juan Carlos Lata García, PhD

GUAYAQUIL – ECUADOR

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Victor Enmanuel Campoverde Sacoto con documento de identificación N° 0925157216 y Alexander Israel González Chacón con documento de identificación N° 0950391466 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo y autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 28 de enero del año 2025

Atentamente;



Víctor Enmanuel Campoverde Sacoto
0925157216



Alexander Israel Gonzalez Chacón
0950391466

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Víctor Enmanuel Campoverde Sacoto con número de identificación N° 0925157216 y Alexander Israel González Chacón con número de identificación N° 0950391466, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de lo que somos autores del Proyecto Técnico: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO PARA LAS BODEGAS DE LA COMPAÑÍA XURI S.A”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Electricidad, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en el formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de enero del año 2025

Atentamente;



Víctor Enmanuel Campoverde Sacoto
0925157216



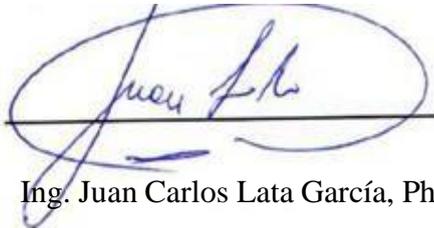
Alexander Israel Gonzalez Chacón
0950391466

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Carlos Lata con documento de identificación N°0301791893 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO PARA LAS BODEGAS DE LA COMPAÑIA XURI S.A”, realizado por Víctor Enmanuel Campoverde Sacoto con número de identificación N° 0925157216 y Alexander Israel González Chacón con número de identificación N° 0950391466, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de enero del año 2025

Atentamente;

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature appears to read "Juan Carlos Lata".

Ing. Juan Carlos Lata García, PhD

DEDICATORIA

Dedico antes que nada a nuestro padre Dios, por no haberme desamparado por el camino del mal, iluminando siempre por el camino correcto, a mi mamá Blanca Soledad Sacoto Lopez y también a mi padre que no se encuentra aquí con nosotros Victor Olmedo Campoverde Averó, a mis hermanos Jenny Campoverde e Ismael Campoverde, porque todos ellos han sido un gran apoyo desde un principio, inculcándome con buenos valores, enseñanzas y sobre todo a sobresalir sin importar la situación.

A mi abuela Rosa López por también estar ahí acompañándome y a toda mi familia por apoyarme para llevar a cabo el cumplimiento de esta meta.

Víctor Enmanuel Campoverde Sacoto

Primeramente, dedico este logro a nuestro Padre Celestial, al Creador de todo, quien ha estado conmigo en cada paso de este camino, brindándome salud, fortaleza y el ánimo necesario para alcanzar esta meta de convertirme en Ingeniero Eléctrico.

A mis amados padres, Juan Gonzalez y María Elena Chacón, quienes han sido el pilar más importante en mi vida y cuyo amor y sacrificio me han convertido en la persona que soy hoy. Asimismo, a mis hermanos, Juan, Bryan y Jhon Henry y a todas aquellas personas cercanas a mí que han formado parte de mi crecimiento académico y personal. Su apoyo, comprensión y compañía han sido fundamentales para alcanzar este sueño.

Alexander Israel González Chacón

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, y especialmente a mi Madre, porque ella siempre estuvo desde un principio apoyándome, ha sido un pilar fundamental en mi vida, por siempre llenarme de energía positivas , motivándome a cada momento, por siempre estar ahí cuando la necesitaba, a mis compañeros de clases con cuales compartí durante todo este periodo de enseñanzas, a los profesores de la Universidad que con mucha paciencia y con todo su profesionalismo siempre estuvieron ahí formándonos a ser unos buenos profesionales

Víctor Enmanuel Campoverde Sacoto

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por su guía y bendiciones a lo largo de este camino, por darme la fortaleza, la salud y las oportunidades para alcanzar esta meta tan anhelada.

A mis padres, cuyo amor, apoyo incondicional y sacrificio han sido fundamentales en cada paso de mi vida. Gracias por brindarme una educación llena de valores y enseñanzas que han forjado la persona que soy hoy.

A mis hermanos, por su apoyo constante, palabras de aliento y por ser una fuente de motivación en los momentos más desafiantes. A toda mi familia, quienes, de una u otra forma, han contribuido con su cariño, respaldo y consejos para que pudiera cumplir este objetivo de obtener mi título como Ingeniero en Electricidad. Su presencia ha sido esencial en este logro, y siempre llevaré su apoyo en mi corazón.

Alexander Israel González Chacón

INDICE

PORTADA	i
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE IMÁGENES	xi
INDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
ACRÓNIMOS	xvi
CAPÍTULO I	1
1.1. TITULO	1
1.2. INTRODUCCIÓN	1
1.3. PROBLEMA DE ESTUDIO.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN	3
1.5. OBJETIVOS	3
1.5.1. Objetivo General.....	3
1.5.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5.3. MARCO HIPOTÉTICO.....	4
CAPITULO II.....	5
2.1. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.1. Energías Renovables	5
2.1.1.1. Energía solar	5
2.1.1.2. Energía eólica.....	6
2.1.1.3. Energía hidráulica	6
2.1.1.4. Energía geotérmica.....	6

2.1.1.5.	Energía mareomotriz.....	7
2.1.1.6.	Energía undimotriz (de las olas)	7
2.1.1.7.	Hidrógeno verde	8
2.1.2.	Ventajas y desventajas de las energías renovables.....	8
2.1.2.1.	Ventajas	8
2.1.2.2.	Desventajas	9
2.1.3.	El sol en la Tierra.....	9
2.1.4.	Energía Solar Fotovoltaica.....	9
2.1.4.1.	Tabla comparativa sobre las ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica	10
2.1.5.	Efecto Fotovoltaico.....	10
2.1.6.	Funcionamiento de una célula fotovoltaica.....	10
2.1.6.1.	Tipos de células fotovoltaicas	11
2.1.7.	Principios de la energía fotovoltaica	12
2.1.8.	Conexión entre paneles	13
2.1.9.	La radiación Solar	14
2.1.9.1.	Tipos de radiación solar	14
2.1.9.1.1.	Radiación directa.....	14
2.1.9.1.2.	Radiación difusa.....	14
2.1.9.1.3.	Radiación global	15
2.1.10.	Orientación y ángulos de inclinación de panel solar.....	15
2.1.11.	Norma ecuatoriana de la construcción (NEC).....	16
2.1.12.	Hora solar pico.....	17
2.1.13.	Sistemas fotovoltaicos.....	17
2.1.13.1.	Funcionamiento Básico y Componentes de un Sistema Fotovoltaico.....	17
2.1.13.2.	Componentes principales	18
2.1.13.2.1.	Paneles solares	18
2.1.13.2.2.	Inversores	18
2.1.13.2.3.	Controladores de carga	19
2.1.13.2.4.	Baterías	20

2.1.14. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	21
2.1.14.1. Instalaciones aisladas de la red eléctrica	21
2.1.14.2. Instalaciones conectadas a la red eléctrica	22
2.1.14.2.1. Comparación de Sistemas.....	23
2.1.14.3. Instalaciones de sistemas fotovoltaico hibridas.....	23
2.1.14.3.1. Configuración en corriente continua (CC).....	24
2.1.14.3.2. Configuración en corriente alterna (CA)	24
2.1.14.3.3. Comparación entre configuración CC y CA.....	25
2.1.15. PVsyst	26
2.1.16. Nasa Power	27
CAPITULO III.....	28
3.1. DESARROLLO DEL FUNCIONAMIENTO	28
3.1.1. Tablas de cargas eléctricas de las bodegas xuri s.a.....	28
3.1.2. Consumo mensual de la energía eléctrica	29
3.1.3. Consumo de cargas críticas a respaldar	30
3.2. DESARROLLO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	31
3.2.1. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación del panel solar	31
3.2.2. Cálculo de la potencia del fotovoltaica para un sistema on-grid	32
3.2.3. Demanda de energía diaria.....	33
3.2.4. Cálculo de números de paneles solares.....	34
3.3. SIMULACIÓN MEDIANTE PROGRAMA	34
3.3.1. Sitio geográfico.....	35
3.4. SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID	38
3.5. SIMULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID	39
3.6. RESUMEN DEL PROYECTO Y DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID	40
3.6.1. Perdidas del conjunto	40
3.7. SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO	41

3.7.1. Cálculo de la potencia del fotovoltaica para un sistema hibrido.....	41
3.7.2. Cálculo de la capacidad del banco de baterías.....	42
3.7.3. Cálculo de números de paneles solares para sistema fotovoltaico hibrido	42
3.8.1. Perdidas del conjunto.....	43
CAPITULO IV	44
4.1. ANÁLISIS Y RESULTADOS	44
4.1.1. Resultados del proyecto y del sistema fotovoltaico on-grid	44
4.1.2. Resultados del proyecto y del sistema fotovoltaico hibrido.....	46
4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS SOBRE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.	48
4.2.1. Comparación entre ambos sistemas	48
4.3. CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES	49
4.4. PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES.....	49
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	55

INDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1: Paneles Solares	5
IMAGEN 2: Molinos de viento	6
IMAGEN 3: Hidroeléctrica.....	6
IMAGEN 4: Central Geotérmica.....	7
IMAGEN 5: Sistema de generación mareomotriz	7
IMAGEN 6: Simulación computacional de imágenes de un equipo para la captación de energía undimotriz.....	7
IMAGEN 7: Representación de hidrogeno verde	8
IMAGEN 8: Panel solar de silicio puro monocristalino.....	11
IMAGEN 9: Panel solar de silicio puro policristalino	11
IMAGEN 10: Panel solar basado en silicio amorfo	12
IMAGEN 11: Terminología fotovoltaica.....	12
IMAGEN 12: Conexión en paralelo	13
IMAGEN 13: Conexión en serie.....	13
IMAGEN 14: Conexión en serie-paralelo.....	14
IMAGEN 15: Orientación e inclinación del panel solar.....	15
IMAGEN 16: Paneles Solares	18
IMAGEN 17: Inversor Solar.....	18
IMAGEN 18: Función del inversor.....	19
IMAGEN 19: Regulador de carga PWM.....	19
IMAGEN 20: Regulador de carga MPPT	20
IMAGEN 21: Baterías	20
IMAGEN 22: Sistema fotovoltaico aislada a la red	22
IMAGEN 23: Sistema fotovoltaico conectado a la red	22
IMAGEN 24: Sistema fotovoltaico hibrido	23
IMAGEN 25: Configuración en corriente continua CC.....	24
IMAGEN 26: Configuración en corriente alterna CA.....	25
IMAGEN 27: Comparación entre configuración CC y AC.....	25
IMAGEN 28: Programa PVsyst.....	26
IMAGEN 29. Programa NASA POWER.....	27
IMAGEN 30: NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER)	33
IMAGEN 31: Ventana principal del programa PVsyst 7.4	35
IMAGEN 32: Coordenadas geográficas para el simulador	35
IMAGEN 33: Importación de datos meteorológicos.....	36
IMAGEN 34: Parámetros meteorológicos para el dimensionamiento fotovoltaico.....	37
IMAGEN 35: Parámetros principales para el sistema fotovoltaico	38
IMAGEN 36: Inclinación del plano	38
IMAGEN 37: Configuración y Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico.....	39

IMAGEN 38: Resumen del proyecto y del sistema	40
IMAGEN 39: Perdidas del conjunto	40
IMAGEN 40: Resumen del proyecto y del sistema híbrido	43
IMAGEN 41: Perdidas del conjunto	43
IMAGEN 42: Resultados Principales y Balances	44
IMAGEN 43: Diagrama de perdidas.....	45
IMAGEN 44: Grafico del plano receptor solar	45
IMAGEN 45: Resultados principales y balances	46
IMAGEN 46: Diagrama de perdidas.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ventajas y desventajas de la Energía Solar Fotovoltaica.....	10
Tabla 2: Tipos de sistemas fotovoltaicos	21
Tabla 3: Comparación de sistemas solares fotovoltaicos conectadas a la red o interconectadas y los autónomos o aislados a la red	23
Tabla 4: Potencia total de las bodegas y oficinas.....	29
Tabla 5: Consumo total diario de los circuitos instalados.....	29
Tabla 6: Cargas críticas y su consumo diario.....	30
Tabla 7: Hora Solar Pico.....	33
Tabla 8: Comparación entre el sistema fotovoltaico conectado a la red y Híbrido.....	48
Tabla 9: Cronograma y actividades.....	49
Tabla 10: Presupuesto de actividades	49

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema híbrido de energía fotovoltaica para las bodegas de la compañía XURI S.A., como un modelo práctico que pueda ser implementado en sus instalaciones ubicadas en La Troncal, provincia del Cañar, Ecuador. El diseño está orientado a garantizar un suministro eléctrico confiable y eficiente tanto para las oficinas administrativas como para las bodegas de almacenamiento, mediante la integración de energía solar fotovoltaica con un sistema de respaldo convencional.

El desarrollo del proyecto comienza con un análisis detallado de la demanda energética de las instalaciones, teniendo en cuenta las necesidades específicas de cada área. Para las oficinas administrativas, se busca proporcionar una fuente continua y estable de energía para el funcionamiento de equipos electrónicos e informáticos. Por su parte, en las bodegas se prioriza el suministro energético para iluminación y sistemas de carga necesarios para las operaciones logísticas. Con base en este análisis, se dimensionarán los componentes principales del sistema, como los paneles solares y el inversor, utilizando el software especializado PVsyst para validar su viabilidad técnica y el rendimiento operativo.

Cabe destacar que el proyecto será desarrollado completamente en PVsyst, con un enfoque adaptado a las condiciones específicas de La Troncal, promoviendo la implementación de tecnologías limpias que mejoren la eficiencia energética de la compañía y contribuyan a la protección del medio ambiente.

ABSTRACT

This project aims to design a hybrid photovoltaic energy system for the warehouses of XURI S.A. as a practical model to be implemented in its facilities located in La Troncal, Cañar province, Ecuador. The design is focused on ensuring a reliable and efficient power supply for both the administrative offices and storage warehouses by integrating solar photovoltaic energy with a conventional backup system.

The project development begins with a detailed analysis of the energy demand of the facilities, taking into account the specific requirements of each area. For the administrative offices, the goal is to provide a continuous and stable energy source to support the operation of electronic and IT equipment. Meanwhile, in the warehouses, priority is given to energy supply for lighting and charging systems necessary for logistical operations. Based on this analysis, the main system components, such as solar panels and the inverter, will be sized using the specialized PVsyst software to validate their technical feasibility and operational performance.

It is worth noting that the project will be entirely developed using PVsyst, with a focus tailored to the specific conditions of La Troncal. This approach promotes the adoption of clean technologies that enhance the company's energy efficiency and contribute to environmental protection.

ACRÓNIMOS

- CENASE: Corporación Centro Nacional de Energía
- ONSHORE: En tierra
- OFFSHORE: En mar
- NEC: Norma Ecuatoriana de la Construcción
- W: Vatios
- HSP: Hora Solar Pico
- SGDA: Sistema de Generación Distribuida para Autoabastecimiento
- kWh/m²: Kilovatios por hora y por metro cuadrado
- W/m²: Irradiancia
- MJ/m²: Megajulios por metro cuadrado
- SFA: Amperios del factor de servicio
- CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad del Ecuador
- V: Voltios
- kW: Kilovatio
- kWh/kWp/año: medida que indica la cantidad de energía eléctrica que genera un sistema fotovoltaico en un año y su capacidad máxima de generación
- PR: proporción de rendimiento

CAPÍTULO I

1.1. TITULO

Diseño de un sistema de energía fotovoltaico híbrido para las bodegas de la compañía Xuri s.a.

1.2. INTRODUCCIÓN

La reducción proyectada de las reservas de combustibles fósiles, junto con el cambio climático ha fomentado en los últimos tiempos un creciente interés a nivel global en la sociedad por la investigación, el desarrollo y la implementación de energías renovables. Estas fuentes abarcan una variedad de tipos, como la energía que viene del viento, es decir, la eólica, marina, geotérmica y la obtenida a partir de biomasa, entre otras. Dentro de estas alternativas sostenibles, la energía fotovoltaica se destaca debido a su capacidad para transformar directamente la radiación solar en la electricidad a través de uso de celdas fotovoltaicas.

El uso de la energía solar fotovoltaica se desarrolla en dos principales enfoques: uno destinado a sistemas interconectados a la red eléctrica y otro dirigido a sistemas independientes, diseñados para abastecer de electricidad a zonas remotas donde no llegan las redes de distribución [1].

El crecimiento sostenido del consumo energético y la necesidad de adoptar fuentes de energía limpia y renovable han impulsado la implementación de sistemas alternativos en el ámbito industrial y empresarial. En este contexto, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de energía fotovoltaico híbrido para las bodegas y oficinas administrativas de la compañía XURI S.A., con el fin de reducir los costos operativos, mejorar la eficiencia energética y contribuir a la sostenibilidad ambiental.

El crecimiento de la demanda de energía y servicios asociados está impulsado por la búsqueda del desarrollo social y económico, así como por la mejora del bienestar y la salud de las personas. Todas las sociedades requieren servicios energéticos para satisfacer necesidades esenciales, como iluminación, cocina, climatización, transporte y comunicación, además de ser fundamentales para los procesos productivos [2].

La propuesta se enmarca en un estudio de investigación cuantitativa, donde se analizarán las necesidades energéticas específicas de dos áreas fundamentales: las oficinas administrativas, donde se requiere una fuente confiable y continua de energía para equipos informáticos y otros dispositivos electrónicos, y las bodegas de almacenamiento, donde la demanda de energía está relacionada con iluminación y sistemas de carga para operaciones logísticas.

La implementación de un sistema fotovoltaico híbrido no solo busca garantizar el suministro eléctrico en ambas áreas, sino también optimizar su funcionamiento mediante la combinación de energía solar y respaldo convencional, permitiendo así una transición progresiva hacia fuentes de energía renovables. Este proyecto pretende servir como un modelo replicable para otras instalaciones industriales, demostrando la viabilidad técnica y económica de este tipo de soluciones.

A lo largo del desarrollo del trabajo, se abordarán aspectos clave como la evaluación de la demanda energética, el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y la integración con la red eléctrica existente. Finalmente, los resultados proporcionarán una base sólida para futuras implementaciones y contribuirán a la eficacia energética y obligaciones ambientales.

1.3. PROBLEMA DE ESTUDIO

Debido a la problemática que está pasando el país con la crisis energética la cual tiene una disminución de energía por 10 horas en el día, la compañía XURI SA afronta un desafío relacionado con el suministro eficiente y sostenible de energía eléctrica para dos áreas críticas: las oficinas administrativas y las bodegas, donde se realizan las operaciones de despacho y envío de productos. Actualmente, la empresa depende exclusivamente de la red eléctrica convencional, lo que genera costos elevados y exponen a la compañía a fluctuaciones en el precio de la energía y posibles cortes de suministro.

El crecimiento sostenido de la demanda energética debido a la expansión de las actividades logísticas y administrativas ha incrementado el consumo de electricidad, impactando negativamente los costos operativos. Además, la necesidad de reducir la huella de carbono y adoptar prácticas más sostenibles impulsa a la empresa a buscar fuentes alternativas de energía que permitan un suministro.

1.4. JUSTIFICACIÓN:

El diseño del sistema de energía fotovoltaico para las bodegas de XURI S.A se justifica tanto desde el punto de vista operativo como estratégico. La empresa enfrenta dificultades en sus operaciones debido a los continuos cortes de luz, los cuales afectan la continuidad de sus procesos logísticos y generan pérdidas económicas.

Esta situación hace evidente la necesidad de un suministro eléctrico confiable y eficiente en donde debe de asegurar la continuidad de las actividades esenciales en las bodegas.

La implementación de un sistema de energía renovable permitirá a XURI S.A alinearse con normativas ambientales vigentes y optimizar el consumo energético mediante el aprovechamiento de una fuente limpia y renovable.

1.5. OBJETIVOS:

1.5.1. Objetivo General:

- Diseñar un sistema de energía fotovoltaica para las bodegas de la compañía XURI S.A, utilizando análisis de carga y simulación mediante software que satisfaga el consumo energético.

1.5.2. Objetivos Específicos:

- Analizar el consumo eléctrico total de las bodegas y oficina durante un periodo de un año, para identificar la demanda energética así estableciendo una base respecto al diseño del sistema fotovoltaico.
- Realizar los debidos cálculos para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico considerando la capacidad de generación, y el tamaño de los paneles así garantizando su viabilidad técnica.
- Diseñar el sistema mediante el software PVsyst verificando su rendimiento así garantizando que el sistema cumpla con los requerimientos energéticos y funcione de manera eficiente y estable.

1.5.3. MARCO HIPOTÉTICO

El propósito de este proyecto es proporcionar a XURI SA una solución energética sostenible que permita reducir su dependencia de fuentes de energía convencionales, logrando así una disminución en sus costos operativos y su impacto ambiental. A través del diseño de un sistema de energía fotovoltaica eficiente y adaptado a las necesidades de las bodegas y oficinas de la compañía, se pretende optimizar el consumo energético mediante el aprovechamiento de la energía solar.

Este proyecto no solo busca satisfacer la demanda eléctrica actual, sino también promover el uso de tecnologías limpias que contribuyan a la visión de sostenibilidad de la empresa, mejorando su responsabilidad ambiental y competitividad en el mercado.

El proyecto de un sistema de energía fotovoltaica conectado a la red para las bodegas de XURI SA tiene como objetivo optimizar el consumo eléctrico mediante el uso de una fuente renovable, promoviendo así la sostenibilidad en el ámbito empresarial. Este proyecto se centra en realizar un análisis minucioso del consumo eléctrico de las instalaciones, tanto en bodegas como en oficinas, para establecer una base sólida sobre la cual dimensionar un sistema eficiente. La utilización de software especializado, como PVsyst, facilita la simulación del rendimiento de los paneles y permite ajustar el diseño según las necesidades energéticas específicas.

Este sistema fotovoltaico no solo se plantea para reducir los costos asociados al consumo de energía convencional, sino también para favorecer a la conservación del medio ambiente con la disminución de emisiones de CO₂. Se efectuarán cálculos detallados que consideren la capacidad de generación y el tamaño de los paneles, con el objetivo de asegurar la viabilidad técnica y la estabilidad operativa del sistema. El diseño final debe responder a las demandas energéticas detectadas en el análisis inicial y proporcionar un suministro confiable y eficiente.

CAPITULO II

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Energías Renovables.

En nuestro país, el significado de los recursos renovables no había tenido tanta relevancia como en la actualidad. Esto se debe a la creciente preocupación, tanto a nivel nacional como global, por el calentamiento global, un fenómeno caracterizado por el incremento de la temperatura del planeta. Diversos factores contribuyen a esta problemática, entre ellos, las actividades humanas y el incremento en la demanda de combustibles fósiles. Según la OMS da como advertencia que su uso es una amenaza para la sociedad [3].

De acuerdo con información del Operador Nacional de Electricidad (Cenace) en Ecuador, el 72% de la generación eléctrica proviene de fuentes hídricas. Esta alta dependencia ha contribuido a la actual crisis energética que enfrenta el país, en gran medida debido a la sequía que afecta tanto a nivel nacional como regional. Ante esta situación, las autoridades buscan diversificar la matriz energética, considerando distintas alternativas.

2.1.1.1. Energía solar

La energía solar aprovecha la radiación del sol como fuente para generar electricidad o calor. Se divide principalmente en dos categorías: la energía fotovoltaica, que transforma de forma directa la luz solar en electricidad gracias a los paneles solares, y la energía solar térmica, que emplea el calor del sol para generar altas temperaturas a fluidos, generando vapor que impulsa turbinas eléctricas.



IMAGEN 1. Paneles Solares.

Fuente: file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-EnergiaSolarFotovoltaicaEnInstitucionesEducativas-9776474.pdf

2.1.1.2. Energía eólica

La energía eólica se cual es producida por la potencia del viento, aprovechada por aerogeneradores que transforman el movimiento de sus aspas en electricidad. Esta tecnología es ampliamente implementada en zonas con corrientes de viento intensas, tanto en tierra (onshore) como en el mar (offshore). Actualmente, la energía eólica se considera una de las fuentes renovables más establecidas.



IMAGEN 2. Molinos de viento.

Fuente: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/gobierno-nacional-pone-en-operacion-el-parque-eolico-mas-grande-del-ecuador/>

2.1.1.3. Energía hidráulica

La energía hidráulica se beneficia de la fuerza del agua en movimiento, proveniente de ríos o embalses, para accionar turbinas y producir electricidad. Es una de las fuentes renovables más antiguas y continúa siendo una de las más empleadas a nivel global.



IMAGEN 3. Hidroeléctrica.

Fuente: <https://www.celec.gob.ec/gensur/noticias/ecuador-se-consolida-como-exportador-de-energia-a-peru-y-colombia/>

2.1.1.4. Energía geotérmica

La energía geotérmica aprovecha el calor del interior de la Tierra, extrayendo vapor o agua caliente acumulada bajo la superficie para producir electricidad o proporcionar calefacción. Es una fuente renovable y estable, especialmente eficiente en áreas con actividad volcánica o geotérmica.



IMAGEN 4. Central Geotérmica.

Fuente: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/chachimbiro-imbabura-tendra-la-primera-central-de-generacion-electrica-con-energia-geotermica/>

2.1.1.5. Energía mareomotriz

La energía mareomotriz aprovecha el desplazamiento de las mareas para producir electricidad. Su funcionamiento se basa en turbinas ubicadas en zonas donde las variaciones del nivel del mar son considerablemente pronunciadas.



IMAGEN 5. Sistema de generación mareomotriz.

Fuente: file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-SistemasDeProduccionYPotencialEnergeticoDeLaEnergi-6096218%20(1).pdf

2.1.1.6. Energía undimotriz (de las olas)

La energía undimotriz genera electricidad gracias al desplazamiento de las olas del mar. Este tipo de energía renovable tiene un gran potencial, especialmente en regiones costeras con fuerte actividad oceánica.

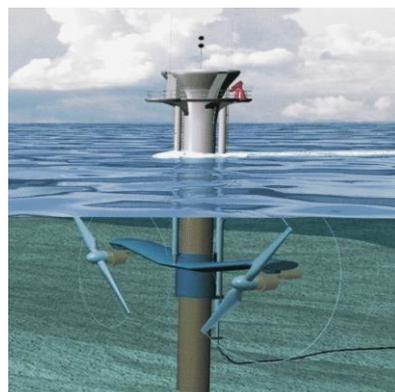


IMAGEN 6. Simulación computacional de imágenes de un equipo para la captación de energía undimotriz.

Fuente: <https://es.vernet-group.com/solutions/power-energy/industry/renewable-energy/renewable-energy-product-lines/wave-energy/>

2.1.1.7. Hidrógeno verde

A través del tratamiento de la electrólisis del agua se genera el hidrógeno verde, utilizando electricidad proveniente de fuentes renovables como la hidráulica, solar o eólica. Este tipo de hidrógeno es una alternativa limpia y sostenible para reducir la dependencia de combustibles fósiles [4].

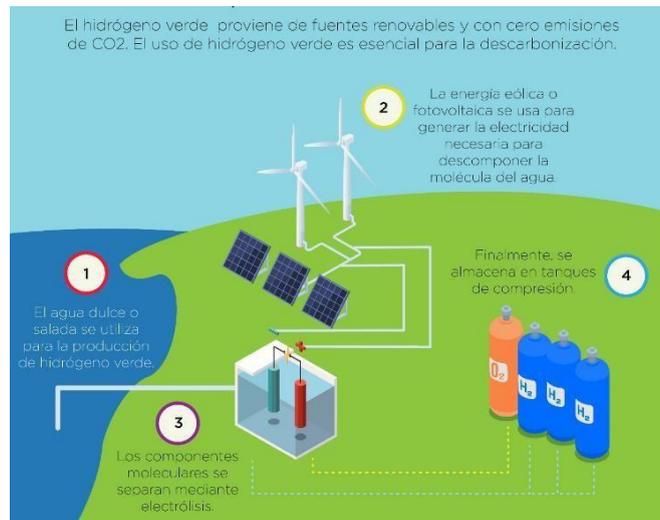


IMAGEN 7. Representación de hidrógeno verde.

Fuente: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-disena-hoja-de-ruta-para-la-produccion-y-uso-de-hidrogeno-verde-con-el-objetivo-de-avanzar-hacia-la-transicion-energetica/>

2.1.2. Ventajas y desventajas de las energías renovables.

2.1.2.1. Ventajas

- Las fuentes de energía renovable son inagotables.
- La energía renovable es fiable.
- La energía renovable es amigable con el medio ambiente.
- La energía renovable puede favorecer la salud pública.
- Las tecnologías renovables generan numerosos empleos.
- Las tecnologías renovables requieren menores costos de mantenimiento.
- La energía renovable puede mitigar las fluctuaciones en los precios de la energía.
- La energía renovable puede fortalecer la independencia económica de los países.
- Los residuos pueden aprovecharse en tecnologías renovables.

2.1.2.2. Desventajas

- La energía renovable no está disponible todo el día.
- La eficiencia de las tecnologías renovables es limitada.
- La inversión inicial en energía renovable es elevada.
- Los lugares destinados a la energía renovable requieren grandes extensiones de terreno.
- Los equipos de energía renovable requieren reciclaje [5].

2.1.3. El sol en la Tierra

El Sol representa la fuente primordial de energía que hace posible la vida en nuestro planeta. Emite de manera continua una potencia de sesenta y dos mil seiscientos kilovatios por metro cuadrado de su superficie. Este proceso ha tenido lugar durante aproximadamente cuatro mil quinientos millones de años y se prevé que se prolongue por otros cinco mil millones de años. En relación con la existencia humana, esto lo convierte en una fuente de energía prácticamente inagotable.

Su aprovechamiento eficiente podría transformar el futuro energético del planeta [6].

2.1.4. Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica posee tanto ventajas como desventajas, abarcando aspectos técnicos y no técnicos. En muchos casos, sus beneficios y limitaciones contrastan directamente con los de las centrales térmicas que utilizan combustibles fósiles. Mientras que estas últimas generan emisiones contaminantes, dependen de recursos finitos, tienen costos en aumento y carecen de modularidad para adaptarse a diferentes escalas, la energía solar fotovoltaica no enfrenta estos problemas.

Sin embargo, una de sus principales desventajas es la complejidad del almacenamiento de la energía generada. A pesar de sus diferencias, ambas tecnologías destacan por su alta fiabilidad [7].

2.1.4.1. Tabla comparativa sobre las ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica.

Ventajas	Desventajas
Ecológica, sustentable, silenciosa, inagotable.	Alta financiación inicial.
Incentivos económicos por la generación de energía para la red.	Dificultad en el almacenaje.
Apoyo financiero y subsidios.	Producción y ensamblaje de paneles costosos y complejo.
Rápida recuperación de la inversión energética.	Menor competitividad frente a otras fuentes energéticas actuales.
Diseño modular y sin componentes mecánicos móviles.	Variabilidad en la producción según el clima y la estación del año.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la Energía Solar Fotovoltaica

2.1.5. Efecto Fotovoltaico

El principio básico detrás del funcionamiento de una célula fotovoltaica (FV) es el efecto fotovoltaico, que posibilita la conversión de la luz solar en electricidad. La luz solar se compone de fotones, que son partículas de energía que varían en intensidad según la longitud de onda dentro del espectro solar.

Los fotones cuando impactan con una célula FV, se podrían reflejar, atravesarla o ser absorbidos. Solo los fotones absorbidos contribuyen a la generación de electricidad. Al ser absorbido, un fotón transfiere su energía a un electrón dentro de un átomo de la célula, permitiéndole liberarse de su estado original y desplazarse, lo que facilita la creación de una corriente eléctrica dentro de un circuito [8].

2.1.6. Funcionamiento de una célula fotovoltaica.

Las células fotovoltaicas son sistemas que convierten la radiación solar en energía eléctrica, mediante un mecanismo en el cual la luz incidente sobre un material semiconductor compuesto por dos capas produce un contraste de potencial eléctrico sobre estas [9].

2.1.6.1. Tipos de células fotovoltaicas.

- Celdas Fotovoltaicas de silicio puro monocristalino

Reciben este apelativo debido a que tienen segmentos de una barra de silicio que se encuentra completamente definida en una única pieza.



IMAGEN 8. Panel solar de silicio puro monocristalino

Fuente: <https://albasolar.es/silicio-monocristalino-y-policristalino-diferencias/>

- Celdas Fotovoltaicas de Silicio Puro Policristalino

Las celdas fotovoltaicas de silicio policristalino son parecidas a las de silicio puro, pero se diferencian en los métodos de cristalización del silicio empleados. Los paneles o celdas policristalinas se producen a partir de estructuras de silicio desordenadas que forman cristales de tamaño reducido.



IMAGEN 9. Panel solar de silicio puro policristalino

Fuente: <https://albasolar.es/silicio-monocristalino-y-policristalino-diferencias/>

- Celda de Película Delgada o Silicio Amorfo

La celda de película delgada o silicio amorfo también está basada en silicio, similar a las celdas mencionadas anteriormente, pero se diferencia en que este material no presenta una estructura cristalina definida [10].



IMAGEN 10. Panel solar basado en silicio amorfo.

Fuente:

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11503/1/Gonz%C3%A1lez%20Malla%20Edgar%20Emanuel.pdf>

2.1.7. Principios de la energía fotovoltaica

La celda fotovoltaica constituye la unidad fundamental de un sistema de energía solar. Se trata de un dispositivo eléctrico con un grosor aproximado de 0,2 mm (equivalente a una centésima de pulgada) que transforma la radiación solar en corriente eléctrica continua mediante el efecto fotovoltaico. Su funcionamiento no requiere el uso de combustibles y su vida útil mínima es de 25 años. Además, estas celdas tienen el potencial de generar una cantidad significativa de la electricidad demandada [11].

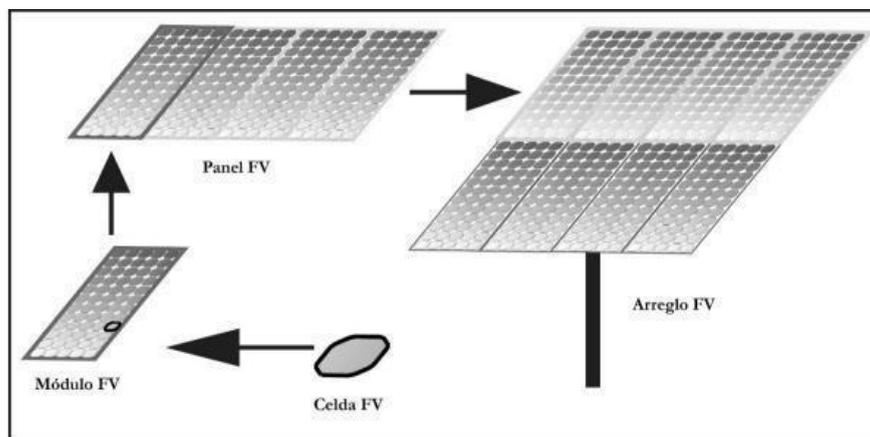


IMAGEN 11. Terminología fotovoltaica

Fuente: <https://www.solarenergy.org/wp-content/uploads/2019/11/Fotovoltaica-Condensed.pdf>

2.1.8. Conexión entre paneles

En una configuración en paralelo, los terminales positivos se conectan entre sí en la parte superior, mientras que los terminales negativos se agrupan en la parte inferior, como se muestra en la siguiente ilustración.

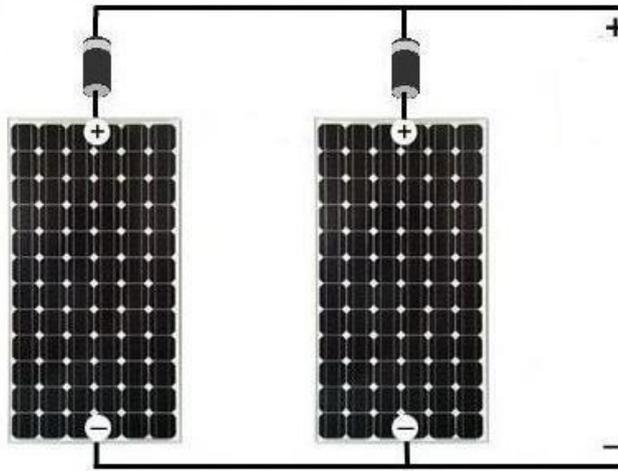


IMAGEN 12. Conexión en paralelo

Fuente: https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf

En una conexión en serie, el borde positivo del polo de un panel se enlaza con el borde negativo del polo que está a continuación, repitiendo este patrón de manera sucesiva, como se muestra en la figura inferior [12].

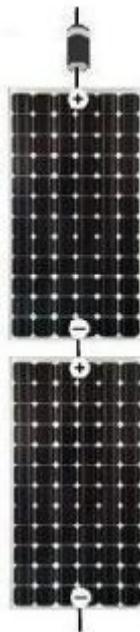


IMAGEN 13. Conexión en serie

Fuente: https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf

La conexión combinada en serie y paralelo se utiliza para aumentar tanto la tensión como la corriente. Es el tipo de configuración requerido cuando se operan sistemas de 48V, utilizando al menos 4 paneles de 24V [13].

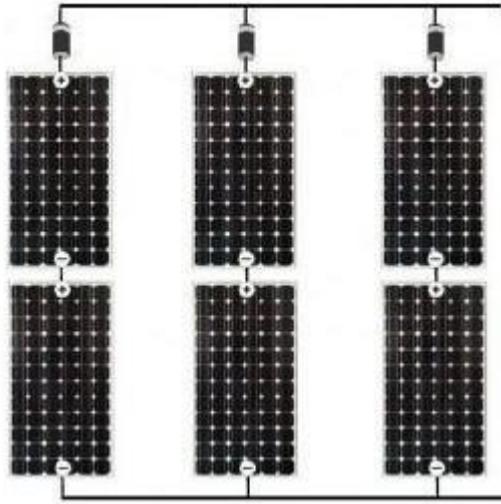


IMAGEN 14. Conexión en serie-paralelo

Fuente: https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf

2.1.9. La radiación Solar

Es un factor clave en el diseño de energía solar fotovoltaica, ya que esta cambia según la ubicación geográfica, influenciada por las condiciones climáticas. Por ello, es crucial disponer de un sistema que monitoree la radiación solar de un área específica, con el fin de diseñar de manera eficiente un sistema fotovoltaico. Un monitoreo adecuado permite optimizar el rendimiento y la viabilidad económica [14].

2.1.9.1. Tipos de radiación solar

2.1.9.1.1. Radiación directa

Se denomina radiación directa o rayo a la radiación proveniente del sol que no ha sido ni absorbida ni dispersada por la atmósfera. Esta radiación es la que llega de manera más intensa y directa a la tierra, esto ocurre cuando el sol está en su lugar más alto.

2.1.9.1.2. Radiación difusa

Es la radiación solar que viene a la zona terrestre después de que su dirección ha sido alterada debido a la dispersión en la atmósfera.

Esta radiación es menos intensa que la directa y es responsable de iluminar las áreas sombreadas, ya que llega desde diferentes direcciones.

2.1.9.1.3. Radiación global

Es la combinación de las radiaciones anteriormente mencionadas que inciden entre un área. Esta radiación total es la que realmente se utiliza en los sistemas fotovoltaicos, ya que incluye tanto la energía proveniente directamente del sol como la que se dispersa a través de la atmósfera [15].

2.1.10. Orientación y ángulos de inclinación de panel solar

Un componente esencial en un proceso fotovoltaico es la distribución que soporta el sistema. Esta ordenación tiene la función de mantener el panel de manera segura, asegurando que resista las inclemencias del tiempo y esté orientado correctamente para optimizar la generación de energía. Para lograr el máximo aprovechamiento de la energía producida por un panel solar, es crucial ubicarlo de forma adecuada respecto al sol, maximizando así la captación de radiación.

La correcta orientación e inclinación de los paneles solares es un factor clave para optimizar su rendimiento energético. En términos de orientación, los módulos deben dirigirse hacia el norte o sur geográfico, ya que esta dirección no siempre coincide exactamente con el norte o sur magnético. Por otro lado, el ángulo de inclinación varía según la latitud del lugar de instalación. En zonas cercanas al ecuador, se recomienda una inclinación menor, mientras que, en regiones más alejadas de este, el ángulo debe ser mayor. Los fabricantes de paneles solares proporcionan directrices específicas para seleccionar la inclinación óptima del sistema [16].

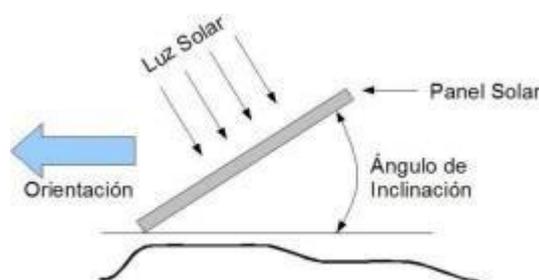


IMAGEN 15. Orientación e inclinación del panel solar.

Fuente: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8579/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-102.pdf>

Las definiciones para examinar la superficie terrestre son las siguientes:

- **Ángulo de acimut:** Es el ángulo formado por la proyección del sol sobre el plano horizontal, con dirección positiva hacia el oeste (de 0° a 180°) y negativa hacia el este (de 0° a -180°)

- **Ángulo de inclinación:** Es el ángulo entre la superficie del generador que recibe la radiación y la radiación captada por los módulos del panel. Para obtener la máxima radiación, la superficie se coloca perpendicular al eje vertical del lugar.
- **Latitud:** Es la distancia angular entre la intersección de la línea vertical zenit y la línea ecuatorial. Las direcciones indican el signo positivo hacia el norte y negativo hacia el sur, siendo cero grados en el Ecuador.
- **Ángulo zenital:** Es el ángulo formado entre la trayectoria del sol y el eje vertical, representando el ángulo complementario que indica la altura del sol. Se calcula con la siguiente fórmula: $\theta_{ZS} = \text{acos}(\text{sen}(\varnothing) * \text{sen}(\delta) + \text{cos}(\varnothing) * \text{cos}(\omega))$
- **Nadir:** Es el vector opuesto al cenit en la esfera terrestre, conocido como nadir.
- **Altura solar:** Es el ángulo formado entre los rayos solares y la horizontal. Representa el ángulo complementario de la distancia zenital.
- **Declinación:** Es la posición angular entre las direcciones que interceptan el centro del sol y la superficie terrestre en relación con el plano del Ecuador. Dado que el eje de rotación de la Tierra tiene una declinación de 23.45° , esta declinación varía a lo largo del año [17].

2.1.11. Norma ecuatoriana de la construcción (NEC)

Para el proceso de diseño, es fundamental tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Para iluminación: Cada punto de luz debe ser calculado considerando una carga máxima de 100 vatios (W).
- Para tomacorrientes: Para cada salida de tomacorriente, se debe estimar una carga de 200 W.
- Para cargas especiales: Se incluyen aquellos equipos cuya demanda energética supera los 1.500 W, como cocinas eléctricas, vehículos eléctricos, sistemas de calefacción, aires acondicionados, duchas eléctricas, equipos hidroneumáticos, ascensores, dispositivos médicos, calentadores eléctricos de agua, entre otros. En estos casos, el diseño debe considerar la potencia nominal especificada en la placa de cada equipo, así como la cantidad total de dispositivos que serán utilizados [18].

En los sistemas de generación distribuida fotovoltaica, la producción de energía reactiva es mínima, lo que reduce la probabilidad de que se presenten inconvenientes relacionados con un bajo factor de potencia.

Por esta razón, la instalación de un segundo medidor (Mb) en el SGDA tiene menor importancia, ya que la energía generada es mayormente activa y entonces casi siempre no necesitan medidas extras para evitar penalizaciones por parte de la empresa distribuidora. No obstante, si existen otras cargas reactivas en el sitio, podrían generar un desbalance que sí requiera atención [19].

2.1.12. Hora solar pico

La unidad (HSP) se es ampliamente utilizada en el ámbito de la energía solar fotovoltaica y resulta fundamental para el análisis de sistemas solares, como aquellos implementados en escuelas primarias rurales, entre otros. La HSP representa una medida de la irradiación solar y se define como el número de horas en las que, de manera hipotética, la irradiación solar se mantiene constante en 1000 W/m² [12]. En términos de conversión, una hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m² o, de manera equivalente, a 1 kWh/m² [20].

$$1HSP = \frac{1000W \cdot 1h}{m^2} \cdot \frac{3600s}{1h} \cdot \frac{1J}{1W \cdot s} = 3,6 \frac{MJ}{m^2} [20], [21]$$

Ecuación 1: conversión de 1 HSP de MJ/m² a kWh/m²

2.1.13. Sistemas fotovoltaicos

2.1.13.1. Funcionamiento Básico y Componentes de un Sistema Fotovoltaico

La generación de corriente por la radiación se basa en el uso de materiales semiconductores capaces de absorber fotones y liberar electrones. La estructura de la materia está conformada por átomos, los cuales poseen un núcleo con carga positiva y electrones con carga negativa. Esta disposición garantiza la estabilidad del átomo y su neutralidad eléctrica

Desde el punto de vista eléctrico, los materiales se pueden clasificar en tres categorías:

- Conductores. - Poseen electrones de valencia débilmente ligados, lo que les permite desplazarse fácilmente dentro de la estructura cristalina con la influencia de un pequeño estímulo externo.
- Semiconductores. - Sus electrones de valencia están más fuertemente ligados al núcleo en comparación con los conductores, pero con una ligera cantidad de energía pueden comportarse como tales.

- Presentan una estructura altamente estable, donde los electrones de valencia están fuertemente unidos al núcleo, requiriendo una gran cantidad de energía para liberarlos [21].

2.1.13.2. Componentes principales:

2.1.13.2.1. Paneles solares

Un panel solar está formado por un conjunto de células fotovoltaicas, generalmente entre 31 y 36, conectadas en serie. La cantidad de células influye directamente en el voltaje de salida, y es el fabricante quien determina el número mínimo necesario para asegurar una carga eficiente del banco de baterías [22].



IMAGEN 16. Paneles Solares.

Fuente: <https://energiasolares.mx/que-deben-saber-sobre-la-inclinacion-de-los-paneles-solares/>

2.1.13.2.2. Inversores

Convierte la CC generada por las placas solares en CA con las mismas especificaciones que la red. Además, incluye dispositivos de seguridad, dominio y medidores para registrar tanto la energía consumida como la energía inyectada a la red, en caso de que exista [23].



IMAGEN 17. Inversor Solar

Fuente: <https://forza-ups-frontend.s3.amazonaws.com/media/img/FIO-F13K48P-5.jpg>

El inversor es un equipo que transforma la CC generada por las placas solares fotovoltaicas o almacenada en las baterías en CA. La corriente alterna es la utilizada en los hogares, donde la mayoría de los electrodomésticos y dispositivos eléctricos operan a una tensión monofásica de 220V o trifásica de 380V. A continuación, se presentan ilustraciones que muestran el esquema del inversor y su ubicación dentro de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red (on-grid) [24].

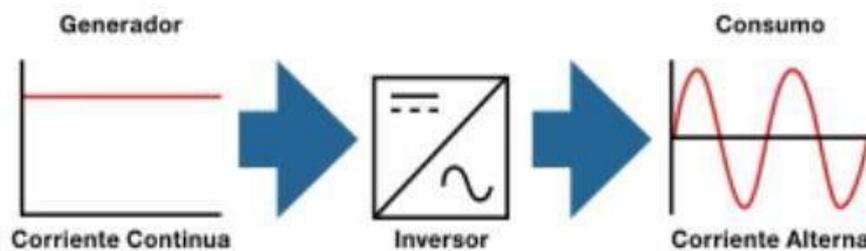


IMAGEN 18. Función del inversor

Fuente: <https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/12/M%C3%B3dulo-4-Inversores-reguladores-bater%C3%ADas.pdf>

2.1.13.2.3. Controladores de carga

El alto costo de los sistemas fotovoltaicos restringe su adopción en generar energía, lo que hace aún más relevante la optimización de la vida útil de todos sus componentes. Entre los elementos que requieren mayor atención están las baterías, las cuales experimentan ciclos diarios de carga y descarga. Estos ciclos repetitivos pueden afectar su rendimiento y durabilidad, por lo que su correcta gestión y mantenimiento son fundamentales para garantizar su eficiencia a largo plazo [25].

Los reguladores PWM. Cuando la batería está suficientemente cargada, el interruptor permanece abierto, pero si el voltaje disminuye, se cierra para iniciar el proceso de carga. Este mecanismo opera mediante dos pulsos de diferente ancho, lo que da origen a la denominación PWM.

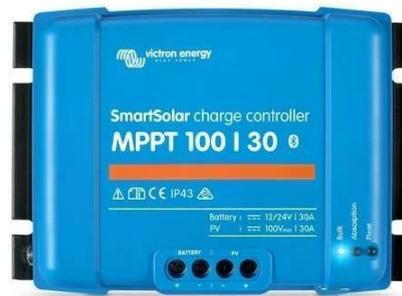


IMAGEN 19. Regulador de carga PWM

Fuente: <https://www.khomp.com/es/produto/controlador-de-carga-pwm/>

Los reguladores MPPT deben su nombre a las siglas en inglés Maximum Power Point Tracker, que se traduce como Seguidor de Punto de Máxima Potencia. También son conocidos como maximizadores, ya que optimizan la producción de los paneles solares para cargar las baterías de manera más eficiente. Además de interrumpir el flujo de corriente cuando las baterías alcanzan su carga completa, estos reguladores permiten que los paneles operen en su punto de máxima potencia, asegurando un mejor rendimiento del sistema [26].

IMAGEN 20. Regulador de carga MPPT



Fuente: <https://www.renova-energia.com/productos/regulador-de-voltaje-bluesolar-mppt-10030/>

2.1.13.2.4. Baterías

Los acumuladores o baterías convierten la energía proveniente de los paneles en energía química. Cuando los paneles producen más electricidad de la que el consumidor necesita, el exceso se almacena en la batería. Así, la función principal de la batería es proporcionar electricidad cuando el sistema fotovoltaico no genera suficiente energía para cubrir las demandas del consumidor [27].



IMAGEN 21. Baterías

Fuente: <https://royalamerica.com/cl/solar/baterias-cl>

Las baterías se recargan con la electricidad generada por los paneles solares a través de un regulador de carga y pueden suministrar energía a la salida del sistema, donde será utilizada.

En las instalaciones fotovoltaicas, las baterías cumplen tres funciones principales:

- Almacenar energía durante un período determinado.
- Suministrar una potencia instantánea elevada.
- Estabilizar la tensión de trabajo del sistema.

Uno de los aspectos clave al seleccionar un acumulador es su capacidad, la cual se define como la cantidad de electricidad que puede entregar cuando se descarga por completo, partiendo de un estado de carga máxima [28].

2.1.14. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos convierten la radiación solar en electricidad, aprovechando una fuente de energía inagotable, disponible localmente, limpia y sin ruido. Sus aplicaciones se clasifican:

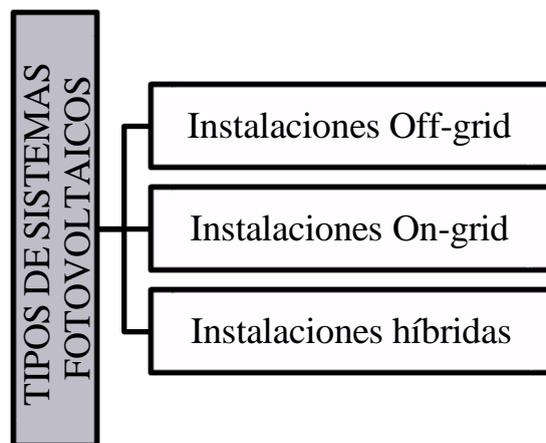


Tabla 2. Tipos de sistemas fotovoltaicos

2.1.14.1. Instalaciones Off-grid

Estos sistemas constan de tres componentes esenciales: un generador de energía, un sistema de control y baterías. La calidad de los sistemas fotovoltaicos se evalúa en función de su capacidad para satisfacer la demanda energética requerida.

Según el CONELEC, las instalaciones fotovoltaicas se consideran instalaciones aisladas de la red, ya que se encuentran en áreas donde la conexión a la red eléctrica convencional sería demasiado costosa.

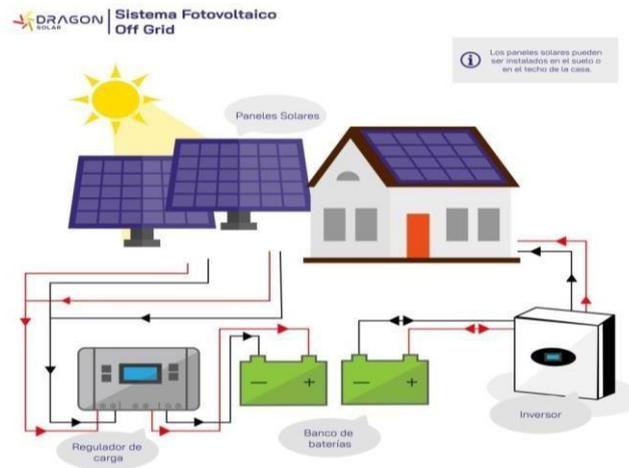


IMAGEN 22. Sistema fotovoltaico aislado a la red.

Fuente: <https://solar.dragoncontractors.com/sistema-fotovoltaico-off-grid/>

2.1.14.2. Instalaciones On-grid

También conocidos como sistemas conectados a la red, estos operan en paralelo con ella. Toda la energía generada por las placas fotovoltaicas se destina completamente a la distribución en la red eléctrica. Son métodos menos costosos porque no requieren baterías, a diferencia de los SFA.

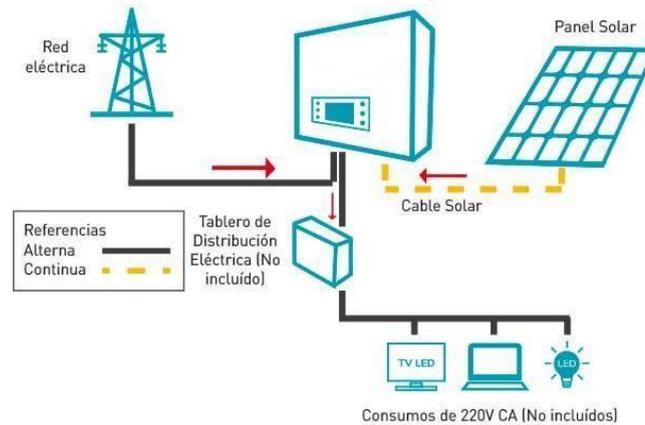


IMAGEN 23. Sistema fotovoltaico conectado a la red.

Fuente: <https://solarea.com.ar/on-grid/>

2.1.14.2.1. Comparación de Sistemas

COSTOS INICIALES	
CONECTADOS A LA RED: Son mas económicos	AUTÓNOMOS: Mayor inversión
COSTOS MANTENIMIENTO	
CONECTADOS A LA RED: Limpieza mínima	AUTÓNOMOS: Además de limpieza, conllevan mas costos por las baterías.
FLEXIBILIDAD	
CONECTADOS A LA RED: Uso sin limitaciones	AUTÓNOMOS: Consumo debe ajustarse a lo planificado
OBLIGACIONES LEGALES	
CONECTADOS A LA RED: Necesitan aprobación de una entidad reguladora	AUTÓNOMOS: No requieren permisos especiales
IMPLEMENTACION	
CONECTADOS A LA RED: Sencilla	AUTÓNOMOS: Mas complejo

Tabla 3. Comparación entre sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red y sistemas fotovoltaicos autónomos o aislados de la red.

2.1.14.3. Instalaciones de sistemas fotovoltaico hibridas

Es una integración entre un sistema On-grid y un sistema Off-grid, permitiendo almacenar electricidad generada en baterías y, al mismo tiempo, inyectarla a la red eléctrica. Esta configuración optimiza el uso de la energía disponible y mejora la eficiencia del sistema [29].

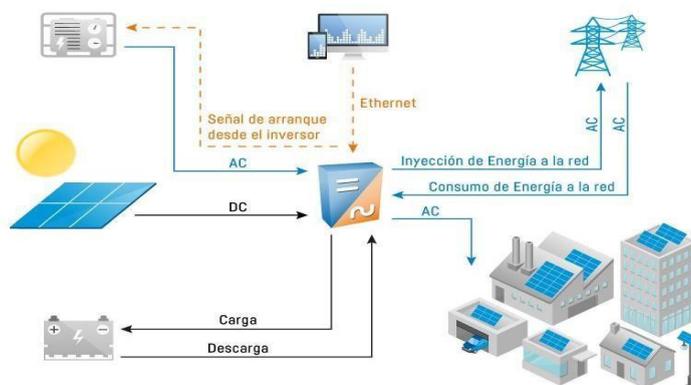


IMAGEN 24. Sistema fotovoltaico híbrido.

Fuente: <https://cing.com.ar/sistema-fotovoltaico-hibrido>

Los sistemas híbridos pueden clasificarse en distintas configuraciones según el tipo de bus de conexión utilizado:

- Acoplamiento en corriente continua (DC coupling)
- Acoplamiento en corriente alterna (AC coupling)
- Acoplamiento mixto, que combina CC y CA

2.1.14.3.1. Configuración en corriente continua (CC)

Esta es una de las configuraciones más tradicionales y pioneras en su implementación. Está compuesta por un generador fotovoltaico, un cargador de baterías, un banco de baterías, un inversor aislado y una carga en corriente alterna (CA).

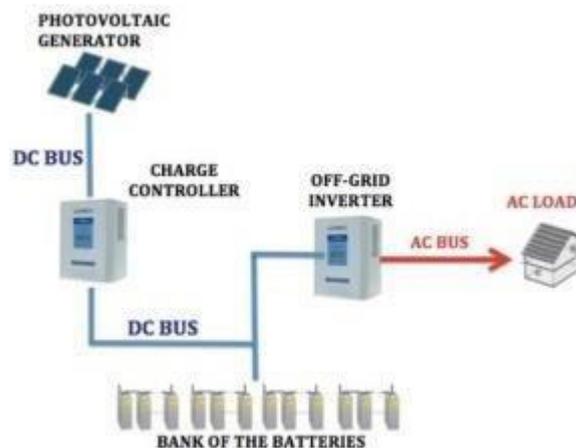


IMAGEN 25: Configuración en corriente continua CC

Fuente: <https://e-archivo.uc3m.es/rest/api/core/bitstreams/3705c954-ca90-4db6-a64c-e646386b322f/content>

Como se observa en la imagen, todos los componentes comparten el bus de corriente continua (CC), a excepción de aquellos que funcionan con corriente alterna (CA). Debido a la ausencia de una conexión directa entre el generador fotovoltaico y la carga, la energía debe pasar a través de un controlador de carga y un inversor aislado.

2.1.14.3.2. Configuración en corriente alterna (CA)

En esta configuración se incorporan nuevos componentes, como se muestra en la imagen 17. Estos incluyen un inversor de conexión a la red y un inversor bidireccional (inversor/cargador).

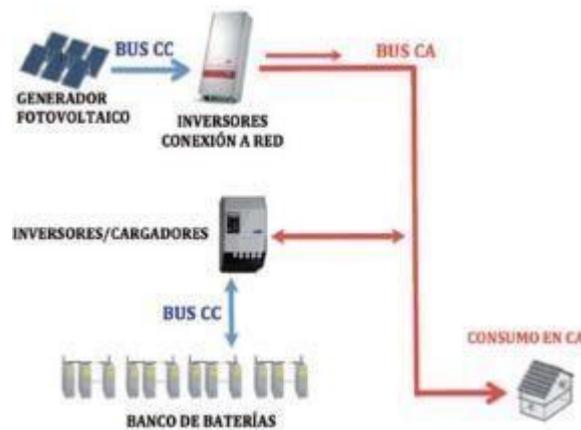


IMAGEN 26: Configuración en corriente alterna CA

Fuente: <https://e-archivo.uc3m.es/rest/api/core/bitstreams/3705c954-ca90-4db6-a64c-e646386b322f/content>

En la imagen se puede apreciar que la principal característica de esta configuración es la utilización de un bus de corriente alterna (CA), generado por el inversor bidireccional, también llamado inversor/cargador. Este inversor funciona como la fuente de CA. A diferencia de la configuración anterior, en este caso, la energía fluye directamente desde la salida del inversor hacia las cargas en CA, sin requerir el paso por un controlador de carga o un inversor aislado.

2.1.14.3.3. Comparación entre configuración CC y CA

Se lleva a cabo una comparación del rendimiento de ambas configuraciones desde una perspectiva energética, considerando dos procesos clave: la carga de las baterías y el uso de la energía, ya sea proveniente del generador fotovoltaico o del banco de baterías, hasta su destino final en el consumo [30].



IMAGEN 27: Comparación entre configuración CC y AC

Fuente: <https://e-archivo.uc3m.es/rest/api/core/bitstreams/3705c954-ca90-4db6-a64c-e646386b322f/content>

En la imagen se tiene que, mientras se emplea energía proveniente del productor fotovoltaico (FV), resulta más eficiente emplear una configuración de corriente alterna (CA). Esto se debe a que el inversor convierte directamente la energía en un formato apto para su uso en la mayoría de los dispositivos y redes eléctricas. Por otro lado, al utilizar la energía almacenada en las baterías, la configuración de corriente continua (CC) es más adecuada, ya que permite minimizar las pérdidas asociadas a las conversiones adicionales entre CC y CA.

Con base en las comparaciones realizadas, se refiere que lo más eficiente es implementar una configuración mixta que combine tanto CC como CA. Este enfoque permite aprovechar las ventajas de cada tipo de configuración según la fuente de energía utilizada, maximizando la eficiencia del sistema y adaptándose mejor a las necesidades de los distintos componentes y consumos del sistema eléctrico.

A continuación, se presenta las características del software que se utilizaran para ejecutar el sistema:

2.1.15. **PVsyst:**

Este software está creado para el estudio, simulación y análisis profundo de sistemas fotovoltaicos. Facilita el cálculo y dimensionamiento de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar disponible según la ubicación, gracias a su base de datos meteorológica. También ofrece la posibilidad de diseñar en 3D e incluye la simulación del recorrido solar durante el día, lo que permite realizar una evaluación precisa de las sombras proyectadas [31].



IMAGEN 28 : Programa PVsyst

Fuente: <https://www.pvsyst.com/>

2.1.16. Nasa Power

Ofrece datos solares y meteorológicos basados en investigaciones de la NASA, respaldando el desarrollo de energías renovables, la eficiencia energética en edificaciones y las necesidades del sector agrícola.

Es una aplicación web responsiva que ofrece subconjuntos de datos, gráficos y herramientas de visualización [32].



IMAGEN 29. Programa NASA POWER

Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/>

CAPITULO III

3.1. DESARROLLO DEL FUNCIONAMIENTO

3.1.1. Tablas de cargas eléctricas de las bodegas Xuri s.a.

Como se muestra en la tabla #4, se detallan todos los equipos eléctricos presentes en las bodegas. Este registro permite obtener un informe preciso de la carga total suministrada. A través de un análisis técnico de los circuitos, se identificará la potencia total instalada, con el objetivo de recopilar todos los datos necesarios para dimensionar correctamente el sistema fotovoltaico.

CIRCUITO	DESCRIPCION	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA (W)	TENSION (V)	POTENCIA INSTALADA (W)
TD1	GALPON 1				
C1	ILUMINACION LED BATTEN	36	32	120	1152
C2	ILUMINACION LED BATTEN	27	32	120	864
C3	ILUMINACION LED UFO	2	150	120	300
C4	ILUMINACION APLIQUE DE PARED	10	20	120	200
C5	LAMPARAS DE EMERGENCIA	14	2,4	120	33,6
C6	TOMACORRIENTES	5	250	120	1250
C7	TOMACORRIENTES	6	250	120	1500
C8	ZUNCHADORA FLEJADORA DE CAJAS	2	746	220	1492
TD2	GALPON 2				
C9	ILUMINACION LED BATTEN	20	32	120	640
C10	ILUMINACION LED BATTEN	12	32	120	384
C11	LAMPARAS DE EMERGENCIA	8	2,4	120	19,2
C12	TOMACORRIENTES	4	250	120	1000
C13	TOMACORRIENTES	5	250	120	1250
C14	PISTOLA DE CALOR	1	2000	120	2000
TD3	OFICINA				
C15	ILUMINACION PANEL LED	20	12	120	240
C16	ILUMINACION PANEL LED	16	12	120	192
C17	TOMACORRIENTES	4	250	120	1000
C18	TOMACORRIENTES	8	250	120	2000
C19	TOMACORRIENTES	8	250	120	2000
C20	TOMACORRIENTES	5	250	120	1250
C21	AIRE ACONDICIONADO 24000 BTU	2	1984	220	3968
C22	PORTON ELECTRICO	1	375	120	375
				POTENCIA TOTAL	23109,8

Tabla 4: Potencia total de las bodegas y oficinas

Como podemos ver tenemos una potencia total de **23,10 Kw** de todas las bodegas y oficina.

3.1.2. Consumo mensual de la energía eléctrica

Para ampliar el estudio se elaboró un análisis de potencia por circuito, sus horas de consumo y kw consumidos diariamente con el fin de totalizar la demanda energética mensual de las bodegas.

CIRCUITO	DESCRIPCION	HORA	POTENCIA UNITARIA (W)	CANTIDAD	CONSUMO DE ENERGIA DARIA [KW]/DIA	DIAS	CONSUMO DE ENERGIA DARIA [KW]/MES	
TD1	GALPON 1							
C1	ILUMINACION LED BATTEN	8	32	36	9,216	25	230,4	
C2	ILUMINACION LED BATTEN	8	32	27	6,912	25	172,8	
C3	ILUMINACION LED UFO	4	150	2	1,2	25	30	
C4	ILUMINACION APLIQUE DE PARED	2	20	10	0,4	25	10	
C6	TOMACORRIENTES 1	5	250	5	6,25	25	156,25	
C7	TOMACORRIENTES 2	3	250	6	4,5	25	112,5	
C8	ZUNCHADORA FLEJADORA DE CAJAS	4	746	2	5,968	25	149,2	
TD2	GALPON 2							
C9	ILUMINACION LED BATTEN	8	32	20	5,12	25	128	
C10	ILUMINACION LED BATTEN	8	32	12	3,072	25	76,8	
C12	TOMACORRIENTES 3	3	250	4	3	25	75	
C13	TOMACORRIENTES 4	5	250	5	6,25	25	156,25	
C14	PISTOLA DE CALOR	4	2000	1	8	25	200	
TD3	OFICINA							
C15	ILUMINACION PANEL LED	8	12	20	1,92	25	48	
C16	ILUMINACION PANEL LED	8	12	16	1,536	25	38,4	
C17	TOMACORRIENTES	6	250	4	6	25	150	
C18	TOMACORRIENTES	6	250	8	12	25	300	
C19	TOMACORRIENTES	6	250	8	12	25	300	
C20	TOMACORRIENTES	6	250	5	7,5	25	187,5	
C21	AIRE ACONDICIONADO 24000 BTU	7	1984	2	27,776	25	694,4	
C22	PORTON ELECTRICO	0,3	375	1	0,1125	25	2,8125	
					POTENCIA TOTAL KW/DIA	128,73	POTENCIA TOTAL KW/MES	3218,3

Tabla 5: Consumo total diario de los circuitos instalados

3.1.3. Consumo de cargas críticas a respaldar

En la tabla se presenta las cargas críticas que se planea respaldar mediante un sistema fotovoltaico híbrido. Estas cargas corresponden a los equipos eléctricos esenciales en los diferentes sectores (galpones y oficina), con un consumo energético total de 77,69 Kwh/día. La identificación precisa de estas cargas permitirá dimensionar adecuadamente el sistema, garantizando un suministro eficiente y continuo en caso de interrupciones o variaciones en la red eléctrica convencional.

CIRCUITO	DESCRIPCION	HORA	POTENCIA UNITARIA (W)	CANTIDAD	CONSUMO DE ENERGIA DARIA [W]/DIA
TD1	GALPON 1				
C1	ILUMINACION LED BATTEN	8	32	36	9216
C2	ILUMINACION LED BATTEN	8	32	27	6912
C3	ILUMINACION LED UFO	4	150	2	1200
C7	TOMACORRIENTES 2	3	250	6	4500
C8	ZUNCHADORA FLEJADORA DE CAJAS	4	746	2	5968
TD2	GALPON 2				
C9	ILUMINACION LED BATTEN	8	32	20	5120
C10	ILUMINACION LED BATTEN	8	32	12	3072
C13	TOMACORRIENTES 4	5	250	5	6250
C14	PISTOLA DE CALOR	4	2000	1	8000
TD3	OFICINA				
C15	ILUMINACION PANEL LED	8	12	20	1920
C16	ILUMINACION PANEL LED	8	12	16	1536
C18	TOMACORRIENTES	6	250	8	12000
C19	TOMACORRIENTES	6	250	8	12000
				POTENCIA TOTAL KW/DIA	77,69

Tabla 6: Cargas críticas y su consumo diario

3.2. DESARROLLO DEL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

A partir de los datos recopilados en las tablas presentadas, se ha determinado que el consumo eléctrico de las bodegas y oficina es de 128,73 Kwh/día, de los cuales 77,69 Kwh/día corresponden a las cargas críticas que van a ser respaldadas. Para diseñar una solución eficiente y sostenible, se ha optado por implementar dos sistemas fotovoltaicos independientes: un sistema conectado a la red y un sistema híbrido.

El sistema conectado a la red se dimensionará para cubrir el 40% del consumo total de las bodegas y oficina, en donde este sistema aprovechará la generación solar durante las horas diurnas e inyectará excedentes a la red eléctrica, optimizando la relación costo-beneficio del proyecto.

Por otro lado, el sistema híbrido será diseñado específicamente para respaldar las cargas críticas de 77,69 Kwh/día, como son los circuitos de iluminación, tomacorrientes y herramientas específicas. Este sistema incluirá un banco de baterías, dimensionado para almacenar la suficiente energía para un suministro autónomo, además el inversor híbrido garantizará una transición automática y eficiente entre las fuentes de energía solar, las baterías y la red eléctrica, asegurando un suministro confiable y continuo para las cargas prioritarias.

3.2.1. Cálculo del ángulo óptimo de inclinación del panel solar

La orientación y el ángulo de montaje de los paneles solares fotovoltaicos son fundamentales para maximizar el aprovechamiento de las horas de sol y optimizar el rendimiento de la instalación solar. Para lograr este objetivo, los paneles solares deben instalarse con un ángulo de inclinación equivalente al valor de la latitud del lugar donde se encuentren. Este cálculo se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$\beta = |\phi| + 10$$

Ecuación 2: Ángulo óptimo de inclinación del panel solar

Donde:

$\beta = \text{Angulo optimo}$

$\phi = \text{Latitud del sitio}$

Reemplazando se obtiene:

$$\beta = |-2.4595| + 10^\circ$$

$$\beta = 2.4595 + 10^\circ$$

$$\beta = 12.46^\circ$$

Por lo tanto, con este resultado es recomendado trabajar con un $\beta = 15^\circ$

3.2.2. Cálculo de la potencia del fotovoltaica para un sistema on-grid

$$Pf = \frac{Dr * 1,25}{HSP}$$

ECUACIÓN 3: Potencia Fotovoltaica

Donde:

$Pf = \text{Potencia fotovoltaica}$

$Dr = \text{Demanda energética diaria}$

$HSP = \text{Hora solar pico}$

Factor de protección 1,25

Para poder determinar nuestra potencia fotovoltaica, vamos a necesitar la HSP, que la podemos obtener mediante el sitio web de la NASA llamado NASA POWER / DAV

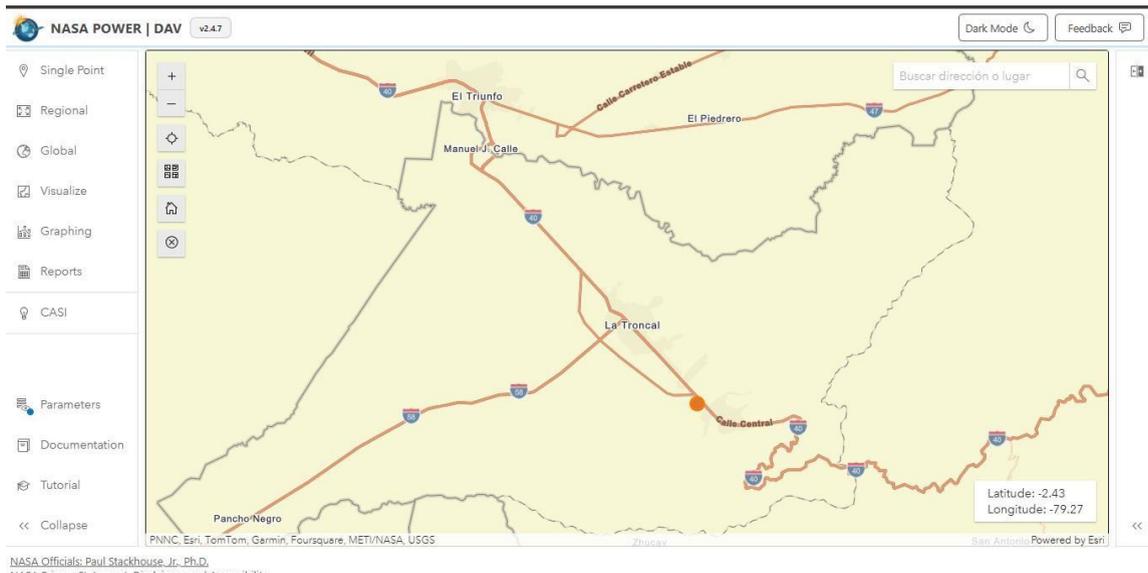


IMAGEN 30: NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER)

Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/>

Esta nos reflejara una tabla con dicho valor que necesitaremos

HORA SOLAR PICO												
ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCTU	NOV	DIC	PROM
3,23	3,12	3,32	3,5	3,26	3,14	3,24	3,5	3,71	3,43	3,5	3,43	3,32

Tabla 7: Hora Solar Pico

Dándonos un HSP promedio de = 3,32

Una vez ya determinado el HSP, vamos a determinar la energía diaria que debe emitir la instalación fotovoltaica mediante la siguiente ecuación:

3.2.3. Demanda de energía diaria

$$D_r = \frac{D_{DC}}{N_{bat}} + \frac{D_{AC}}{N_{bat} * N_{inv}}$$

ECUACIÓN 4: Demanda de energía diaria

Donde:

D_r Demanda de energía diaria total requerida por el sistema (Wh)

D_{DC} = Energía diaria requerida en Dc (wh)

N_{bat} = Rendimiento del sistema de acumulación de energía (batería)

N_{inv} = Rendimiento del equipo inversor

D_{ACt} = Energía diaria requerida en Ac (wh)

$$Dr = \frac{0}{0,9} + \frac{51,5 \text{ kwh}}{0,9 * 0,95}$$

$$Dr = 60,23 \text{ kwh}$$

Ya obteniendo el HSP y el Dr podremos calcular el Pf dando:

$$Pf = \frac{Dr * 1,25}{HSP}$$

$$Pf = \frac{60,23 \text{ kwh} * 1,25}{3,32 \text{ h}}$$

$$Pf = 22,67 \text{ Kw}$$

3.2.4. Cálculo de números de paneles solares

$$\#modulos = \frac{\text{potencia fotovoltaica}}{\text{potencia de los modulos}} * \text{factor de perdidas}$$

ECUACIÓN 5: Numero de paneles fotovoltaicos

$$\#modulos = \frac{22,67 \text{ kw}}{475 \text{ w}} * 25\%$$

$$\#modulos = 47,72 * 1,25 = 59,65$$

$$\#modulos = 60 \text{ paneles}$$

3.3. SIMULACIÓN MEDIANTE PROGRAMA.

Se recopilaron los datos obtenidos en base de los cálculos por los diferentes elementos como es el panel solar y el inversor.

El simulador PVsyst permitió realizar un análisis completo al integrar datos meteorológicos específicos de la ubicación, como la radiación solar promedio, la temperatura ambiente y las condiciones climáticas predominantes. Con esta información, se evaluó el rendimiento esperado por el sistema fotovoltaico, considerando factores como perdidas por temperatura, ángulo de inclinación y orientación.

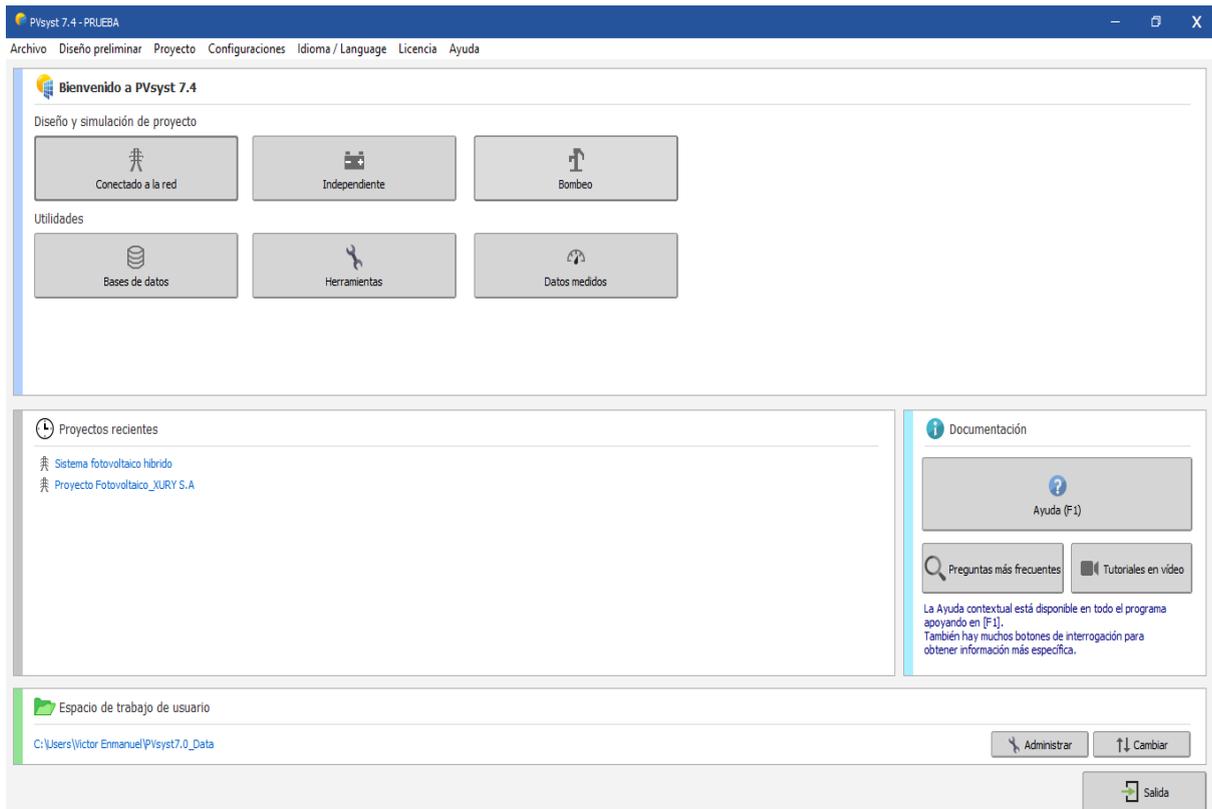


IMAGEN 31: Ventana principal del programa PVsyst 7.4

3.3.1. Sitio geográfico

Ya seleccionado nuestro sistema conectado a red vamos a introducir el sitio gráfico donde se realizará el diseño del sistema fotovoltaico que será proporcionado por los diferentes datos de satélites que hay en el programa PVsyst.

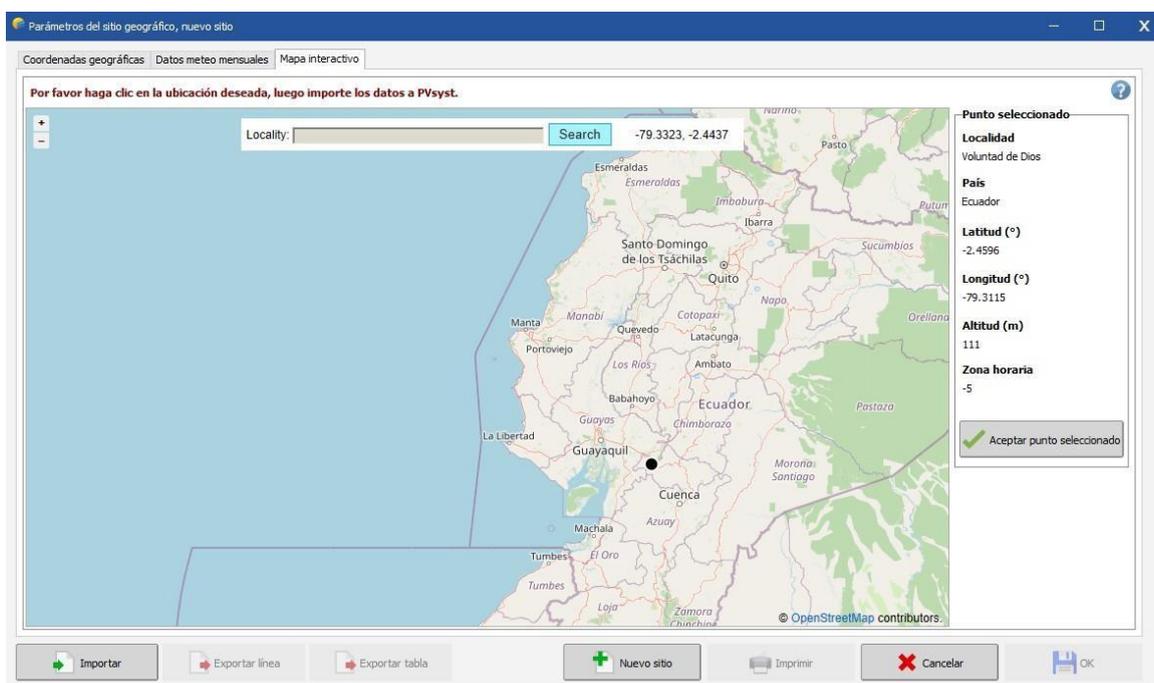


IMAGEN 32: Coordenadas geográficas para el simulador

Una vez localizado el punto geográfico, en el propio sistema nos permite realizar una importación de los datos meteorológicos de la zona seleccionada, en donde nos va a permitir escoger varias fuentes de datos, en este caso utilizamos Meteonorm 8.1.

Parámetros del sitio geográfico, nuevo sitio

Coordenadas geográficas | Datos meteo mensuales | Mapa interactivo

Ubicación

Nombre del sitio:

País: Región:

Coordenadas geográficas

Los datos geográficos se han importados con éxito desde el mapa.

Decimal: Grad. Min. Seg.: (+ = Norte, - = Hemisferio Sur)

Latitud: [°] (+ = Norte, - = Hemisferio Sur)

Longitud: [°] (+ = Este, - = Oeste de Greenwich)

Altitud: M por encima del nivel del mar

Zona horaria: Corresponde a una diferencia promedio
Hora Legal - Hora Solar = 0h 17m

Importación de datos meteo

Meteonorm 8.1 Versión:

NASA-SSE

PVGIS TMY

NREL / NSRDB TMY

Solcast TMY

SolarAnywhere® TGY

Solargis TMY

Por favor, importe los datos meteo mensuales (de Meteonorm, Nasa, PVGIS, NREL, Solcast, SolarAnywhere, Solargis o manualmente)

IMAGEN 33: Importación de datos meteorológicos

La tabla presenta los datos meteorológicos del sitio seleccionado, en donde incluye la irradiación horizontal global anual, la temperatura promedio de y otros parámetros como la irradiación difusa, velocidad del viento y turbidez atmosférica. Estos valores permiten calcular el potencial de generación de energía solar y ajustar el diseño del sistema, considerando factores como las pérdidas por temperatura, sombras y la eficiencia de los paneles.

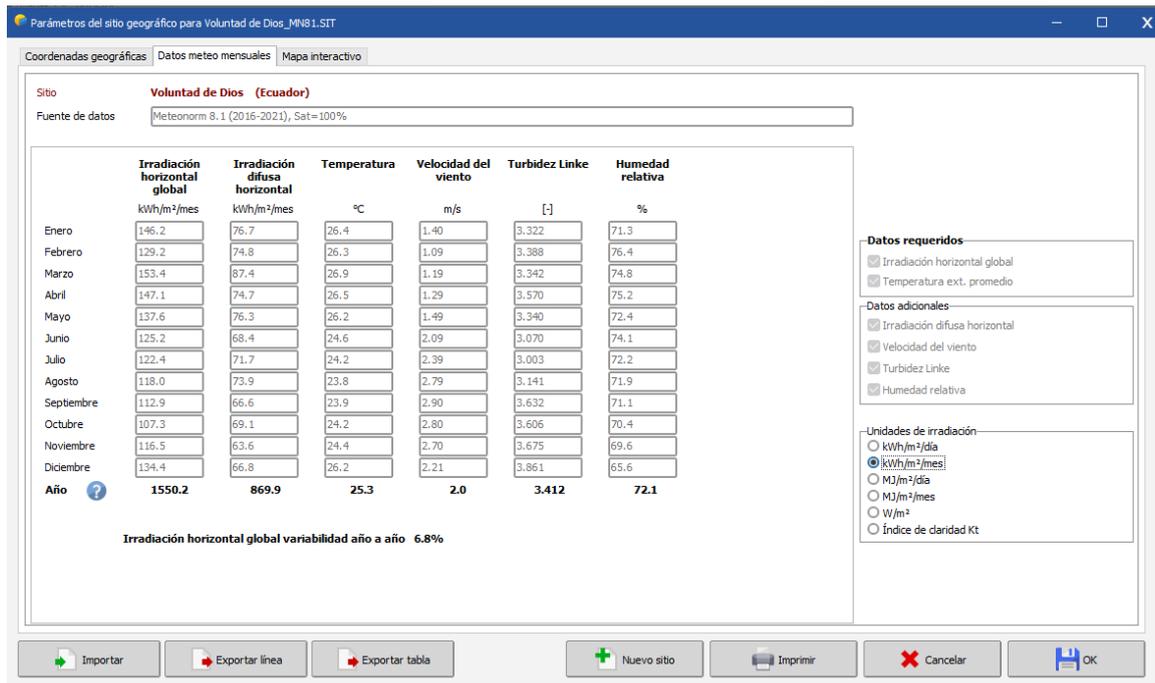


IMAGEN 34: Parámetros meteorológicos para el dimensionamiento fotovoltaico

Una vez seleccionado el sitio geográfico y cargados todos sus parámetros meteorológicos, procedimos a definir las variantes necesarios para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico. El primer paso consistió en establecer los valores relacionados con la orientación del sistema, ingresando los cálculos correspondientes al grado de inclinación del plano y el ángulo de acimut. Para optimizar la captación de radiación solar, utilizamos la herramienta de optimización rápida del software, pudiendo escoger las estaciones del año (invierno o verano) o el rendimiento de irradiación anual promedio. Esto asegura que el sistema opere con la mayor eficiencia posible, maximizando la generación de energía durante todo el año.

3.4. SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID

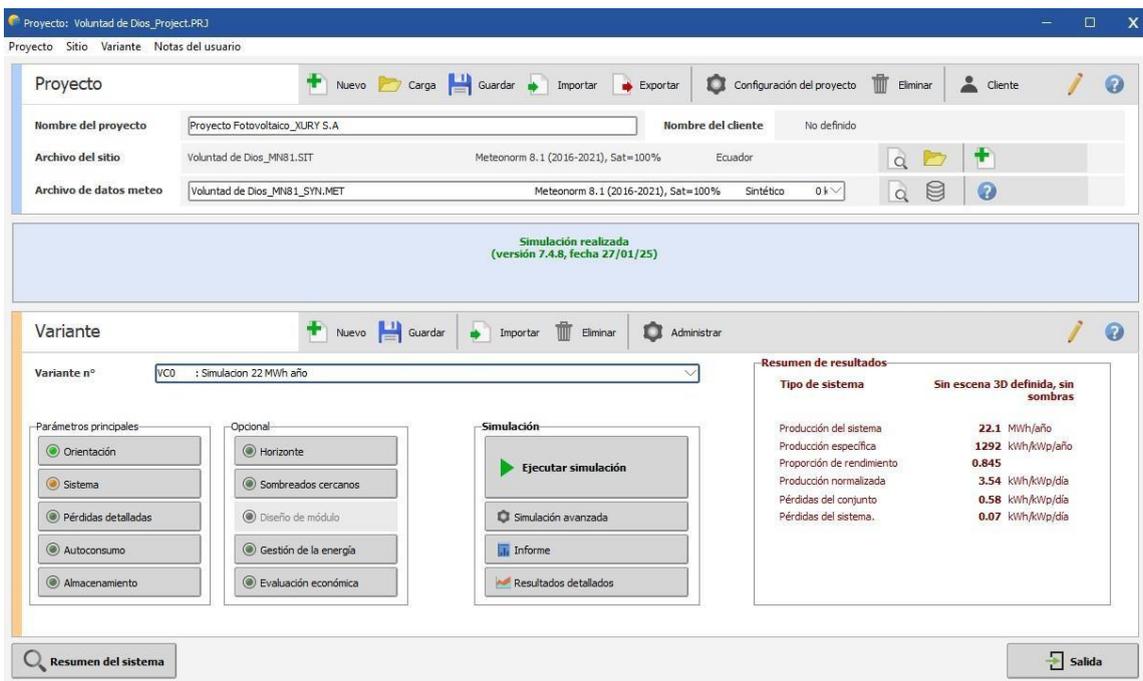


IMAGEN 35: Parámetros principales para el sistema fotovoltaico

Pantalla principal del programa pvsyst, en función a realizar una simulación de un sistema fotovoltaico conectado a la red. Presenta varios aspectos como la orientación que en la imagen 26 se introducirá el resultado de la ecuación 1, Angulo optimo de inclinación.

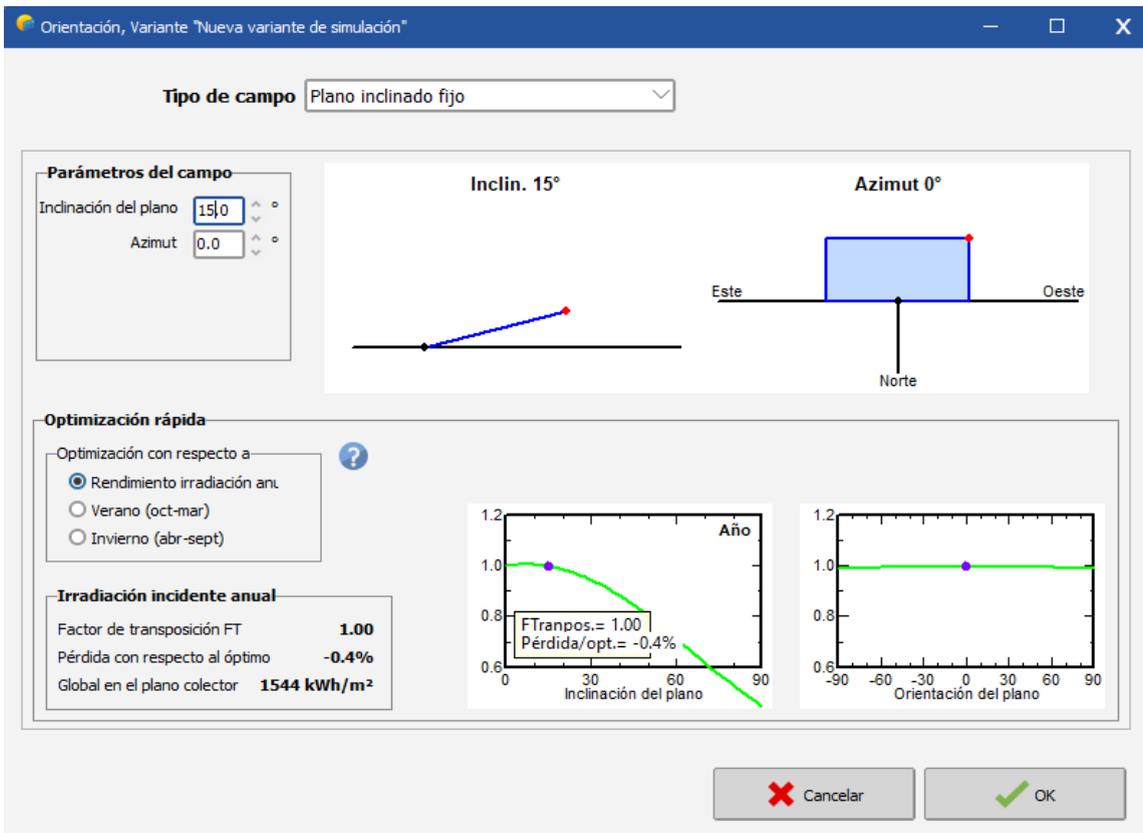


IMAGEN 36: Inclinación del plano

Una vez ingresados los datos de inclinación del plano, procedimos a establecer la potencia pico requerida por el sistema fotovoltaico. Posteriormente, seleccionamos tanto los inversores como los paneles solares, utilizando la extensa base de datos del software, que incluye una amplia gama de módulos e inversores de diferentes marcas y especificaciones. Esta selección se realizó en base a los cálculos previos de demanda energética y condiciones específicas del sitio, asegurando que los componentes elegidos sean compatibles y optimicen el rendimiento del sistema. Este proceso permite obtener resultados precisos y confiables, validando el diseño del sistema y garantizando un dimensionamiento adecuado para cumplir con los objetivos del proyecto.

The screenshot shows the 'Definición del sistema de red, Variante VCO: "Simulación 22 MWp año"' window. It is divided into several sections:

- Subconjunto:**
 - Nombre y orientación del subconjunto:** Nombre: 'Generador FV', Orientación: 'Plano inclinado fijo', Inclinación: 15°, Azimut: 0°.
 - Ayuda de pre-dimensionamiento:** Potencia planeada: 22.0 kWp, Área disponible (módulos): 108 m².
 - Selección del módulo FV:** Filtro: 'Todos los módulos F', Módulos necesarios aprox.: 46. Selección: 'Trina Solar', '475 Wp 30V Si-mono TSM-DE15V-(II)-475 Desde 2023 Datasheets 2023'. Dimensiones: Vmpp (60°C) 31.7 V, Voc (-10°C) 47.2 V.
 - Selección del inversor:** Voltaje de salida: 220 V Tri 50Hz. Selección: 'Growatt New Energy', '22 kW 200 - 650 V 50/60 Hz MAC 22KTL3-XL Desde 2019'. Configuración: 3 entradas MPPT, Voltaje de funcionamiento: 200-650 V, Potencia del inversor utilizada: 22.0 kWca. Nota: 'No hay reparto de potencia entre MPPTs'.
 - Diseño del conjunto:**
 - Núm. de módulos y cadenas: Mód. en serie: 12 (entre 7 y 16), Núm. cadenas: 3 (entre 4 y 5).
 - Condiciones de operación: Vmpp (60°C) 380 V, Vmpp (20°C) 440 V, Voc (-10°C) 567 V, Irradia. plano 1000 W/m², Imp (STC) 39.4 A, Isc (STC) 41.4 A.
 - Resumen de potencia: Potencia de funcionamiento máx.: 17.1 kW (en 1097 W/m² y 50°C), Potencia nom. conjunto (STC) 17.1 kWp.
- Lista de subconjuntos:**

Nombre	#Mód #Inv.	#Cadena #MPPT
Generador FV		
Trina Solar - TSM-DE15V-(II)-475	12	3
Growatt New Energy - MAC 22K...	1	3
- Resumen sistema global:**

Núm. de módulos	36
Área del módulo	85 m²
Núm. de inversores	1
Potencia FV nominal	17.1 kWp
Potencia de CA nominal	22.0 kWCA
Proporción Pnom	0.778

IMAGEN 37: Configuración y Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

3.5. SIMULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID

Una vez completado el ingreso de los parámetros principales, procederemos a iniciar la simulación. El resultado será un informe que incluirá un resumen del sistema, las características del generador FV, las pérdidas del conjunto, la producción del sistema, junto con su rendimiento proporcional. Además, se presentarán los balances de energía y los resultados principales, así como un diagrama que mostrara las pérdidas por cada módulo, pérdida térmica, pérdidas del inversor durante su operación entre otros.

3.6. RESUMEN DEL PROYECTO Y DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID

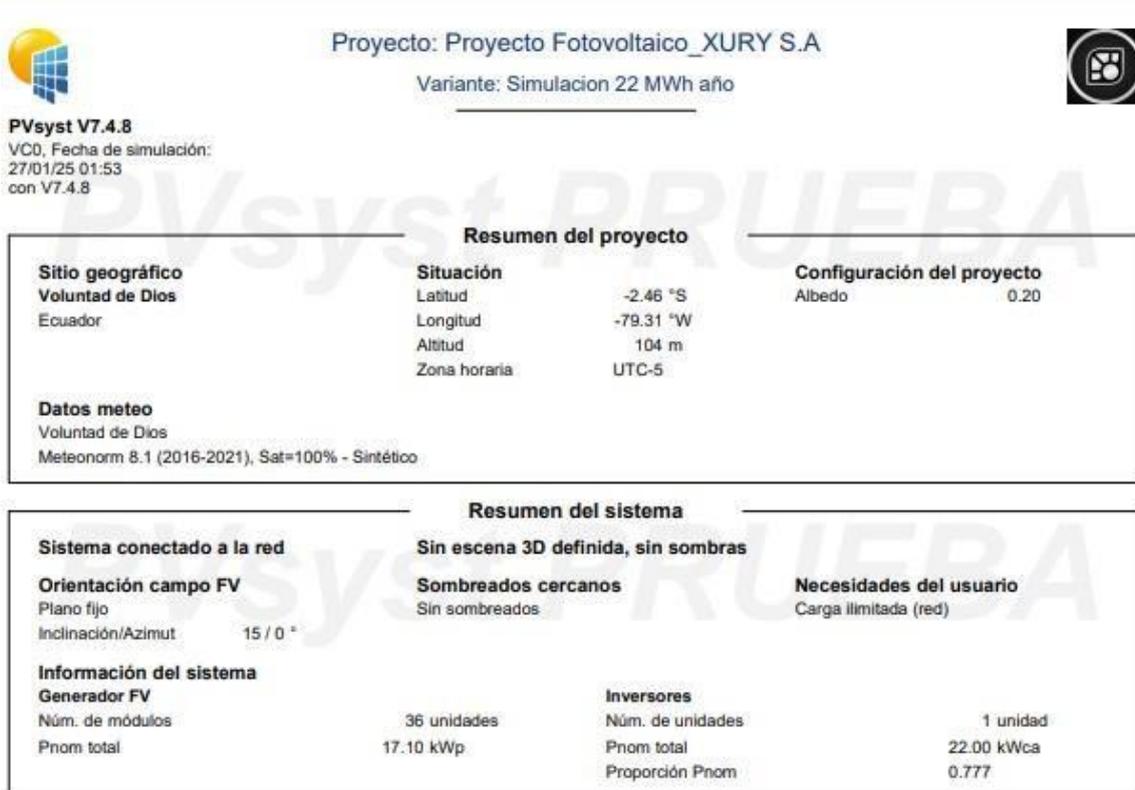


IMAGEN 38: Resumen del proyecto y del sistema

3.6.1. Pérdidas del conjunto

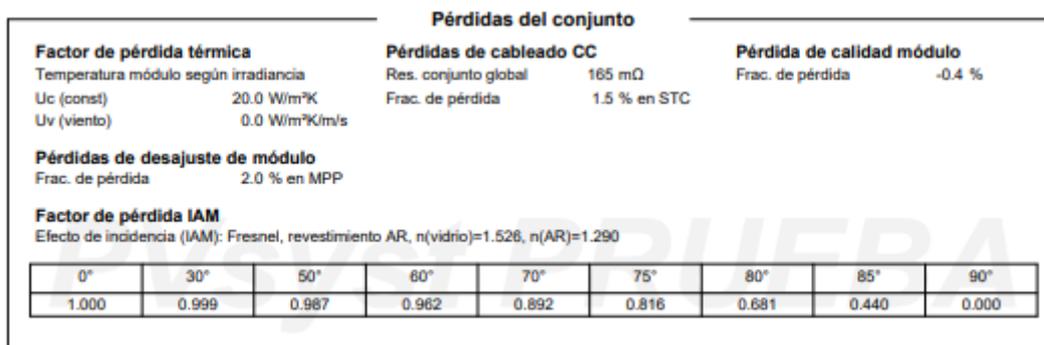


IMAGEN 39: Pérdidas del conjunto

3.7. SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO

3.7.1. Cálculo de la potencia del fotovoltaica para un sistema hibrido

$$Pf = \frac{Dr * 1,25}{HSP}$$

Donde:

Pf = Potencia fotovoltaica

Dr = Demanda energética diaria

HSP = Hora solar pico

Factor de protección 1,25

En el caso de sistema fotovoltaico hibrido, para el cálculo de la demanda energética diaria nos varemos en la tabla #6 del consumo de las cargas críticas que deseamos respaldar

$$Dr = \frac{D_{DC}}{N_{bat}} + \frac{D_{AC}}{N_{bat} * N_{inv}}$$

Donde:

Dr Demanda de energía diaria total requerida por el sistema (Wh)

D_{DC} = Energía diaria requerida en Dc (wh)

N_{bat} = Rendimiento del sistema de acumulación de energía (batería)

N_{inv} = Rendimiento del equipo inversor

D_{Act} = Energía diaria requerida en Ac (wh)

$$Dr = \frac{0}{0,9} + \frac{77,69 \text{ kwh}}{0,9 * 0,95}$$

$$Dr = 90,86 \text{ kwh}$$

Ya obteniendo el HSP y el Dr podremos calcular el Pf dando:

$$Pf = \frac{Dr * 1,25}{HSP}$$

$$Pf = \frac{90,86 \text{ kwh} * 1,25}{3,32h}$$

$$Pf = 34,20k$$

3.7.2. Cálculo de la capacidad del banco de baterías

$$\#Bat = \frac{\text{consumo diario}}{\text{capacidad de bateria}}$$

ECUACIÓN 5: Numero de baterías para sistema fotovoltaico hibrido

$$\#Bat = \frac{90,86 \text{ kw}}{4,8 \text{ kw}}$$

$$\#Bat = 18$$

3.7.3. Cálculo de números de paneles solares para sistema fotovoltaico hibrido

$$\#modulos = \frac{\text{potencia fotovoltaica}}{\text{potencia de los modulos}} * \text{factor de perdidas}$$

$$\#modulos = \frac{34,20kw}{475 \text{ w}} * 25\%$$

$$\#modulos = 72 * 1,25 = 59,65$$

$$\#modulos = 90 \text{ paneles}$$

3.8. RESUMEN DEL PROYECTO Y DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO

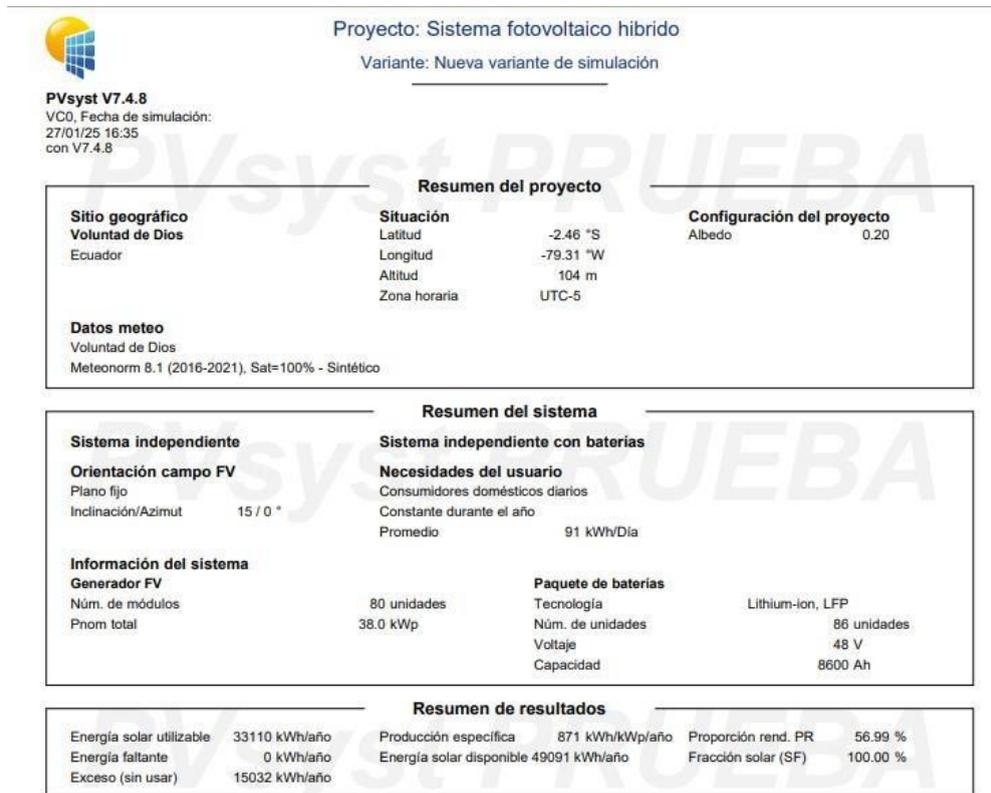


IMAGEN 40: Resumen del proyecto y del sistema híbrido

3.8.1. Pérdidas del conjunto

Pérdidas del conjunto								
Factor de pérdida térmica			Pérdidas de cableado CC			Pérdida diodos serie		
Temperatura módulo según irradiancia			Res. conjunto global 3.0 mΩ			Caída de tensión 0.7 V		
Uc (const)	20.0 W/m²K		Frac. de pérdida 1.5 % en STC			Frac. de pérdida 0.8 % en STC		
Uv (viento)	0.0 W/m²K/m/s							
Pérdida de calidad módulo			Pérdidas de desajuste de módulo			Pérdidas de desajuste de cadenas		
Frac. de pérdida -0.5 %			Frac. de pérdida 0.5 % en MPP			Frac. de pérdida 0.2 %		
Factor de pérdida IAM								
Efecto de incidencia (IAM): Perfil definido por el usuario								
10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.998	0.998	0.995	0.992	0.986	0.970	0.917	0.763	0.000

IMAGEN 41: Pérdidas del conjunto

CAPITULO IV

4.1. ANALISIS Y RESULTADOS

4.1.1. Resultados del proyecto y del sistema fotovoltaico on-grid

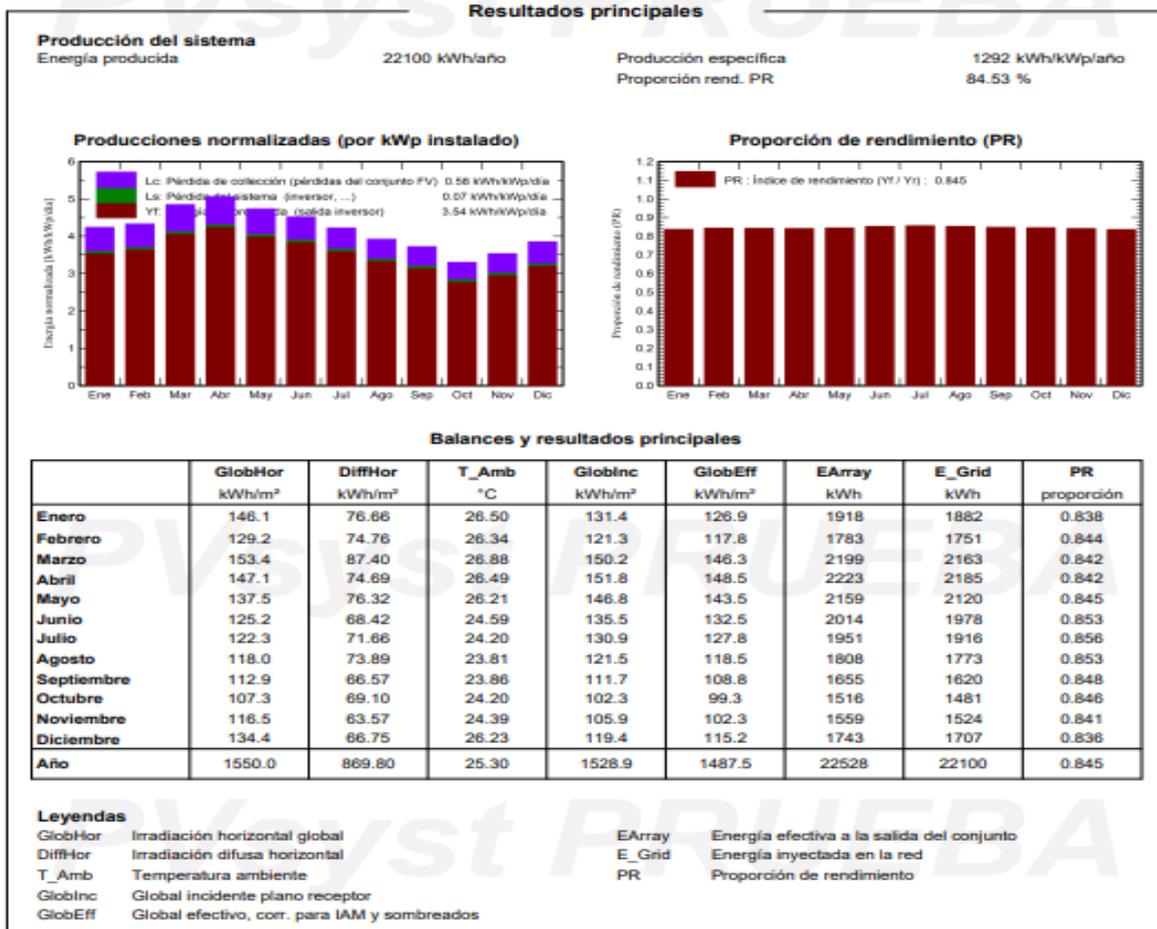


IMAGEN 42: Resultados Principales y Balances

Según los datos de la simulación, el sistema fotovoltaico On-grid tiene una producción anual estimada de 22,100 kWh, con una producción específica de 1,292 kWh/kWp/año y una proporción de rendimiento (PR) promedio del 84.53%, lo que indica un alto nivel de eficiencia en su operación. Las gráficas muestran la producción normalizada mensual, destacando las pérdidas ocasionadas por el cableado, el inversor y otros factores, así como un índice de rendimiento (PR) estable a lo largo del año. Además, el balance mensual incluye información clave, como la irradiación global, la temperatura ambiente, la energía efectiva generada y la energía inyectada a la red, lo que demuestra que el diseño del sistema cumple con los requerimientos energéticos previstos y mantiene un desempeño óptimo.

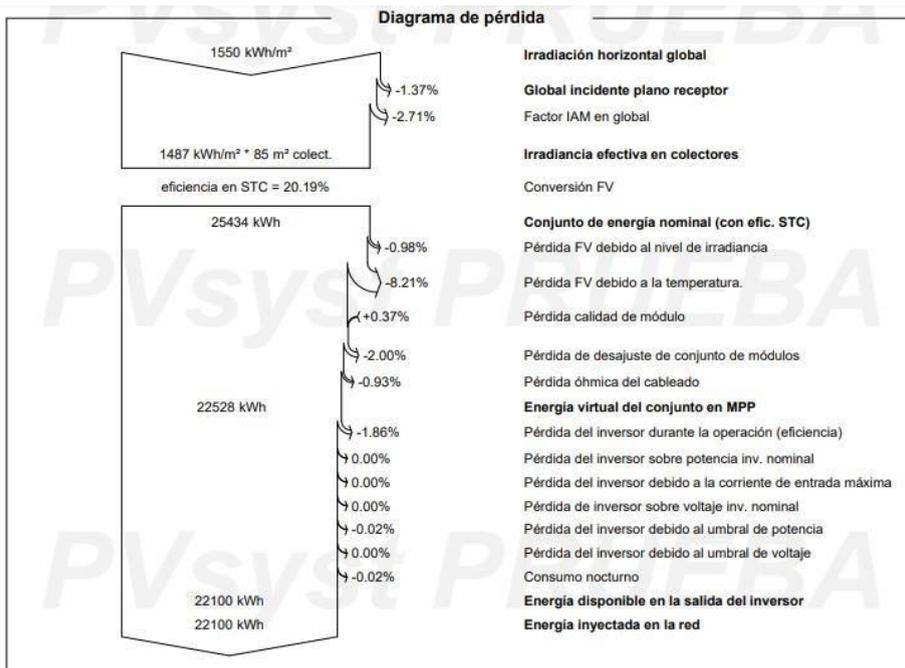


IMAGEN 43: Diagrama de pérdidas



PVSyst V7.4.8

VC0, Fecha de simulación:
27/01/25 01:53
con V7.4.8

Proyecto: Proyecto Fotovoltaico_XURY S.A

Variante: Simulación 22 MWh año

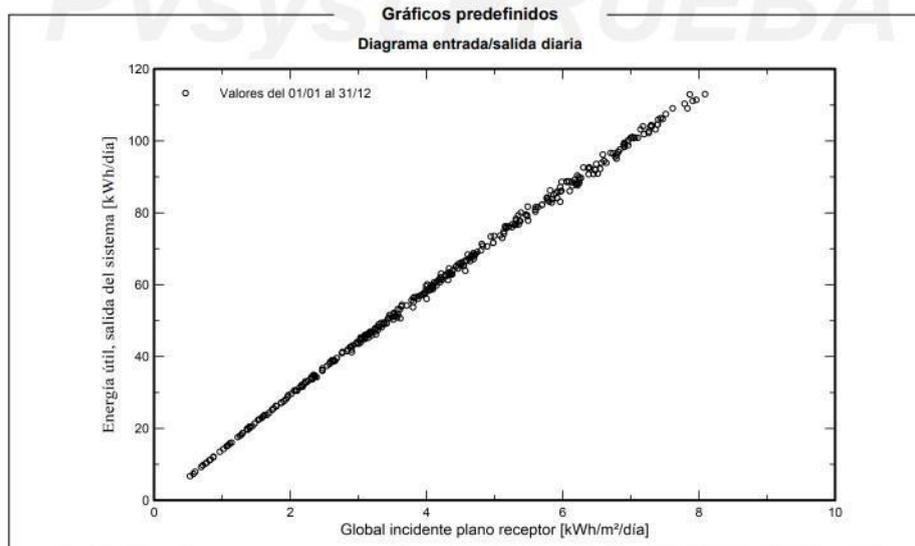


IMAGEN 44: Grafico del plano receptor solar

4.1.2. Resultados del proyecto y del sistema fotovoltaico híbrido

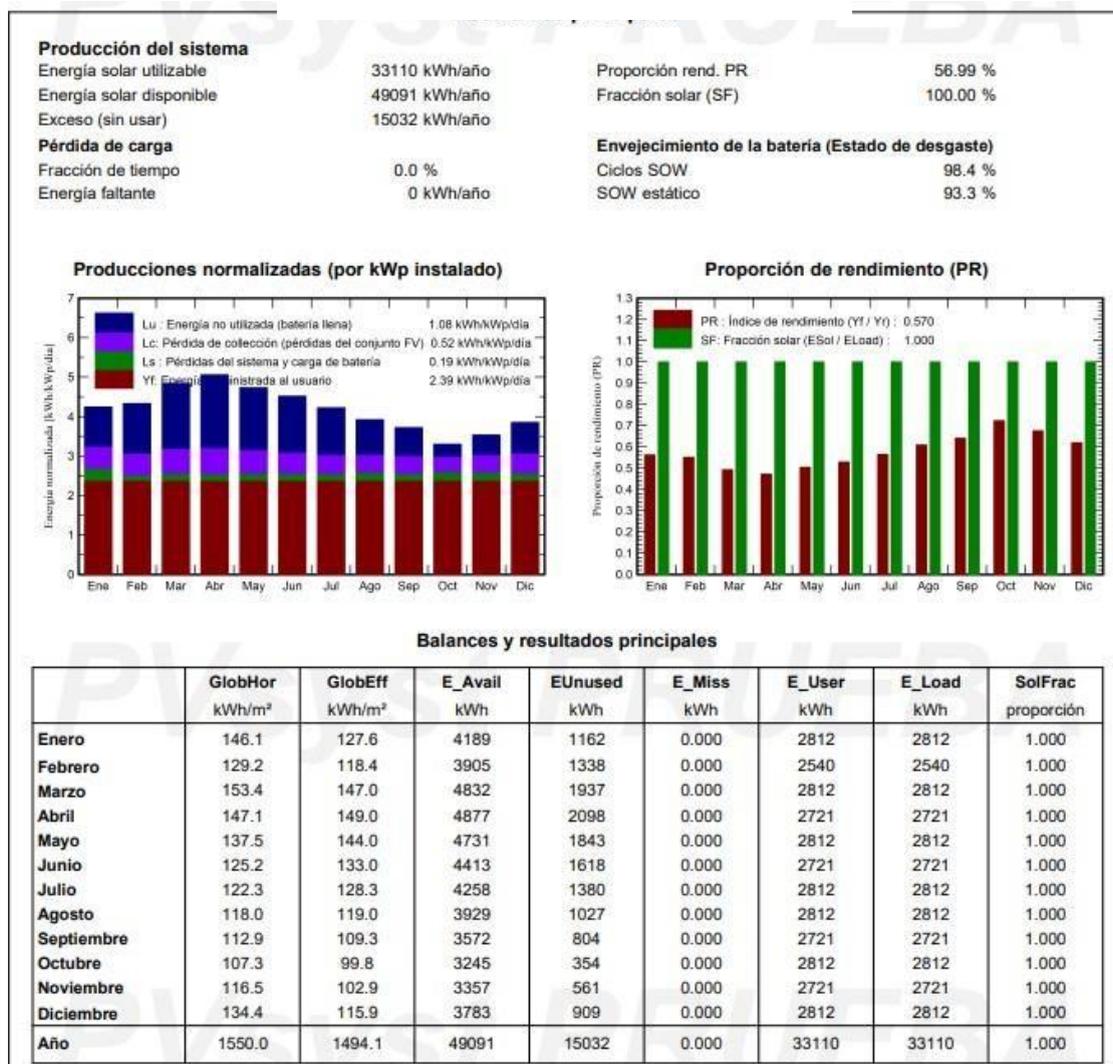


IMAGEN 45: Resultados principales y balances

El sistema de energía fotovoltaico híbrido desarrollado para la compañía XURI S.A. es capaz de generar 33,110 kWh/año de energía solar utilizable, con una disponibilidad total de 49,091 kWh/año y un excedente de 15,032 kWh/año que no se aprovecha, sin registrar déficit energético. Su desempeño global refleja una proporción de rendimiento (PR) del 56.99 % y una fracción solar del 100 %, lo que asegura su autonomía energética. En términos de almacenamiento, las baterías mantienen un estado óptimo, con un 98.4 % de ciclos SOW y un SOW estático del 93.3 %. Las pérdidas de recolección de energía en el sistema se estiman en 0.52 kWh/kWp/día, mientras que las pérdidas asociadas a la carga de la batería alcanzan los 0.19 kWh/kWp/día.

El análisis del balance energético confirma que el sistema satisface plenamente la demanda eléctrica de la empresa; sin embargo, el alto volumen de energía no utilizada sugiere la posibilidad de optimizar su aprovechamiento mediante estrategias de almacenamiento adicional o una gestión más eficiente de la carga.

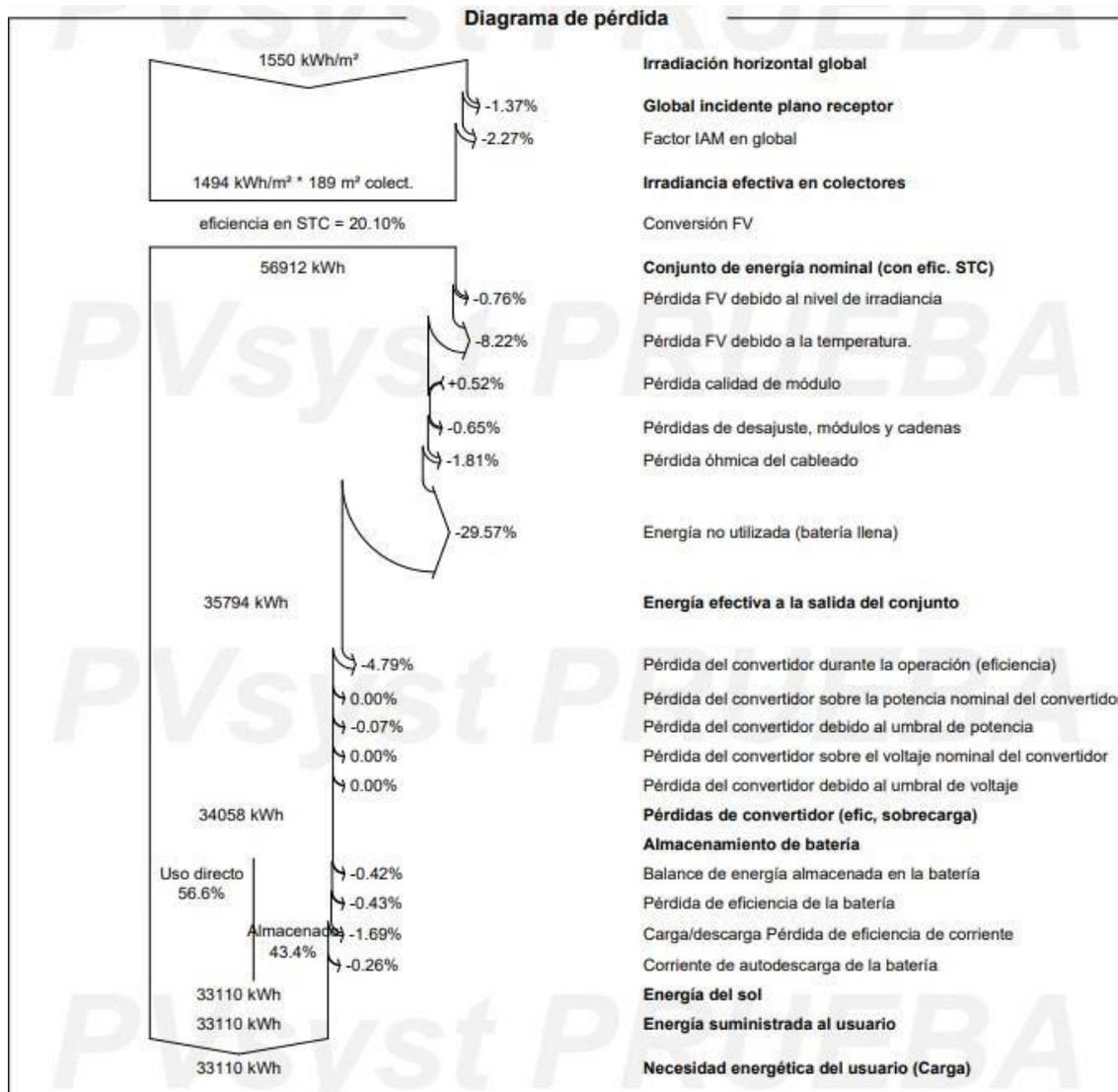


IMAGEN 46: Diagrama de pérdidas

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS SOBRE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

- Se observa una mayor producción de energía en comparación con el sistema conectado a la red (33,110 kWh vs. 22,100 kWh).
- Sin embargo, el PR es significativamente más bajo (56.99%), lo que indica mayores pérdidas por almacenamiento en baterías y gestión de la energía.
- La fracción solar del 100% implica que el sistema no depende de la red eléctrica, aumentando la autonomía energética de la empresa.
- El exceso de energía no utilizada (15,032 kWh/año) sugiere que el diseño del almacenamiento podría optimizarse para reducir desperdicios.

4.2.1. Comparación entre ambos sistemas

Parametros	Sistema conectado a la red	Sistema híbrido
Energía producida	22,100 kwh/año	33,110 kwh/año
Proporción de rendimiento (pr)	84,53%	56,99%
Fraccion solar (sf)	No aplica	100%
Dependencia de la red	Totalmente dependiente	Independiente de la red
Pérdidas por almacenamiento	Mínimas	Altas (baterias)
Exceso de energía sin usar	No aplica	15,032 kwh/año
Energía inyectada a la red	22,100 kwh/año	No aplica

Tabla 8. Comparación entre el sistema fotovoltaico conectado a la red y Híbrido

- El sistema híbrido genera más energía, pero tiene un PR menor debido a pérdidas por almacenamiento en baterías.
- El sistema conectado a la red es más eficiente en términos de aprovechamiento de la energía, ya que inyecta el 100% de la producción sin necesidad de almacenamiento.
- El sistema híbrido brinda independencia energética a las bodegas de XURI S.A., evitando interrupciones por fallas en la red.
- El exceso de energía sin usar en el sistema híbrido sugiere que el diseño podría ajustarse para mejorar la utilización del almacenamiento.

4.3. CRONOGRAMA Y ACTIVIDADES:

NO.	ACTIVIDAD	MES1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
1	▪ Revisión bibliográfica y desarrollo del marco teórico					
2	▪ Investigación de componentes para el sistema fotovoltaico					
3	▪ Recopilación y Análisis del consumo energético de las bodegas y oficinas					
4	▪ Cálculo de las demandas energéticas de las bodegas y oficinas					
5	▪ Desarrollar diseño conceptual basado en los estudios realizados					
6	▪ Simulación del sistema fotovoltaico mediante software PVsyst					
7	▪ Análisis y documentación de resultados obtenidos en la simulación					

Tabla 9. Cronograma y actividades

4.4. PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	VALOR
INVESTIGACION Y DESARROLLO DE CONTENIDOS	\$50
COSTO DE HERRAMIENTAS Y SOFTWARE	\$100
VIAJE PARA ENTREGA DE DOCUMENTOS (TRANSPORTE IDA Y VUELTA Y ALIMENTACION) UNA VEZ, POR 5 MESES	\$125
IMPRESIÓN Y MATERIALES DE IMPRESIÓN	\$50
TOTAL	\$325

Tabla 10. Presupuesto de actividades

CONCLUSIONES

El análisis comparativo entre los dos sistemas fotovoltaicos evaluados en este estudio permite evidenciar que, si bien ambos presentan ventajas y desventajas particulares, la elección del sistema más adecuado para la empresa Xuri s.a. dependerá de las prioridades estratégicas en términos de eficiencia energética, sostenibilidad y costos operativos.

El sistema fotovoltaico conectado a la red muestra una mayor eficiencia de conversión energética, reflejada en un PR del 84.53%, lo que implica que la energía generada se aprovecha casi en su totalidad sin pérdidas por almacenamiento. Este enfoque resulta ventajoso para empresas que buscan maximizar la rentabilidad de la inversión fotovoltaica a través de la inyección directa a la red, minimizando los costos asociados a infraestructura de almacenamiento y mantenimiento de baterías. Sin embargo, su principal desventaja es la total dependencia de la red eléctrica, lo que implica vulnerabilidad ante cortes de suministro.

Por otro lado, el sistema híbrido ofrece una solución más resiliente, asegurando una fracción solar del 100%, lo que significa que toda la energía consumida proviene del sistema fotovoltaico, reduciendo al máximo la dependencia de la red. No obstante, su eficiencia es menor debido a las pérdidas inherentes al almacenamiento en baterías, lo que se traduce en un PR del 56.99%. Adicionalmente, el exceso de energía no utilizada (15,032 kWh/año) sugiere que el dimensionamiento del sistema podría optimizarse para mejorar el aprovechamiento energético y minimizar desperdicios.

En este sentido, el sistema híbrido representa una alternativa viable para entornos industriales que requieren estabilidad energética y buscan una reducción en su huella de carbono. Sin embargo, es fundamental considerar estrategias para mitigar las pérdidas por almacenamiento y mejorar el balance entre generación y consumo.

RECOMENDACIONES

- Optimización del dimensionamiento del almacenamiento:

Se recomienda realizar un análisis más detallado del perfil de consumo energético de la empresa para ajustar la capacidad de las baterías y reducir el exceso de energía no utilizada, garantizando un mejor equilibrio entre producción y demanda.

- Evaluación de modelos de autoconsumo compartido o inyección a la red:

Para evitar pérdidas energéticas en el sistema híbrido, se puede considerar la posibilidad de integrar mecanismos de inyección del excedente a la red o sistemas de autoconsumo compartido, maximizando la rentabilidad del sistema.

- Análisis económico y retorno de inversión

Se sugiere realizar un estudio de viabilidad económica que contemple costos de inversión, mantenimiento y beneficios a largo plazo para determinar cuál de los dos sistemas es financieramente más atractivo para la empresa XURI S.A.

- Monitoreo y mantenimiento continuo:

Para garantizar la eficiencia operativa del sistema fotovoltaico híbrido, se recomienda establecer un plan de monitoreo continuo que permita identificar oportunamente desviaciones en el rendimiento de las baterías y optimizar su ciclo de vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Gina Rodríguez - Borges and A. Sarmiento - Sera, "Artículo Original Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural," *Ingeniería Mecánica*, vol. 14, no. 1, pp. 13–21, 2011.
- [2] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, "Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático." Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_es-1.pdf
- [3] E. Jair, D. Oliva, C. Mariela, H. Zambrano, and U. E. Santo, "Plantilla diseñada por Energías renovables, tendencia en Ecuador Carlos Raúl CARPIO FREIRE MBA Facultad de Postgrados Guayaquil-Ecuador septiembre de 2015".
- [4] "Ecuador va a su propio ritmo en la apuesta de energías renovables - El Comercio." Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ecuador-propio-ritmo-apuesta-energias-renovables.html>
- [5] L. Lino, "Diseño de un sistema fotovoltaico interconectado a la red para la alimentación de la instalación eléctrica de una vivienda residencial".
- [6] Camilo Arancibia Bulnes y Roberto Best y Brown, "Energía del sol." Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf
- [7] José Ignacio Alonso Montes (Coordinador) *et al.*, "Energía Solar Fotovoltaica." Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available: https://www.coit.es/sites/default/files/informes/pdf/energia_solar_fotovoltaica.pdf
- [8] D. B. Santos, "Introducción a la Energía Fotovoltaica 2. Introducción a la Energía Fotovoltaica 2.1. Introducción".
- [9] Eloy Sobrino, "La celula fotovoltaica".
- [10] C. DE Ingeniería En Electrónica Y, E. Emanuel González Malla Director, I. Juan Pablo Cabrera Samaniego, and M. Sc, "UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES TÍTULO: 'DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO INALÁMBRICO QUE PERMITA OBTENER LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE PANELES Y CELDAS SOLARES'".
- [11] "SOLAR ENERGY INTERNATIONAL FOTOVOLTAICA Manual de diseño e instalación Una panorámica de la energía fotovoltaica".
- [12] Ladron de Guevara and Jorge Alvarado, "DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA".
- [13] "Apunte Práctico 2: Conexión Paneles Solares".
- [14] S. Sepúlveda-Mora, "Radiación solar: Factor clave para el diseño de sistemas fotovoltaicos," Jan. 01, 2014. Accessed: Jan. 08, 2025. [Online]. Available:

https://www.academia.edu/101569517/Radiaci%C3%B3n_solar_Factor_clave_para_el_dise%C3%B1o_de_sistemas_fotovoltaicos

- [15] "CAPITULO III".
- [16] virginiajimenez, "UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL".
- [17] "UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO CON MENCIÓN EN GESTIÓN".
- [18] Martínez Leonel, G. Ordoñez, J. Arias, and A. Sandoya, "Norma Ecuatoriana de la Construcción," Feb. 2018.
- [19] La, "EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD, ARCONEL, DENTRO DE SUS ATRIBUCIONES LEGALES Y REGLAMENTARIAS: Expide".
- [20] M. Barragán, "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA LA UTM," 2014. Accessed: Jan. 23, 2025. [Online]. Available: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/792/1/Miguel%20Barragan%20Bueno%20MER.pdf>
- [21] J. Romero, "Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Caso de estudio: Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró." Accessed: Jan. 12, 2025. [Online]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26396/memoria.pdf>
- [22] M. C. Tobajas, "Energía Solar Fotovoltaica." Accessed: Jan. 12, 2025. [Online]. Available: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9789587718874_A45681785/preview-9789587718874_A45681785.pdf
- [23] virginiajimenez, "UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL".
- [24] "MÓDULO 4: REGULADORES, INVERSORES Y BATERÍAS".
- [25] A. E. Ceriz Velez, "ESTUDIO DE LA CONFIABILIDAD DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL ECUADOR Y CONSTRUCCIÓN DE UN GENERADOR SOLAR A ESCALA DE ENERGÍA ELÉCTRICA A 200 W," Guayaquil, 2010. Accessed: Jan. 13, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8579/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-102.pdf>
- [26] G. Rojas, "PANELES SOLARES REGULADORES DE CARGA".
- [27] K. Tumbaco and K. Pantaleón, "Generación de energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico off grid en la zona rural de Guayaquil." Accessed: Jan. 13, 2025. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24665/1/UPS-GT004259.pdf>
- [28] "Componentes de una instalación solar fotovoltaica." Accessed: Feb. 03, 2025. [Online]. Available: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- [29] D. Alvarez, "La energía eléctrica producida a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir una determinada demanda eléctrica en lugares remotos aislados de la red eléctrica, donde resultan competitivos con los sistemas convencionales, tanto en términos

- económicos como de fiabilidad de suministro.” Accessed: Jan. 13, 2025. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14458/1/UPS-CT007120.pdf>
- [30] V. Salas, “Análisis de los Sistemas Híbridos,” Feb. 2015, Accessed: Jan. 13, 2025. [Online]. Available: <https://e-archivo.uc3m.es/rest/api/core/bitstreams/3705c954-ca90-4db6-a64c-e646386b322f/content>
- [31] C. García Castro Tutor and D. Francisco Baena Villodres Dpto, “SIMULACIÓN DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CON PVSYST,” 2015.
- [32] “NASA POWER | Predicción de los recursos energéticos mundiales.” Accessed: Feb. 02, 2025. [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/>

ANEXOS

METODOLOGÍA

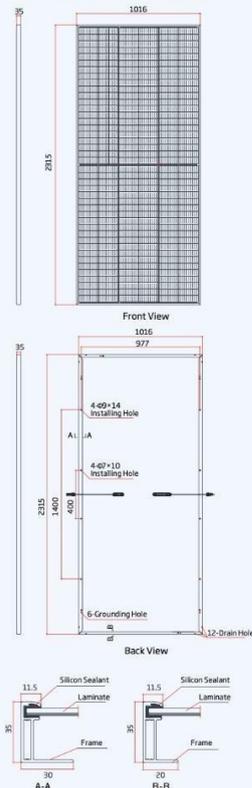
- Revisión absoluta de bibliografía y construcción del marco teórico para sustentar el sistema fotovoltaico híbrido.
- Análisis de mercado e investigación de los componentes adecuados para el sistema fotovoltaico híbrido.
- Recopilación y estudio detallado del consumo energético de las bodegas y oficinas para conocer sus necesidades.
- Cálculo preciso de las demandas energéticas basadas en el consumo identificado en las bodegas y oficinas.
- Desarrollo de un diseño conceptual que integre los estudios de consumo y las características de los componentes.
- Simulación del sistema propuesto mediante el software PVsyst para proyectar su rendimiento y eficiencia.
- Análisis completo y documentación de los resultados obtenidos en la simulación del sistema fotovoltaico.

ANEXO 1. Ficha técnica del panel solar

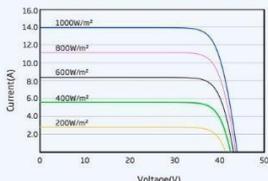


252 LAYOUT MODULE

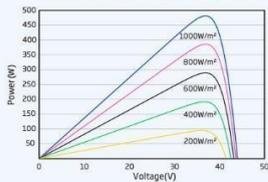
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(480W)



P-V CURVES OF PV MODULE(480W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	470	475	480	485	490
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	36.1	36.2	36.3	36.4	36.5
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	13.02	13.12	13.23	13.33	13.43
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	43.0	43.1	43.2	43.3	43.4
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	13.73	13.80	13.92	13.97	14.07
Module Efficiency η_m (%)	20.0	20.2	20.4	20.6	20.8

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AML5.
*Measuring tolerance: ±3%

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	354	358	362	365	369
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	33.6	33.8	33.9	34.0	34.1
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	10.53	10.59	10.68	10.72	10.80
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	40.5	40.6	40.7	40.7	40.8
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	11.06	11.12	11.22	11.26	11.34

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline PERC
Cell Orientation	252 cells (12 × 21)
Module Dimensions	2315 × 1016 × 35 mm (91.14 × 40 × 1.38 inches)
Weight	26.0 kg (57.3 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: N 450 mm/P 450 mm (17.72/17.72 inches), Landscape: N 1400/P 1400 mm (55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EV02 / TS4

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85 °C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	25A

WARRANTY

- 12 year Product Workmanship Warranty
- 25 year Power Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

- Modules per box: 31 pieces
- Modules per 40' container: 620 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
© 2020 Trina Solar Limited. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.
Version number: TSM_DE15V(I)_NA_2021_A www.trinasolar.com

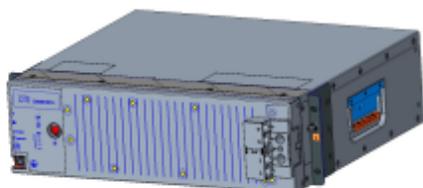
ANEXO 2. Ficha técnica del inversor fotovoltaico



Hoja de datos	MAC 15KTL3-XL	MAC 20KTL3-XL	MAC 22KTL3-XL	MAC 25KTL3-XL	MAC 30KTL3-XL	MAC 36KTL3-XL
Datos de entrada (CD)						
Máxima potencia FV recomendada	19500W	26000W	28600W	32500W	39000W	46800W
Máximo voltaje CD	1100V					
Voltaje de arranque	250V					
Voltaje nominal	360V					
Rango de voltaje de MPPT	200V-1000V					
Número de MPPTs	3					
Número de cadenas fotovoltaicas por seguidores de MPPT	4/4/4					
Max. corriente de entrada por rastreadores MPPT	46A/46A/46A					
Max. corriente de cortocircuito por rastreadores MPPT	50A/50A/50A					
Datos de salida (CA)						
Potencia nominal de CA	15000W	20000W	22000W	25000W	30000W	36000W
Max. potencia aparente de CA	16600VA@220VAC	22200VA@220VAC	24400VA@220VAC	27800VA@220VAC	33300VA@220VAC	36000VA@220VAC 39200VA@240VAC
Tensión nominal de CA (Rango)	127V/220V (101.6-139.7V)					
Frecuencia de la red de CA (Rango)	50/60Hz (46~54Hz/56~64Hz)					
Corriente nominal de salida de CA	39.4A	52.5A	57.7A	65.6A	78.8A	94.5A
Max. corriente de salida	43.6A	58.3A	64.0A	73.0A	87.4A	94.5A
Factor de potencia (potencia nominal)	>0.99					
Factor de potencia ajustable	0.8 adelante ... 0.8 atrasado					
THDi	<3%					
Tipo de conexión a la red de CA	3L+N+PE					
Eficiencia						
Máxima eficiencia	98.8%					
Eficiencia europea	98.2%					
Eficiencia de MPPT	99.9%					

ANEXO 3. Ficha técnica de baterías para sistema fotovoltaico híbrido

ZXESM R311 Lithium-ion Battery



ZXESM R311

Introduction

ZXESM R311 applies the advanced control management theory to its BMS system to implement real-time parameter detection, over-current/over-voltage protection, and multiple groups of parallel operation. With Lithium battery- Power -EMS structure, which is connected to the power supply system and EMS, the battery is upgraded from a dumb device to a remotely controllable management unit to ensure the safety of sites power backup and reduce routine O&M costs.

Product Features

- 3U height
- Supporting 19" rack or cabinet installation
- Maximum charging and discharging current: 100 A
- Supporting parallel operation of up to 32 sets of batteries
- Multiple communication interfaces, supporting IP network
- iLock technology^① and buzzer alarm for anti-theft
- GPS function (optional)

Technical Parameters

Item	Parameters
Rated capacity	100Ah(C ₅ ,25°C)
Nominal voltage	48V
Cathode material	LiFePO ₄ (Lithium Iron Phosphate)
Charge voltage	52.5Vdc~54Vdc
Max. charge/discharge current	100A/100A
Operating temperature	charging: 0°C~55°C, discharging: -20°C~+55°C
Storage temperature	0°C~+40°C
Dimensions(W*D*H mm)	442×400×130.5
Net weight	≤43kg
Self discharge@25°C	≤5% (90 days storage)
Methods for detecting battery theft	anti-theft cable, communication, gyroscope (optionally)
Altitude	0m~4000m

① ZXESM R311 can lock the battery output automatically when battery is stolen, and should be unlocked by authorized operators. There are multiple methods for detecting battery theft, including gyroscope, anti-theft cable, communication.

ZTE

ANEXO 1: ficha técnica de panel solar BiHiKu5 para sistema FV híbrido



BiHiKu5 Mono
BIFACIAL MONO PERC
465 W ~ 490 W
UP TO 30% MORE POWER FROM THE BACK SIDE
CS3Y-465 | 470 | 475 | 480 | 485 | 490MB-AG

MORE POWER

- 490 W** Module power up to 490 W
Module efficiency up to 20.7 %
- \$** Lower LCOE & BOS cost, cost effective product for utility power plant
- 📈** Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- 🏠** Compatible with mainstream trackers
- ☁️** Better shading tolerance

MORE RELIABLE

- 🛡️** Minimizes micro-crack impacts
- ⚡** Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa*

12 Years Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship*

30 Years Linear Power Performance Warranty*

1st year power degradation no more than 2%
Subsequent annual power degradation no more than 0.45%

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

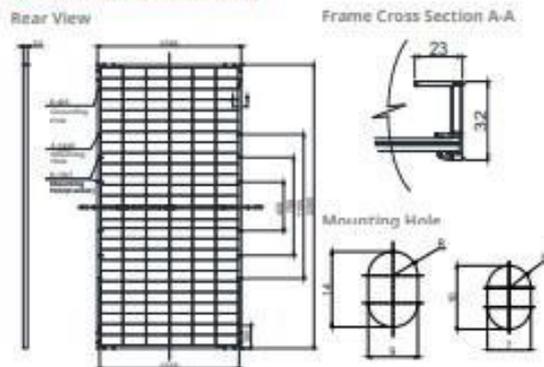
MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*
 ISO 9001:2015 / Quality management system
 ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 40 GW deployed around the world since 2001.

ENGINEERING DRAWING (mm)



ELECTRICAL DATA | STC*

	Nominal Max. Power (P _{max})	Opt. Operating Voltage (V _{mp})	Opt. Operating Current (I _{mp})	Open Circuit Voltage (V _{oc})	Short Circuit Current (I _{sc})	Module Efficiency	
CS3Y-465MB-AG	465 W	43.6 V	10.67 A	52.3 V	11.42 A	19.6%	
Bifacial Gain**	5%	488 W	43.6 V	11.20 A	52.3 V	11.99 A	20.6%
	10%	512 W	43.6 V	11.75 A	52.3 V	12.56 A	21.6%
	20%	558 W	43.6 V	12.80 A	52.3 V	13.70 A	23.6%
30%	605 W	43.6 V	13.88 A	52.3 V	14.85 A	25.5%	
CS3Y-470MB-AG	470 W	43.8 V	10.74 A	52.5 V	11.47 A	19.8%	
Bifacial Gain**	5%	494 W	43.8 V	11.29 A	52.5 V	12.04 A	20.9%
	10%	517 W	43.8 V	11.81 A	52.5 V	12.62 A	21.8%
	20%	564 W	43.8 V	12.89 A	52.5 V	13.76 A	23.8%
30%	611 W	43.8 V	13.96 A	52.5 V	14.91 A	25.8%	
CS3Y-475MB-AG	475 W	44.0 V	10.81 A	52.7 V	11.52 A	20.1%	
Bifacial Gain**	5%	499 W	44.0 V	11.35 A	52.7 V	12.10 A	21.1%
	10%	523 W	44.0 V	11.89 A	52.7 V	12.67 A	22.1%
	20%	570 W	44.0 V	12.97 A	52.7 V	13.82 A	24.1%
30%	618 W	44.0 V	14.05 A	52.7 V	14.98 A	26.1%	
CS3Y-480MB-AG	480 W	44.2 V	10.87 A	52.9 V	11.57 A	20.3%	
Bifacial Gain**	5%	504 W	44.2 V	11.41 A	52.9 V	12.15 A	21.3%
	10%	528 W	44.2 V	11.96 A	52.9 V	12.73 A	22.3%
	20%	576 W	44.2 V	13.04 A	52.9 V	13.88 A	24.3%
30%	624 W	44.2 V	14.13 A	52.9 V	15.04 A	26.3%	
CS3Y-485MB-AG	485 W	44.4 V	10.94 A	53.1 V	11.62 A	20.5%	
Bifacial Gain**	5%	509 W	44.4 V	11.49 A	53.1 V	12.20 A	21.5%
	10%	534 W	44.4 V	12.03 A	53.1 V	12.78 A	22.5%
	20%	582 W	44.4 V	13.13 A	53.1 V	13.94 A	24.6%
30%	631 W	44.4 V	14.22 A	53.1 V	15.11 A	26.6%	
CS3Y-490MB-AG	490 W	44.6 V	11.00 A	53.3 V	11.67 A	20.7%	
Bifacial Gain**	5%	515 W	44.6 V	11.55 A	53.3 V	12.25 A	21.7%
	10%	539 W	44.6 V	12.10 A	53.3 V	12.84 A	22.8%
	20%	588 W	44.6 V	13.20 A	53.3 V	14.00 A	24.8%
30%	637 W	44.6 V	14.30 A	53.3 V	15.17 A	26.9%	

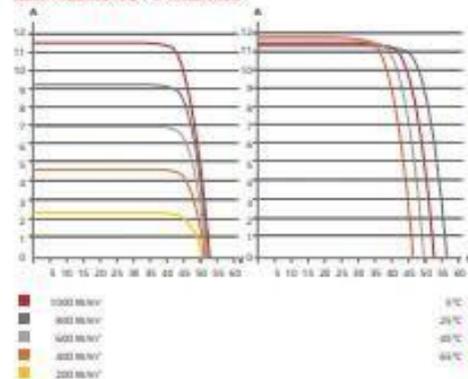
* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

** Bifacial Gain: The additional gain from the back side compared to the power of the front side at the standard test condition. It depends on mounting (structure, height, tilt angle etc.) and albedo of the ground.

ELECTRICAL DATA

Operating Temperature	-40°C – +85°C
Max. System Voltage	1500 V (IEC/UL) or 1000 V (IEC/UL)
Module Fire Performance	TYPE 3 (UL 61730) or CLASS C (IEC61730)
Max. Series Fuse Rating	25 A
Application Classification	Class A

CS3Y-480MB-AG / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | NMOT*

	Nominal Max. Power (P _{max})	Opt. Operating Voltage (V _{mp})	Opt. Operating Current (I _{mp})	Open Circuit Voltage (V _{oc})	Short Circuit Current (I _{sc})
CS3Y-465MB-AG	348 W	40.8 V	8.53 A	49.4 V	9.21 A
CS3Y-470MB-AG	352 W	41.0 V	8.59 A	49.5 V	9.25 A
CS3Y-475MB-AG	356 W	41.2 V	8.65 A	49.7 V	9.29 A
CS3Y-480MB-AG	359 W	41.4 V	8.69 A	49.9 V	9.33 A
CS3Y-485MB-AG	363 W	41.6 V	8.73 A	50.1 V	9.37 A
CS3Y-490MB-AG	367 W	41.7 V	8.81 A	50.3 V	9.41 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

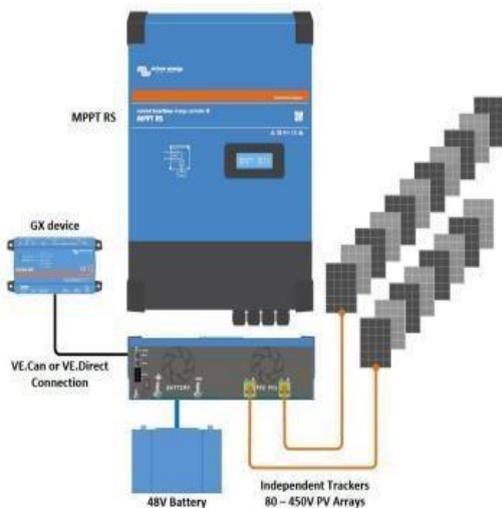
Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	156 [2X (13 X 6)]
Dimensions	2260 x 1048 x 32 mm (89.0 x 41.3 x 1.26 in)
Weight	29.9 kg (65.9 lbs)
Front / Back Glass	2.0 mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 diodes
Cable	4.0 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	400 mm (15.7 in) (+) / 280 mm (11.0 in) (-) or customized length**
Connector	T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2
Per Pallet	33 pieces
Per Container (40' HQ)	660 pieces or 528 pieces (only for US)

** For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

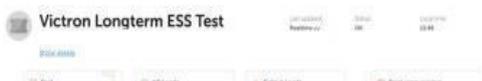
Specification	Data
Temperature Coefficient (P _{max})	-0.35 % / °C
Temperature Coefficient (V _{oc})	-0.27 % / °C
Temperature Coefficient (I _{sc})	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

Anexo 5. Controlador de carga solar



System example diagram
The 100 A MPPT RS combined with a GX device, charging a 48 V battery with 2 separate solar PV strings.

VRM Portal
When the MPPT RS is connected to a GX device with internet connection, or the GlobalLink 520 with built in 4G connectivity, you can access our free remote monitoring website (VRM). This will display all your system data in a comprehensive graphical format. Alarms can be received by e-mail.



Isolated SmartSolar MPPT RS	450 100	450 200
CHARGER		
Battery voltage	48 V	
Rated charge current	100 A	200 A
Maximum charge power	5.8 kW at 57.6 V	11.5 kW at 57.6 V
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 57.6 V (adjustable)	
Charge voltage 'float'	Default setting: 55.2 V (adjustable)	
Programmable voltage range	Minimum: 36 V Maximum: 60 V ⁽⁷⁾	
Charge algorithm	Multi-stage adaptive (adjustable)	
Battery temperature sensor	Included	
Maximum efficiency	96 %	
Self-consumption	15 mA	
SOLAR		
Maximum DC PV voltage	450 V	
Start-up voltage	120 V	
MPPT operating voltage range	65 - 450 V ⁽¹⁾	
Number of trackers	2	4
Max. PV operational input current	16 A per tracker	
Max. PV short circuit current ⁽²⁾	20 A per tracker	
Max. DC output charging power	4000 W per tracker 5760 W total	4000 W per tracker 11520 W total
Maximum PV array size per tracker ⁽³⁾	7200 Wp (450 V x 20 A) ⁽³⁾	
PV Isolation fail level ⁽⁶⁾	100 kΩ	
GENERAL		
Synchronised Parallel Operation	Yes, up to 25 units with VE.Can	
Programmable relay ⁽⁸⁾	Yes	
Protection	PV reverse polarity Output short circuit Over temperature	
Data communication	VE.Direct port, VE.Can port & Bluetooth (6)	
Bluetooth frequency	2402 - 2480 MHz	
Bluetooth power	4dBm	
General purpose analogue/digital in port	Yes, 2x	
Remote on-off	Yes	
Operating temperature range	-40 to +60 °C (fan assisted cooling)	
Humidity (non-condensing)	max 95 %	
ENCLOSURE		
Material & Colour	steel, blue RAL 5012	
Protection category	IP21	
Battery-connection	2x M8 bolts, 1x positive and 1x	4x M8 bolts, 2x positive and 2x

Anexo 6. Autorización para el uso del nombre de la compañía Xuri S.A.

The screenshot displays an Outlook email client interface. At the top, the logo for 'UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR' is visible. The main window shows an email titled 'Autorización para el uso del nombre de la compañía Xuri S.A. en proyecto de tesis Estimado Víctor Enmanuel Campoverde Sacoto'. The sender is 'XURI ECUADOR <xurimotos@gmail.com>' and the recipient is 'Est. Victor Emmanuel Campoverde Sacoto', dated 'Jue 27/02/2025 13:22'. A yellow warning banner states: 'ATENCIÓN: Este mensaje proviene de un remitente EXTERNO - manténgase alerta, especialmente con los enlaces y archivos adjuntos. Si tiene alguna sospecha, envíelo inmediatamente como adjunto a seguridaddtic@ups.edu.ec.' The email body contains the following text: 'Por medio de la presente, y en representación de la administración de Xuri S.A., autorizamos el uso del nombre de nuestra empresa en el proyecto de tesis titulado "Diseño de un Sistema de Energía Fotovoltaico Híbrido para las Bodegas de la Compañía Xuri S.A.". Dicha autorización se otorga exclusivamente con fines académicos y de investigación, sin que esto genere ningún tipo de compromiso legal, comercial o de otra índole para nuestra empresa. Solicitamos que cualquier referencia a Xuri S.A. en el desarrollo del proyecto se realice con responsabilidad y en concordancia con su propósito académico. Quedamos a disposición para cualquier consulta adicional que pudiera surgir. Atentamente, Ing. Jónnathan Palacios Gerente Administrativo de XURI S.A. administracion@xurisa.com 0980364625'. Below the text are 'Responder' and 'Reenviar' buttons. On the right, a preview pane shows a similar email from 'Est. Victor Emmanuel Campoverde Sacoto' to 'Est. Alexander Israel Gonzalez Chacon' dated 'Jue 27/02/2025 10:27', with an attachment 'Autorización para el uso del ...' (3 KB) and 'Responder'/'Reenviar' buttons. The bottom of the interface shows a taskbar with various system icons.