



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

“Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico de la empresa confecciones JBWorker”

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO

AUTORES:

Angelo Alexander Pilataxi Quinaluisa

Jhon Dario Vinueza Tenorio

TUTOR:

Ing. Franklin Hernán Vásquez Teneda MSc

Latacunga, agosto 2025

Latacunga, 30 de Julio del 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Pilataxi Quinaluisa Angelo Alexander** y **Vinueza Tenorio Jhon Dario** declaramos ser autores del proyecto de titulación "Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico de la empresa confecciones JBWorker", siendo el Ing. **Franklin Hernán Vásquez Teneda MSc** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Pilataxi Quinaluisa Angelo Alexander
C.C. 172750598-2

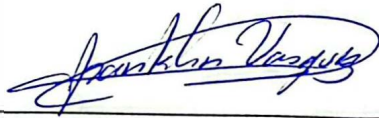


Vinueza Tenorio Jhon Dario
C.C. 175238518-5

Latacunga, 30 de Julio del 2025

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico de la empresa confecciones JBWorker”**, propuesto por los estudiantes **Pilataxi Quinaluisa Angelo Alexander y Vinueza Tenorio Jhon Dario**, de la carrera de **Ingeniería en Electricidad**, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Franklin Hernán Vázquez Teneda MSc

C.C. 171043449-7

Latacunga, 30 de Julio del 2025

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

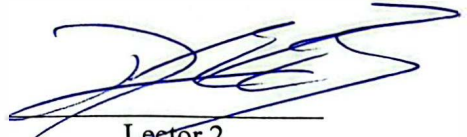
Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “**Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico de la empresa confecciones JBWorker**”, propuesto por los estudiantes **Pilataxi Quinaluisa Angelo Alexander y Vinueza Tenorio Jhon Dario** de la Carrera de **Ingeniería en Electricidad**, me permito indicar que los estudiantes han concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Proyecto de Investigación en virtud de lo cual los postulantes pueden presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,



Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Jimenez Diego
CC:050349370-2



Lector 2
Nombre: Ing. Estupiñan Diego
CC:050165650-8



Lector 3
Nombre: Ing. Mullo Mauricio
CC:050375518-3

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, quienes me han apoyado incondicionalmente a lo largo de todo este camino universitario. Su amor, esfuerzo y confianza han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

Agradezco también a mi amiga Arianny, que a pesar de la distancia siempre me brindó palabras de aliento y apoyo en los momentos más importantes.

De igual manera, extiendo mi agradecimiento a mi prima Dany, por estar presente y acompañarme durante este proceso. Su ayuda fue clave para culminar este trabajo. Y a mi tío Wilson Quinaluisa quiero agradecerle por su apoyo incondicional.

A la empresa JBWorker, mi sincero agradecimiento por abrirme las puertas y permitirme desarrollar este proyecto en sus instalaciones, brindando siempre la disposición necesaria. Así mismo a Don José y la Señora Marcia que siempre me apoyaron.

Mi gratitud al Ing. Franklin Vásquez, tutor de este trabajo, por su guía, paciencia y valiosos conocimientos que contribuyeron significativamente al desarrollo de esta tesis.

Agradezco profundamente a mis jefes, Nelly y José, por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento, que me motivaron en cada etapa de mi formación.

Finalmente, agradezco a todos los directivos y docentes de la Universidad por su dedicación, compromiso y vocación de servicio, que han sido clave en mi formación académica y profesional.

Angelo...

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme salud, fortaleza y vida, permitiéndome alcanzar esta meta académica y superar cada uno de los desafíos presentados a lo largo de este camino.

Mi sincero agradecimiento al Ing. Franklin Vásquez, mi tutor, por su valiosa orientación, compromiso y constante apoyo durante el desarrollo de esta tesis. Su experiencia y guía fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

También extiendo mi gratitud a las autoridades de la universidad, por proporcionar el entorno académico adecuado y las herramientas necesarias para mi formación profesional.

Jhon...

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mi sobrino Sebastián, quien ha sido una fuente constante de inspiración para seguir luchando día a día. Que este logro le recuerde que, a pesar de las adversidades, siempre es posible salir adelante.

A mi sobrina Ailany, que con su ternura e inocencia ilumina mis días. Que este paso en mi vida sea también una luz para tus propios sueños.

A mi madre, Gabriela Quinaluisa, quien siempre estuvo a mi lado, guiándome, apoyándome e inculcándome valores que se convirtieron en el pilar fundamental para salir adelante. Su amor y dedicación me motivaron a seguir cada día.

A mi padre, Juan Pilataxi, quien, aunque ya no está físicamente conmigo, sé que me acompaña y me cuida desde el cielo. Gracias por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo, fortaleza y perseverancia.

Y a mi abuelita Julia Mayanza, por su amor, cuidados y por creer siempre en mí. Tu confianza fue un impulso invaluable en este camino.

Angelo...

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía constante, por darme vida, salud y la fortaleza necesaria para no rendirme en los momentos difíciles. Sin Su presencia, este logro no habría sido posible.

Con todo mi amor y desde lo más profundo de mi corazón, dedico este trabajo a mi madre, quien, aunque ya no está físicamente a mi lado, vive eternamente en mi recuerdo. Su amor incondicional, su ejemplo de lucha y su memoria me han acompañado y motivado en cada paso de este camino. Ella es, y siempre será, mi mayor inspiración.

A mi padre, Roberto Vinueza, por su amor incondicional, sus sabios consejos y su fe constante en mí. Gracias por enseñarme, con tu ejemplo, el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis abuelitos, Jesús Vinueza y Rosario Lescano, por ser pilares fundamentales en mi vida. Gracias por su cariño, por criarme con tanto amor y por acogerme como un hijo más. Sus enseñanzas y consejos han sido una brújula en mi formación.

A mi tía, Carmen Tenorio, por su inmenso corazón, por estar presente cuando más la necesité, por su comprensión y por brindarme su apoyo sin pedir nada a cambio. Su ayuda ha sido clave en mi camino académico.

Y en general, a toda mi familia —de parte de mi madre y de mi padre— por su respaldo, confianza y palabras de aliento en cada etapa de esta travesía. Gracias por creer en mí incluso cuando las circunstancias no eran fáciles. Este logro no es solo mío: es de todos ustedes.

Jhon...

RESUMEN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico de la empresa confecciones JBWorker.

Autores:

Angelo Alexander Pilataxi Quinaluisa

Jhon Dario Vinueza Tenorio

Este trabajo de investigación ofrece una visión completa sobre el autoconsumo energético a través de fuentes renovables, enfocándose especialmente en la energía solar fotovoltaica, que se presenta como una alternativa fundamental para avanzar hacia sistemas energéticos más sostenibles y eficientes. El estudio se llevó a cabo en la empresa de confecciones JBWorker, con el propósito de analizar su demanda eléctrica mediante inspecciones técnicas en sus instalaciones y mediciones con equipos especializados, lo que permitió crear un perfil de consumo adecuado. Con esta información, se diseñó un sistema fotovoltaico Off Grid que genera energía eléctrica a partir de paneles solares destinado al sistema de iluminación y, en caso de que no sea suficiente, se complementa con el suministro de la red pública. Esta configuración tiene como objetivo reducir la dependencia de la energía convencional, lo que se traduce en una disminución de los costos mensuales de la factura eléctrica en un 80,3% anuales y en beneficios adicionales para la empresa, tanto económicos como ambientales.

Para evaluar la viabilidad del sistema propuesto, se realizaron simulaciones bajo condiciones reales de operación, teniendo en cuenta factores técnicos, climáticos y económicos. Estas simulaciones validaron el rendimiento del sistema en diversas situaciones, demostrando que su implementación es tanto viable como rentable a largo plazo.

Los resultados muestran que el uso de un sistema fotovoltaico Off Grid optimiza el aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles, mejora la eficiencia energética de la empresa y promueve un uso responsable de la energía. En resumen, la integración de energías renovables en el sector industrial, como en el caso de JB Worker, representa una solución estratégica ante el aumento de los costos eléctricos y el compromiso con la sostenibilidad ambiental.

Palabras Claves: Renovables, demanda, viabilidad, deficiencia, sostenibilidad.

ABSTRACT

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: Feasibility study of a photovoltaic system for the electrical supply of the JBWorker clothing company.

Authors:

Angelo Alexander Pilataxi Quinaluisa

Jhon Dario Vinueza Tenorio

This research project offers a comprehensive overview of energy self-consumption through renewable sources, with a particular focus on photovoltaic solar energy, which is presented as a fundamental alternative for moving towards more sustainable and efficient energy systems. The study was conducted at the JBWorker clothing company to analyze its electricity demand through technical inspections of its facilities and measurements using specialized equipment, which enabled the creation of an accurate consumption profile. With this information, an off-grid photovoltaic system was designed to generate electricity from solar panels for the lighting system. If this is insufficient, it is supplemented by the public grid supply. This configuration aims to reduce dependence on conventional energy, resulting in an 80.3% annual reduction in monthly electricity bills, as well as additional economic and environmental benefits for the company. To assess the viability of the proposed system, simulations were carried out under real operating conditions, taking into account technical, climatic, and economic factors. These simulations validated the system's performance in various situations, demonstrating that its implementation is both feasible and profitable in the long term. The results show that the use of an off-grid photovoltaic system optimizes the use of available energy resources, improves the company's energy efficiency, and promotes responsible energy use. In summary, the integration of renewable energies in the industrial sector, as exemplified by JB Worker, represents a strategic solution to rising electricity costs and a commitment to environmental sustainability.

Keywords: Renewables, Demand, Feasibility, Deficiency, Sustainability.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA CONFECIONES JBWORKER”** presentado por: **Pilatani Quinaluisa Angelo Alexander y Vinuesa Tenorio Jhon Dario**, egresados de la Carrera de: **Ingeniería en Electricidad**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Julio del 2025

Atentamente,

Mg. Bolívar Cevallos Galarza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0910821669



CENTRO
DE IDIOMAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
AVAL DE TRADUCCIÓN	xi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	2
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	4
2.3.1. Objeto de Investigación	4
2.3.2. Campo de Acción:	4
2.4. BENEFICIARIOS	4
2.4.1. Directo	4
2.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	4
2.6. OBJETIVOS	5
2.6.1. General	5
2.6.2. Específicos	5
2.7. SISTEMAS DE TAREAS	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO	6
3.1.1. Generación eléctrica	6

3.1.2.	Demanda eléctrica	8
3.1.3.	Estiaje en el ecuador	8
3.1.4.	Inversión para el sector eléctrico	9
3.1.5.	Proyección de la demanda	9
3.2.	ENERGÍA SOLAR	10
3.2.1.	Radiación solar	12
3.2.2.	Tipos de radiación solar	12
3.3.	PANEL FOTOVOLTAICO	15
3.3.1.	Sistema fotovoltaico	16
3.3.2.	Componentes de los sistemas fotovoltaicos	17
3.4.	CARACTERISTICA DE LA CARGA	20
3.4.1.	Demanda eléctrica	20
3.4.2.	Curva de demanda	20
3.4.3.	Factor de utilidad (Fu)	21
3.4.4.	Demanda máxima (DM)	21
3.4.5.	Factor de planta (Fp)	21
3.5.	METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	22
3.5.1.	Cálculo del generador fotovoltaico	22
3.5.2.	Cálculo de la hora solar mínima	22
3.5.3.	Cálculo para determinar la cantidad de paneles	23
3.5.4.	Cálculo para determinar el controlador de carga	23
3.5.5.	Cálculo de las baterías	23
3.5.6.	Cálculo del inversor	24
3.5.7.	Cálculo de la energía producida anual	24
3.6.	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	25
3.6.1.	Valor actual neto (VAN)	25
3.6.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	26
3.6.3.	Período de recuperación compuesto (PRc)	27
4.	METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS	27
4.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA JBWORKER	29

4.2.	ESQUEMA GENERAL DE LA EMPRESA JBWORKER	31
4.3.	ESTUDIO DE CARGAS	32
4.4.	DISEÑO DEL ESQUEMA UNIFILAR	33
4.5.	IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN EN EL TABLERO PRINCIPAL	35
4.5.1.	Procesamiento y evaluación de datos para definir la carga de iluminación	36
4.6.	DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	41
4.6.1.	Datos de la potencia solar	41
4.6.2.	Interpretación de la irradiancia media	43
4.6.3.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	48
4.6.4.	Diseño de puesta a tierra según normativa	52
4.7.	MODELADO Y SIMULACIONES	57
4.7.1.	PVsyst	57
4.8.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE	66
5.	ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	66
5.1.	MEDICIONES CON EL ANALIZADOR DE RED	66
5.1.1.	Datos de voltaje	66
5.1.2.	Datos de corriente	69
5.1.3.	Datos de energía	71
5.2.	DESEMPEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	72
5.2.1.	Energía producida anualmente	72
5.2.2.	Evaluación del rendimiento energético	76
5.3.	ARREGLO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	77
5.3.1.	Configuración del sistema de puesta a tierra	81
5.4.	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	84
5.4.1.	PVsyst	84
5.5.	PRESUPUESTO PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO	92
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
7.	BIBLIOGRAFIA	101
8.	ANEXOS	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución histórica de potencia.	7
Figura 2. Demanda máxima (plurianual).	8
Figura 3. Precipitaciones en Ecuador.	9
Figura 4. Proyección de la demanda a nivel nacional.	10
Figura 5. Energía solar fotovoltaica.	11
Figura 6. Rayos infrarrojos.	13
Figura 7. Rayos visibles.	14
Figura 8. Rayos ultravioletas.	14
Figura 9. Panel fotovoltaico.	15
Figura 10 Radiación directa y radiación difusa.	15
Figura 11. Sistema On Grid.	16
Figura 12. Sistema Off Grid.	16
Figura 13. Sistema híbrido.	17
Figura 14. módulo fotovoltaico.	18
Figura 15. Estructura de soporte para módulos fotovoltaicos.	18
Figura 16. Inversor CC- CA.	19
Figura 17. Banco de baterías.	19
Figura 18. Cables eléctricos.	20
Figura 19. Curva de demanda eléctrica.	21
Figura 20. Enfoque metodológico empleado.	28
Figura 21. Localización de JBWorker en Google Maps.	29
Figura 22. Entrada a Confecciones JBWorker.	30
Figura 23. Instalaciones de Confecciones JBWorker.	30
Figura 24. Azotea de Confecciones JBWorker.	31
Figura 25. Planos generales de la empresa JBWorker.	31
Figura 26. Diagrama detallado de la carga de la empresa JBWorker.	32
Figura 27. Diagrama unifilar.	34
Figura 28. Diagrama unificar con el sistema fotovoltaico.	34
Figura 29. Proceso de implementación del analizador de redes.	35
Figura 30. Potencia activa de la línea.	37

Figura 31. Potencia activa de la línea 2	37
Figura 32. Potencia total.	38
Figura 33. Curva promedio de consumo de potencia.	39
Figura 34. Curva de la irradiancia global.	45
Figura 35. Curva de la irradiación.	47
Figura 36. modelo de dos capas.	53
Figura 37. Diagrama del sistema IT.	55
Figura 38. Varilla terminal de aire no aislado [36].	55
Figura 39. Ingreso de datos de resistividad del suelo.	56
Figura 40. Parámetros de conductor y varillas.	57
Figura 41. Diseño de malla de puesta a tierra	57
Figura 42. Software de simulación PVSYST.	58
Figura 43. Ubicación geográfica de la empresa en PVSYST.	59
Figura 44. Importación de base de datos meteorológicos de la plataforma NASA-SSE	59
Figura 45. Importación de Datos de irradiación en el software.	60
Figura 46. Gestión de operaciones.	60
Figura 47. consumo diario de energía	61
Figura 48. Distribución por hora de energía	62
Figura 49. Parámetros de módulo fotovoltaico	63
Figura 50. Características del inversor.	64
Figura 51. Características de las baterías.	65
Figura 52. Diseño del sistema fotovoltaico.	65
Figura 53. Voltaje línea-neutro de la fase.	67
Figura 54. Voltaje línea-neutro de la fase 2.	67
Figura 55. Voltaje línea-línea	68
Figura 56. Corriente de la línea 1.	70
Figura 57. Corriente de la línea 2.	70
Figura 58. Energía consumida	72
Figura 59. Producción de energía.	75
Figura 60. Arreglo de los paneles solares.	77
Figura 61. Arreglo del banco de baterías.	78

Figura 62. Conexión de los paneles en las instalaciones de JBWorker.	79
Figura 63. Diagrama unifilar incluido el sistema fotovoltaico.	80
Figura 64. Conexión de la malla de puesta a tierra.	82
Figura 65. Resultados del SPT en ETAP.	82
Figura 66. Sistema fotovoltaico con la puesta a tierra.	83
Figura 67. Características generales del diseño.	84
Figura 68. Resultados principales del sistema fotovoltaico.	85
Figura 69. Distribución de energía.	86
Figura 70. Rendimiento del sistema fotovoltaico.	87
Figura 71. Diagrama de pérdida del sistema fotovoltaico.	89
Figura 72. Diagrama entrada /salida diaria de energía.	90
Figura 73. Corriente de carga y descarga de las baterías en un día.	91
Figura 74. Corriente de carga y descarga de las baterías.	92
Figura 75. Costos de instalación de operación.	96
Figura 76. Tasa de interés y fondos.	97
Figura 77. Costo del kWh.	97
Figura 78. Resultados de Pvsyst.	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Áreas Conocimientos Unesco.	1
Tabla 2. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.	5
Tabla 3. Potencia por tipo de central.	7
Tabla 4. Centrales fotovoltaicas que entraran en operación.	10
Tabla 5. Datos del estudio de cargas de iluminación.	33
Tabla 6. Datos de irradiancia (kW/m²).	41
Tabla 7. Irradiancia global(kW/m²).	44
Tabla 8. Irradiancia promedio mes (kW/m²).	46
Tabla 9. Irradiación promedio de cada mes	47
Tabla 10. Estándares para elegir el voltaje de los paneles.	49
Tabla 11. Datos del panel solar.	49
Tabla 12. Variable independiente: Sistema fotovoltaico hibrido.	66
Tabla 13. Variable dependiente: consumo energético	66
Tabla 14. Energía producida anualmente.	74
Tabla 15. Balances y resultados mensuales.	88
Tabla 16. Lista de materiales	93
Tabla 17. Consumo de energía en un año.	93
Tabla 18. Primer escenario.	94
Tabla 19. Comparación cálculos vs Pvsyst.	98

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estudio de cargas de la empresa JBWorker.....	105
Anexo 2. Resistividad según el tipo de suelo.....	106
Anexo 3. Datos tomados de voltaje de línea-neutro y línea-línea	107
Anexo 4. Datos tomados de corriente de línea-neutro	113
Anexo 5. Datos tomados de potencia de línea1 y 2 como la potencia total.	117
Anexo 6. Datos tomados de energía de línea1 y 2 como la energía total.....	121
Anexo 7. Datos de irradiancia del mes de enero.	125
Anexo 8. Datos de irradiancia del mes de febrero.	126
Anexo 9. Datos de irradiancia del mes de marzo.	127
Anexo 10. Datos de irradiancia del mes de abril.....	128
Anexo 11. Datos de irradiancia del mes de mayo.....	129
Anexo 12. Datos de irradiancia del mes de junio.	130
Anexo 13. Datos de irradiancia del mes de julio.	131
Anexo 14. Datos de irradiancia del mes de agosto.	132
Anexo 15. Datos de irradiancia del mes de septiembre.	133
Anexo 16. Datos de irradiancia del mes de octubre.....	134
Anexo 17. Datos de irradiancia del mes de noviembre.....	135
Anexo 18. Datos de irradiancia del mes de diciembre.....	136
Anexo 19. Datos del panel solar (hoja 1).....	137
Anexo 20. Datos del panel solar (hoja 2).....	138
Anexo 21. Datos de las baterías (hoja 1)	139
Anexo 22. Datos de las baterías (hoja 2)	140
Anexo 23. Datos del inversor.....	141

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto: Estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico de la empresa confecciones JBWorker.

Modalidad de Titulación:

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Propuesta tecnológica	Informe de propuesta tecnológica	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
	Artículo científico	
Proyecto de investigación	Informe de Proyecto de investigación	X
	Artículo científico	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
Examen de indicadores de RDA		

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Angelo Alexander Pilataxi Quinaluisa

Jhon Dario Vinueza Tenorio

Ing. Franklin Hernán Vásquez Teneda MSc.

Área de Conocimiento:

Tabla 1. Áreas Conocimientos Unesco.

07 ingeniería, Industria y Construcción	071 ingeniería y Profesionales Afines	0713 electricidad y Energía
---	---------------------------------------	-----------------------------

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Control y optimización en el uso de energías en el sector industrial, comercial y residencial.

2. INTRODUCCIÓN

La meta principal de este proyecto es identificar si resulta viable poner en marcha un sistema fotovoltaico Off Grid en JBWorker, buscando cubrir las necesidades de alumbrado de sus instalaciones. Para lograrlo, se está llevando a cabo un estudio exhaustivo que contempla tanto el análisis de la demanda eléctrica como la disponibilidad de luz solar. Inicialmente, se están juntando datos concretos de todas las cargas eléctricas que entran en juego en el día a día de la empresa, esto se realiza toma de mediciones en una semana con ayuda del analizador de redes Fluke 435 series II, lo cual da un perfil de consumo bastante afinado.

Además, se recopilaron datos sobre la radiación solar que nos facilita la NASA. Esta información es crucial para dimensionar bien el sistema fotovoltaico. Usando toda esta información como base, se realiza una simulación en PVsyst para identificar la confiabilidad del sistema. También, para juzgar si el proyecto tiene sentido desde el punto de vista económico, se está usa el mismo programa, lo que permite hacer un análisis financiero a fondo y probar que la implementación si es factible.

El proyecto se basa en información real, modelos de simulación que facilitan evaluar con exactitud qué tan viable es el sistema fotovoltaico, y con sus esquemas eléctricos y diagrama unifilar correspondientes. Los resultados que se obtengan podrían servir como un cimiento técnico robusto para una futura puesta en marcha, afinando el consumo de energía y fomentando el uso de energías renovables en la empresa.

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Actualmente la energía eléctrica se ha convertido indispensable para el desarrollo de la población, y se buscan formas de generar energía que respeten el ecosistema y el medio ambiente para reducir los índices de contaminación. Debido a esto se ha visto la necesidad de realizar un análisis para el suministro de energía eléctrica a la empresa JBWorker, a partir de un sistema fotovoltaico. Este estudio es factible debido a los alto niveles de radiación solar que existe en Pichincha, además

debido a su ubicación geográfica el Ecuador tiene diariamente un aproximado de seis horas de luz solar perpendicular.

Se ha considerado necesario llevar a cabo un análisis del suministro energético para la empresa JBWorker, debido a los problemas actuales que enfrenta el país. La insuficiencia de generación eléctrica para cubrir la demanda ha motivado la búsqueda de alternativas a la energía hidroeléctrica, debido a las sequías extremas actuales han reducido el caudal de agua necesario para operar las centrales hidroeléctricas. Por ello, se ha decidido realizar un estudio sobre los sistemas fotovoltaicos, con el objetivo de que pueda satisfacer la demanda de iluminación de la empresa y reducir así el suministro energético.

En la actualidad alrededor de mundo tienen bastantes proyectos sobre la generación de energía eléctrica aprovechando el recurso fotovoltaico, en el trabajo de titulación de Villegas (2021) nos menciona que en todo el mundo hay una capacidad de generar energía con paneles solares de alrededor de 200MW y en el Ecuador es de 28MW.

Debido a que existe un cambio en la matriz energética en el país que permite este tipo de proyectos y además esta una forma de reducir los índices de contaminación que generan otras formas de producir electricidad también por otro lado ayuda a reducir los costos de las planillas eléctricas, debido a que esta alimentara las instalaciones de la empresa en su mayoría y lo que no logre satisfacer la demanda de la empresa se lo alimentara de la red pública, así se reduce el consumo de energía eléctrica.

De tal manera se ha visto la necesidad de realizar el análisis para ver la factibilidad de abastecer a la empresa JBWorker mediante un sistema fotovoltaico. Este análisis incluirá la revisión de datos de la radiación solar y así con estos datos ver las horas con mayor índice de radiación en el sector de Machachi, cantón Mejía y con los datos obtenidos dimensionar el sistema fotovoltaico que abastezcan la demanda de iluminación de la empresa.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Puede un sistema fotovoltaico abastecer la potencia requerida para iluminación de la empresa JBWorker?

2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1. Objeto de Investigación

Sistema fotovoltaico.

2.3.2. Campo de Acción:

3322.05 Fuentes no convencionales de energía

2.4. BENEFICIARIOS

2.4.1. Directo

La Empresa confecciones JBWorker, quienes se beneficiarán directamente del estudio que se va a realizar para abastecer la carga de iluminación.

2.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La decisión de enfocar la tesis en evaluar la viabilidad de un sistema fotovoltaico para cubrir las necesidades eléctricas de la empresa Confecciones JBWorker, surge de varias ventajas y necesidades para la compañía.

Aprovechar la energía solar le dará a JBWorker la posibilidad de reducir su dependencia de la red eléctrica tradicional. Esto no solo garantiza un suministro de energía constante y seguro para sus operaciones, sino que también puede ser fundamental ante posibles apagones o problemas en la red.

Al inclinarse por métodos sostenibles, proyecta una imagen positiva hacia la sociedad y se posiciona como un modelo de compromiso social. La comunidad de la zona puede sacar provecho del conocimiento y la experiencia obtenidos durante la ejecución del proyecto, impulsando así una mayor adopción de tecnologías ecológicas en la región.

El análisis del sistema fotovoltaico aporta de manera importante a la disminución suministro energético y al impulso de prácticas amigables con el medio ambiente. La energía solar es una fuente pura y renovable, lo que conecta este proyecto con las metas mundiales de reducción del cambio climático y protección del entorno natural.

Desde 2014, Ecuador ha aumentado considerablemente su capacidad de generación energía eléctrica para satisfacer la creciente demanda. Sin embargo, se pudo evidenciar que enfrente apagones debido a la falta de lluvias, que ha afectado las centrales hidroeléctricas, junto con problemas administrativos, falta de mantenimiento e insuficiente inversión en nuevos proyectos. Esto ha provocado la interrupción de más de siete centrales y cortes de hasta 10 horas en algunas zonas.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. General

Desarrollar un estudio de factibilidad de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico en la carga de iluminación de la empresa confecciones JBWorker, ubicada en el sector de Machachi, cantón Mejía.

2.6.2. Específicos

Llevar a cabo un estudio de arte relacionado con sistemas fotovoltaicos como una fuente alternativa de suministro eléctrico.

Realizar un estudio de cargas y mediciones en la empresa para determinar la demanda de iluminación, así como evaluar la radiación solar disponible en la zona mediante el análisis de datos meteorológicos.

Diseñar un sistema fotovoltaico eficiente, considerando los diversos factores técnicos y climáticos que existe en la zona, utilizando un software de simulación.

Analizar los beneficios económicos que tendrá el sistema fotovoltaico para la empresa.

2.7. SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 2. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

Objetivos Específicos	Actividades (Tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e instrumentos
Llevar a cabo un estudio de arte relacionado con sistemas fotovoltaicos como una fuente alternativa de suministro eléctrico	Analizar las temáticas a realizarse en el proyecto	Informe de resultados	Registro de Datos
	Estudio General de Cargas (Iluminación,	Informe de Resultados General	Registros de mediciones

Realizar un estudio de cargas y mediciones en la empresa para determinar la demanda de iluminación, así como evaluar la radiación solar disponible en la zona mediante el análisis de datos meteorológicos.	Fuerza, Tomas especiales)	de las cargas instaladas	
	Ubicación Geográfica del lugar	Especificaciones del lugar con la ayuda del programa Google Maps	Software especializado
	Potencial Solar de la zona	Archivo Ejecutable de la radiación solar de la zona	Software especializado
		Determinación del potencial solar a partir de cálculos	Registro de Datos
Diseñar un sistema fotovoltaico eficiente, considerando los diversos factores técnicos y climáticos que existe en la zona, utilizando un software de simulación.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico conectado a la red	Determinación de las dimensiones y numero de paneles a partir de cálculos	Registro de Datos
	Plano de ubicación de los paneles solares en el lugar	Archivo Ejecutable en Autocad de ubicación de los paneles solares	Software especializado
Analizar los beneficios economías que tendrá el sistema fotovoltaico para la empresa.	Presupuestos, inversiones y retorno de la inversión	Análisis Financiero del proyecto	Registro de Datos

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO

3.1.1. Generación eléctrica

A lo largo de estos últimos años la generación de energía eléctrica ha crecido en los últimos años como podemos observar en la Figura 1 donde se puede observar la curva de crecimiento de la potencia nominal (datos de placa) y potencia efectiva (potencia que puede entregar) [1].

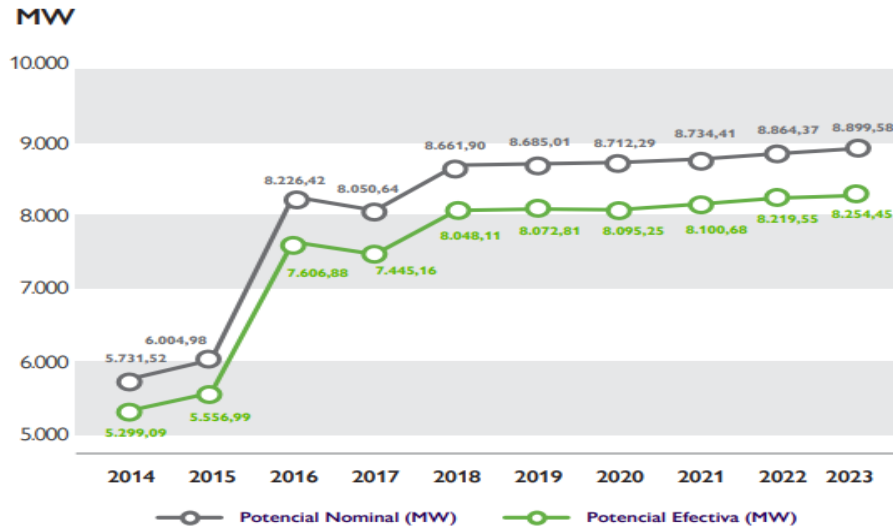


Figura 1. Evolución histórica de potencia [1].

La potencia máxima que entregan las centrales en el año 2023 es de 8254,45 MW a comparación del año 2014 que fue de 5299,09 MW con un crecimiento de potencia de generación del 55,77% en los últimos 9 años, como se evidencia en la Figura 1 entre los años 2015 a 2016 son los años con mayor crecimiento generación de energía eléctrica.

En la Tabla 3 se puede observar en la potencia por el tipo de central, se evidencia como ha ido evolucionado la potencia que entrega cada tipo de central a lo largo de 9 años donde las centrales hidráulicas han crecido un 129,93% estas centrales aportan con 62,42% al total de energía que se genera, Eólicas 236,31%, Térmica biomasa no existe crecimiento, Fotovoltaica 6,82%, Biogás la primera central fue construida en el año 2023 y las térmicas no ha tenido crecimiento [1], [2].

Tabla 3. Potencia por tipo de central [1], [2].

Tipo de energía	Tipo de central	potencia nominal		potencia efectiva	
		2014	2023	2014	2023
Renovable	Hidráulica	2248,09	5192,3	2.240,77	5.152,31
	Eólica	21,15	71,13	21,15	71,13
	Térmica Biomasa	144,3	144,3	136,4	136,4
	Fotovoltaica	26,41	29,06	26,37	28,17
	Térmica Biogás	-----	8,32	-----	7,2
No Renovable	Térmica	3291,58	3454,47	2.874,39	2.859,24
Total		5731,52	8899,58	5299,09	8254,24

3.1.2. Demanda eléctrica

De igual manera que la potencia que genera ha ido incrementada en los últimos años la demanda eléctrica ha incrementado como se puede observar en la Figura 2 en el 2014 la demanda máxima que se presentó fue de 3502,64 MW y en el año 2023 fue de 4810,72 MW dando así un incremento del 37,34 % [1], [2].

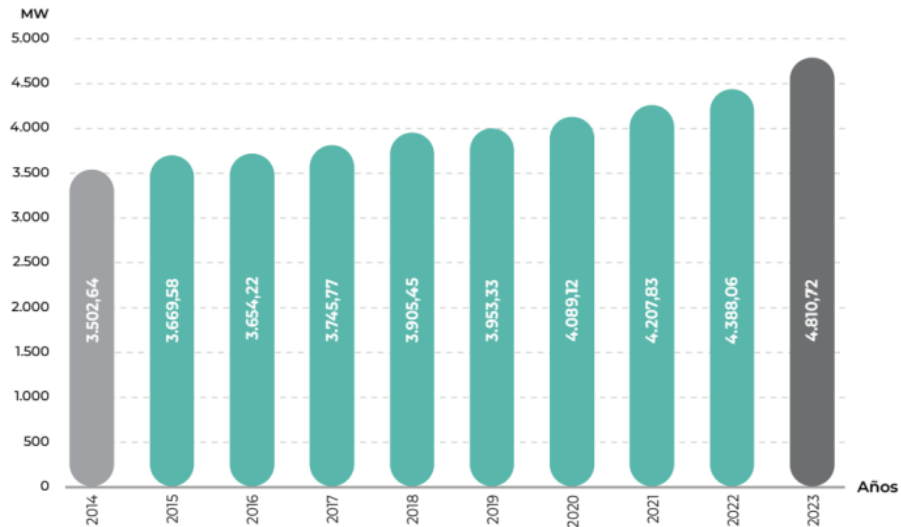


Figura 2. Demanda máxima (plurianual) [1] [2].

3.1.3. Estiaje en el Ecuador

En la actualidad Ecuador ha estado viviendo constantes cambios en el clima, en la Figura 3 se puede ver cómo ha ido disminuyendo las lluvias en los últimos años, dado la mayor falta de lluvia que se puede presentar es a partir del año 2016 donde existe un decrecimiento significativo en comparación a año anterior, el estiaje que se está viviendo en el Ecuador afecta directamente a la generación eléctrica en el Ecuador debido a que la mayor parte de energía que se genera en el país es a partir de centrales hidroeléctricas. Las sequías que estamos viviendo se ha reducido a niveles históricos así el gobierno califica en estiaje del 2024 como el mayor estiaje de los últimos 61 años [3].

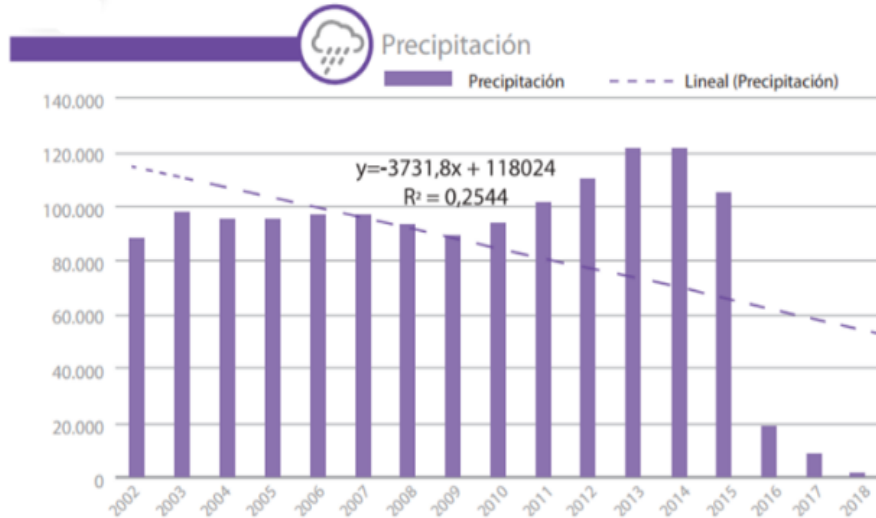


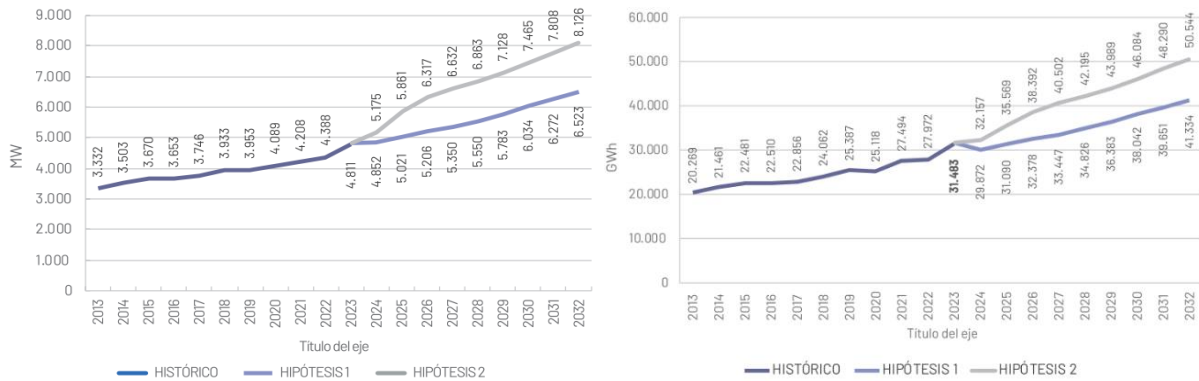
Figura 3. Precipitaciones en Ecuador [3].

3.1.4. Inversión para el sector eléctrico

El gobierno de Ecuador en los últimos 6 años no ha realizado inversiones en el sector eléctrico así incumpliendo en 84,6% en plan nacional de electricidad. Por otra parte, las estrategias que se tomó por parte del gobierno no fueron las mejores fusionaron 3 ministerios convirtiéndolo en uno solo, y 3 agencias que se encargan de la regulación y el control. También el gobierno retiró los recursos económicos a CELEC, esto afecta la generación energética porque con ese dinero que se retiró no se pueden dar mantenimientos en las centrales, falta de inversión para la transmisión de electricidad [3]. A raíz de la crisis eléctrica que estamos pasando los ecuatorianos, el gobierno ha tomado la decisión de incorporar al sistema centrales térmicas como una medida para enfrentar el déficit de energía eléctrica, que se estima en aproximadamente 1,080 MW, según el CENACE [4].

3.1.5. Proyección de la demanda

En el plan nacional de electricidad se hace una proyección de la demanda a nivel nacional hasta el año 2032 como se puede observar en la Figura 4 tomando datos de la demanda desde el año 2013, así se hacen dos hipótesis de proyección. La proyección que se toma más acertada es la hipótesis 1, aquí se proyecta que la demanda en el año 2032 va a crecer 6523 MW, estos datos permiten anticipar y crear planes para que se produzca más energía eléctrica en estos años y no exista déficit de electricidad [2].



(a)Potencia (b)Energía
 Figura 4. Proyección de la demanda a nivel nacional [2].

3.2. ENERGÍA SOLAR

La energía solar se obtiene a partir del sol por medio de placas solares son capaces de absorber la radiación solar y a partir de esto transformarlo en energía eléctrica [5]. Esta energía se cataloga como una solución para satisfacer las necesidades eléctricas del país debido al ser de acceso universal y gratuita, esta energía no contamina y es conocida como energía limpia [6].

El Ecuador tiene varios proyectos a futuro para la implantación de parques fotovoltaicos, en la Tabla 4 se puede evidenciar las centrales que entraran en operación en estos años, donde todos los proyectos fotovoltaicos aportaran con un total de 700 MW para cubrir la demanda que se prevé que crecerá en estos años, estos estudios se desarrollaron conjuntamente con el CENACE y la agencia francesa de desarrollo los resultados de esta cooperación dieron como resultado que el callejón interandino tiene un gran potencial para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos [2].

Tabla 4. Centrales fotovoltaicas que entraran en operación [2].

Año de entrada en operación	Proyecto / Central	Empresa / Institución	Potencia MW	Energía media GWh/año
2025	El Aromo	Solarpack	200	340
2027	Bloque 2 ERNC: Fotovoltaico - 170 MW	Los adjudicatorios del PPS	170	327,62
2028	Bloque 3 ERNC: Fotovoltaico - 330 MW	Los adjudicatorios del PPS	330	635,98
TOTAL			700	1303,6

La energía fotovoltaica consiste en convertir la luz solar directamente en electricidad mediante dispositivos especiales llamados paneles fotovoltaicos. En estos paneles, la radiación solar activa los electrones dentro de materiales semiconductores, lo que genera una pequeña tensión eléctrica. Al interconectar varios de estos dispositivos, se pueden obtener niveles de voltaje más altos, adecuados para diversas aplicaciones.

Aunque el fenómeno que permite esta conversión, conocido como efecto fotovoltaico, se descubrió en el siglo XIX, no fue hasta la década de 1950, durante la competencia espacial entre naciones, que esta tecnología empezó a avanzar significativamente. Al principio, los paneles solares se usaban para dar electricidad a los satélites de comunicación que giraban en órbitas fijas. Hoy en día, su uso se ha vuelto muy común, transformándose en una alternativa clave entre las fuentes renovables para generar electricidad [7].

Una de las características más destacadas de los sistemas fotovoltaicos es su increíble flexibilidad y modularidad. Esta tecnología permite crear instalaciones de diversos tamaños, desde grandes plantas solares en extensos terrenos hasta paneles más pequeños que se pueden instalar en los tejados de las casas. Esta versatilidad hace que la energía solar fotovoltaica se ajuste a diferentes necesidades y ubicaciones, lo que favorece el crecimiento de esta fuente de energía limpia tanto en áreas urbanas como rurales como se puede observar en la Figura 5 [6].



Figura 5. Energía solar fotovoltaica [6].

3.2.1. Radiación solar

Como se mencionó esto antes, la energía solar es clave para el desarrollo de energía eléctrica para nuestras casas, pero, para que esto funcione, se debe entender realmente de qué se trata la radiación, porque es muy importante para todo el proceso funcione.

La radiación solar es básicamente la energía del sol, que se extiende a través del espacio a medida que las partículas de luz se extienden en todas partes como ondas esta energía es como el impulso que regula la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima.

En el núcleo del sol, hay un proceso llamado fusión nuclear estas son las que produce las fuentes de energías, envía ondas de energía en diferentes longitudes y frecuencias, y se extienden por el espacio a la velocidad de la luz 299,792 km/s [8].

La constante solar es básicamente la cantidad de luz solar que alcanza un cierto lugar en un momento particular fuera de la atmósfera de la Tierra, sobre un plano que está perpendicularmente del sol, promedia unos 1366W/m². [8].

3.2.2. Tipos de radiación solar

Al atravesar la atmósfera, la radiación solar disminuye debido a diversos factores, como la difusión y la reflexión por parte de las nubes, entre otros. Los principales tipos de radiación que se pueden identificar son los siguientes:

Rayos infrarrojos

La radiación infrarroja es emitida principalmente por objetos calientes, incluyendo el Sol, que genera una gran cantidad de esta radiación como parte de su espectro de emisión. De hecho, los rayos infrarrojos constituyen cerca del 49% de la radiación solar que llega a la Tierra, y son responsables de la transferencia de calor que experimentamos en la vida cotidiana. Su capacidad para mover el calor los hace súper importantes para mantener el equilibrio energético de la tierra bajo control, y está claro a partir de la evidencia en la Figura 6.

A diferencia de la radiación ultravioleta (UV), la radiación infrarroja no daña la piel a niveles de exposición controlados. Esto la hace ideal para su uso en terapias médicas como la terapia de calor localizada para aliviar el dolor muscular.

La radiación infrarroja es esencial para tecnologías de calefacción eficaces, como paneles radiantes y sistemas de calefacción por infrarrojos. Estas tecnologías reducen el consumo de energía al convertir la energía en calorías de forma directa y uniforme.

Los rayos infrarrojos se utilizan ampliamente en cámaras térmicas y sistemas de monitorización gracias a su capacidad para detectar cambios de temperatura. Esto permite detectar irregularidades en la maquinaria, evaluar la pérdida de energía en edificios o incluso en aplicaciones médicas como la detección de fiebre [8].



Figura 6. Rayos infrarrojos [9].

Rayos visibles

Los rayos visibles, también conocidos como luz visible, son un componente esencial del espectro electromagnético. Este rango específico de radiación es el único que se percibe directamente por el ojo humano, y representa aproximadamente el 41% de la radiación solar que llega a la superficie terrestre como se presenta en la Figura 7.

Se encuentran en un rango de 400 a 700 nanómetros (nm) dentro del espectro electromagnético. Las diferentes longitudes de onda dentro de este rango se perciben como colores, desde el violeta (400 nm) hasta el rojo (700 nm). Poseen una energía intermedia: suficiente para interactuar con moléculas y generar percepciones visuales, pero no tan alta como para causar daño significativo, como ocurre con los rayos ultravioleta (UV). Pueden reflejarse, refractarse y dispersarse, lo que permite fenómenos como los colores del arcoíris, la visión en el agua, y las sombras.



Figura 7. Rayos visibles [10].

Rayos ultravioletas

Los rayos ultravioletas (UV) son otra forma de radiación electromagnética que tiene el rango de longitudes de onda inmediatamente más cortas que la luz visible, entre 100 y 400 nanómetros (nm). Aunque representan solo el 7% de la radiación solar que llegue a la Tierra, tienen un impacto significativo en los sistemas biológicos, el medio ambiente y diversas aplicaciones tecnológicas como se puede observar en la Figura 8.

Los rayos UV poseen más energía que los rayos visibles, lo que les permite interactuar con moléculas de ADN y estructuras celulares, generando efectos biológicos significativos.

A pesar de que solo un pequeño porcentaje de los rayos UV del Sol llega a la superficie terrestre, estos desempeñan un papel crucial en la relación entre la radiación solar y la atmósfera, como en la formación del ozono.



Figura 8. Rayos ultravioletas [11].

3.3. PANEL FOTOVOLTAICO

Los paneles solares son módulos fotovoltaicos individuales que generan electricidad gracias a los fotones que viajan desde el sol hasta la Tierra. Están compuestos por celdas solares, cada una formada por células individuales realizadas con materiales semiconductores, como el silicio (en sus formas cristalina y amorfa), que transforman la luz solar (fotones) en energía eléctrica (electrones), su representación gráfica se la puede observar en la Figura 9 [12].



Figura 9. Panel fotovoltaico [13].

Es relevante destacar que su funcionamiento principalmente se basa en la captación de dos tipos de radiación: la directa y la difusa como se puede reflejar en la Figura 10. La radiación directa es la que llega directamente desde el sol, mientras que la radiación difusa es la que proviene de la atmósfera debido a la dispersión de la luz solar en esta.



Figura 10 Radiación directa y radiación difusa [14]

3.3.1. Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico es capaz de producir energía a través de una fuente renovable e inagotable como este caso es el sol. Hay tres tipos de sistemas fotovoltaicos: On Grid, Off Grid e híbrido.

Sistema On Grid

Los sistemas conectados a la red son aquellos que están integrados con los sistemas eléctricos convencionales de hogares e industrias. Estos pueden utilizarse de forma alternada o combinada con la red eléctrica como se muestra en la Figura 11 para así satisfacer las necesidades energéticas del usuario final [15].

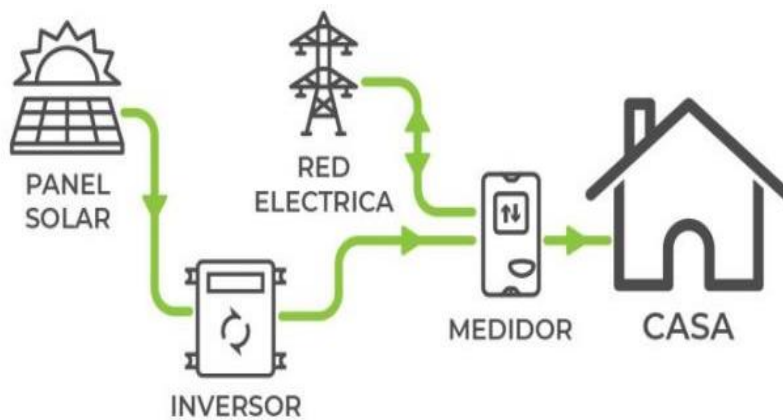


Figura 11. Sistema On Grid [14].

Sistema Off Grid

Están diseñados para incluir un sistema de baterías como se indica en la Figura 12, asegurando el correcto abastecimiento del servicio eléctrico, lo cual permite el suministro de electricidad incluso en la noche o en momentos en que la irradiación solar es inexistente [16].

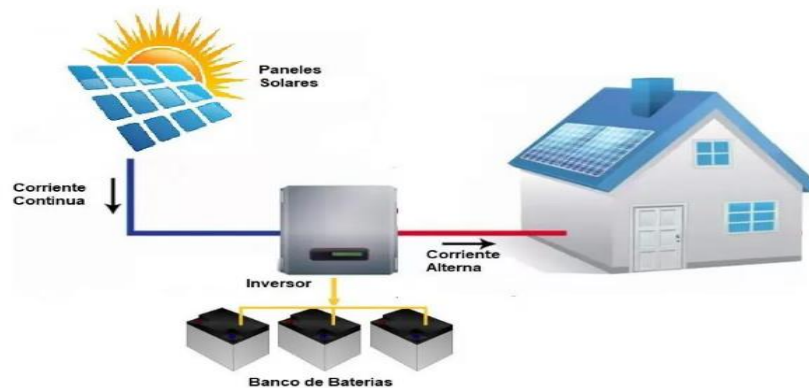


Figura 12. Sistema Off Grid [14].

Sistema híbrido

Este sistema combina las ventajas del sistema conectado a la red con las de un sistema “off-grid” o independiente de la red como se indica en la Figura 13, ofreciendo así una solución híbrida para garantizar energía continua, generando un respaldo energético mediante el uso de paneles y baterías [17].

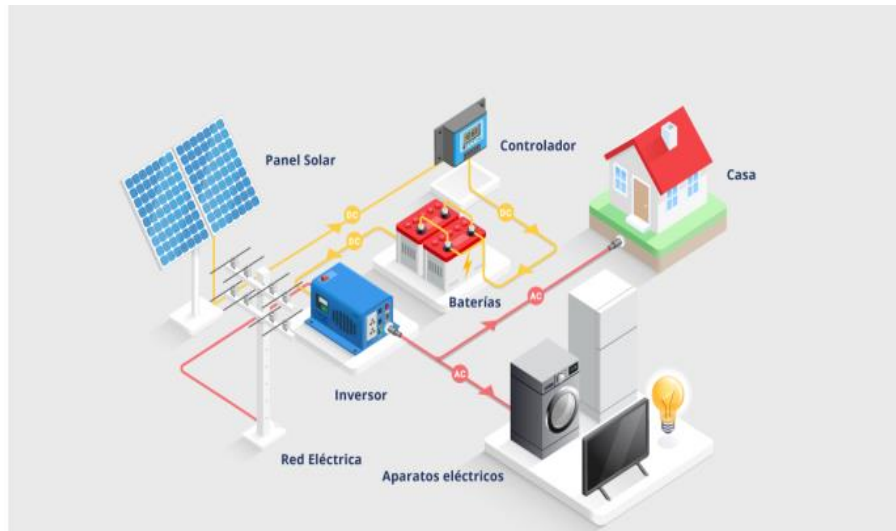


Figura 13. Sistema híbrido [18].

Los tipos de sistemas fotovoltaicos mencionado permiten generar electricidad aprovechando y almacenando la energía proveniente del sol, optimizando su uso al máximo. En el cual se procede a detallar los materiales que involucran estos tipos de sistemas fotovoltaicos:

3.3.2. Componentes de los sistemas fotovoltaicos

Módulos fotovoltaicos

Aprovechan la energía que emite el sol mediante el uso de módulos fotovoltaicos, componentes especiales que generan electricidad al recibir luz solar como se muestra en la Figura 14 [15].



Figura 14. módulo fotovoltaico [19].

Estructura de soporte de los módulos

Estas estructuras sostienen los módulos y los fijan al techo. En el caso de techos planos, existen soportes que permiten ajustar la inclinación de los paneles, inclinándolos para optimizar su exposición a los rayos solares como se puede observar en la Figura 15.

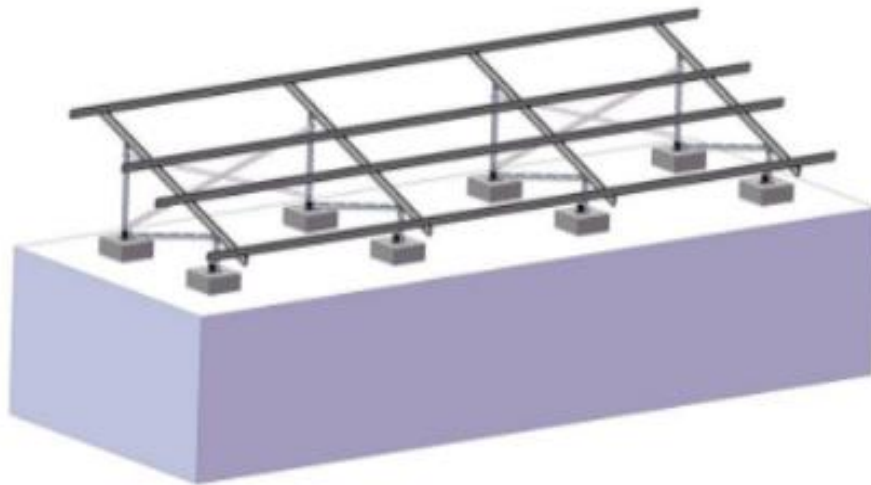


Figura 15. Estructura de soporte para módulos fotovoltaicos [20].

Inversor

Un inversor solar transforma la corriente continua (DC) generada por los paneles solares en corriente alterna (AC), lo que permite utilizar de forma segura la energía solar en el hogar, un ejemplo es presentado en la Figura 16 [12].



Figura 16. Inversor CC- CA [21].

Banco de baterías

Las baterías solares son esenciales para el almacenamiento de energía en sistemas fotovoltaicos. Formadas por celdas electroquímicas, su función principal es transformar la energía química en electricidad. Estas baterías, que contienen electrodos positivos, negativos y electrolitos, permiten el flujo de la corriente generada por los paneles solares y su suministro a la instalación como se puede mostrar en la Figura 17 [22].



Figura 17. Banco de baterías [23].

Cables eléctricos

Los cables eléctricos desempeñan un papel fundamental en la implementación de sistemas de paneles solares como se indica en la Figura 18, ya que son responsables de transportar la energía generada por los paneles hacia los inversores, baterías y, finalmente, a los usuarios. Su correcta

selección, así como su correcta instalación es crucial para garantizar la seguridad, eficiencia y durabilidad del sistema fotovoltaico [15].



Figura 18. Cables eléctricos [24].

3.4. CARACTERÍSTICA DE LA CARGA

3.4.1. Demanda eléctrica

La cantidad total de electricidad que necesita un grupo de consumidores para satisfacer sus necesidades energéticas se denomina demanda eléctrica. En este sentido, la demanda eléctrica nacional es la suma total de la energía necesaria para abastecer a todos los consumidores de un país, incluyendo empresas, industrias, oficinas, comercios, hogares, centros y edificios públicos. Este indicador es esencial para garantizar el equilibrio entre la generación y el consumo de electricidad a nivel nacional. [22].

3.4.2. Curva de demanda

La curva de demanda eléctrica es una representación gráfica que muestra cómo varía el consumo eléctrico en un sistema eléctrico durante un período determinado, generalmente un día, una semana, un mes o un año. Esta curva ilustra la relación entre la cantidad de electricidad demandada y el tiempo, lo que permite identificar patrones de consumo y períodos de mayor o menor demanda [17].

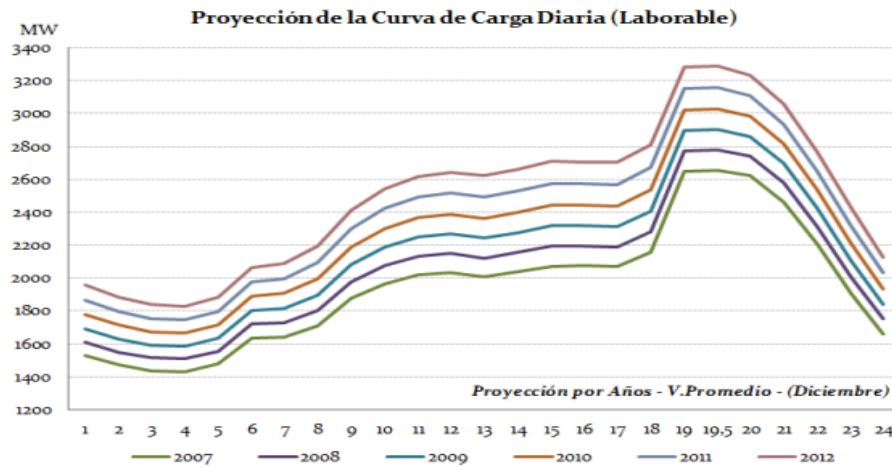


Figura 19. Curva de demanda eléctrica [24].

3.4.3. Factor de utilidad (F_u)

Si el porcentaje del factor de utilidad se acerca al 100%, indica que la energía consumida no se está desperdiciando. El factor de carga mide el porcentaje de energía utilizada en comparación con la energía producida [25].

$$F_u = \frac{\text{Energía consumida}}{\text{Energía generada}} * 100$$

(1)

Donde:

F_u = Factor de utilidad

3.4.4. Demanda máxima (DM)

La demanda máxima se refiere al nivel más alto de consumo eléctrico alcanzado por un sistema o conjunto de consumidores en un período específico. Es un indicador clave para evaluar los momentos de mayor exigencia en la red eléctrica y garantizar que esta tenga la capacidad de satisfacer la necesidad energética en esos picos [25].

3.4.5. Factor de planta (F_p)

El factor de planta es un indicador que mide la eficiencia con la que un sistema de generación de energía eléctrica opera en comparación con su capacidad máxima teórica. Representa el porcentaje del tiempo que una planta genera energía a su capacidad máxima durante un período específico, generalmente expresado como un valor porcentual, los valores aceptables están entre el 15% y el 25% [26].

$$F_{PL} = \frac{\text{Generación real anual}}{\text{Potencia nominal máxima planta}} = \frac{\text{Generación de energía anual real}}{\text{Potencia nominal máxima planta} \times 8760} \quad (2)$$

Donde:

F_{PL} = Factor de planta

3.5. METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

En ese apartador se procede a indagar las ecuaciones para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

3.5.1. Cálculo del generador fotovoltaico

Para los sistemas fotovoltaicos se tiene que tener en cuenta que el consumo diario debe de ser un 10 o 20% a esto se le conoce como factor de seguridad, el consumo de energía total debe ser superior al consumo diario de las instalaciones, en la ecuación 3 se visualiza la ecuación para la obtención del consumo diario[27].

$$\text{Consumo diario} = P_{ct} * fs \quad [kW] \quad (3)$$

Donde:

P_{ct} = Potencia total

fs = Factor de seguridad los rangos de 10 o 20%

3.5.2. Cálculo de la hora solar mínima

Para determinar las horas solares mínimas se toma el mes con las menores con la menor producción de energía fotovoltaica en todo el año, se tomó el dato con la menor producción de energía porque así se garantiza el correcto abastecimiento de energía eléctrica incluso cuando se tenga las condiciones más desfavorables de producción de energía. En la ecuación 4 se presenta la ecuación para calcular la hora solar mínima [28].

$$H_{sm} = \frac{\text{Energía mensual}}{\text{días}} \quad (4)$$

Donde:

H_{sm} = Hora solar mínima

Energía mensual = Mes con menor producción de energía

Días = días del mes con menor producción de energía

3.5.3. Cálculo para determinar la cantidad de paneles

Primero para calcular el número de paneles se tiene que tener en cuenta la potencia pico la cual se la calcula con la ecuación 5 [29]. A partir, de eso con la ecuación 6 se procede a calcular la cantidad de paneles para nuestro sistema fotovoltaico [28].

$$Potencia\ pico = \frac{Consumo\ día}{H_{sm}} \quad (5)$$

$$Cantidad\ de\ paneles = \frac{Potencia\ pico}{potencia\ de\ panel} \quad (6)$$

3.5.4. Cálculo para determinar el controlador de carga

Para determinar el controlar de carga de nuestro sistema se debe calcular primero la potencia instalada del sistema fotovoltaico con la ecuación 7, posteriormente a eso se calcula la corriente que tiene que soportar el controlador de carga con la ecuación 8 [27].

$$Potencia\ instalada = número\ de\ paneles * potencia\ panel \quad (7)$$

$$corriente\ de\ controlador = \frac{potencia\ instalada}{voltaje\ de\ los\ paneles} \quad (8)$$

3.5.5. Cálculo de las baterías

Con la ecuación 9 se obtiene la corriente de las baterías.

$$Corriente\ de\ batería = \frac{Consumo\ de\ día}{voltaje} \quad (9)$$

Ahora se procede a calcular la corriente recomendable de las baterías con la ecuación 10.

$$\text{Corriente de batería recomendable} = \text{Corriente de batería} * 2 \quad (10)$$

Ahora se procede a calcular el tiempo de vida útil de las baterías, esto se puede calcular con la ecuación 11 [30].

$$\text{Duración en años} = \frac{\text{número de ciclos}}{\text{días del año}} \quad (11)$$

3.5.6. Cálculo del inversor

Para el cálculo de la potencia que tiene que soportar el inversor se considera la carga que se tiene y el factor de seguridad, como se observa en la ecuación 12 [30].

$$P_{inv} = P_{ac} * f_s \quad (12)$$

3.5.7. Cálculo de la energía producida anual

Para calcular la energía que se produce en un año primero se debe obtener la energía que se va a producir en un día, esa fórmula se lo puede identificar con la ecuación 13 y después con la ecuación 14 se obtiene la energía anual que se genera. Y con la ecuación 15 se obtiene la irradiación considerando las pérdidas por inclinación de los paneles [27].

$$E_d = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) * P_{Gmax} * PR}{G_{GEM}} \quad (13)$$

$$E_m = E_d * \text{días del mes} \quad (14)$$

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_m * (\text{Pérdidas por inclinación de los paneles}) \quad (15)$$

Donde:

E_d = Energía producida en un día (kWh/día)

$G_{dm}(\alpha, \beta)$ = Valor medio del cada mes de la irradiación (kWh/($m^2 \cdot$ día))

P_{Gmax} = Potencia pico del sistema fotovoltaico (kW)

PR = Rendimiento de la instalación. Valores entre 0,65 y 0,8

G_{GEM} = Irradiancia (kW/ m^2)

E_a = energía generada en un año (kWh/año)

3.6. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Además, se incluye un análisis de viabilidad económica basado en indicadores importantes como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Flujo de Caja Relevante (FCR) y el Periodo de Retorno de la Inversión. Estos parámetros son esenciales para evaluar los beneficios financieros del proyecto, garantizando que las decisiones estén bien fundamentadas y se basen en la rentabilidad y la recuperación de la inversión[27], [28].

3.6.1. Valor actual neto (VAN)

Un indicador financiero que permite evaluar la viabilidad económica de un proyecto de inversión es el Valor Actual Neto (VAN). Este indicador compara la inversión inicial con el valor de los flujos de caja futuros generados por el proyecto, deducidos hasta un monto específico [27].

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - C_0 \quad (16)$$

Donde:

FC_t : Flujo de caja neto en el periodo t .

r : Tasa de descuento (o costo de oportunidad del capital).

t : Periodo de tiempo.

C_0 : Inversión inicial.

n : Número total de periodos.

Interpretación:

$VAN > 0$: El proyecto genera beneficios netos y es económicamente viable.

$VAN = 0$: El proyecto apenas cubre los costos y no genera ganancias adicionales.

$VAN < 0$: El proyecto no es rentable, ya que los ingresos no cubren los costos.

3.6.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Otro indicador financiero que mide la rentabilidad esperada de un proyecto de inversión es la Tasa Interna de Retorno (TIR). Es la deducción que iguala a cero el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto. En otras palabras, es la tasa de interés que la caja futura del proyecto [29].

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - C_0 \tag{17}$$

Donde:

FC_t : Flujo de caja neto en el periodo t .

TIR: Tasa interna de retorno.

C_0 : Inversión inicial.

t : Periodo de tiempo.

n : Número total de periodos.

No hay una fórmula analítica directa para calcular la TIR, por lo que se utiliza un proceso iterativo o herramientas computacionales para encontrar su valor.

Interpretación:

$TIR >$ Tasa de descuento: El proyecto es rentable y genera una mayor tasa de retorno que el costo de oportunidad del capital.

$TIR =$ Tasa de descuento: El proyecto es económicamente neutral; no genera beneficios adicionales ni pérdidas.

IIR < Tasa de descuento: El proyecto no es rentable, ya que su rentabilidad es menor que el costo de oportunidad.

3.6.3. Período de recuperación compuesto (PRc)

El Periodo de Recuperación Compuesto (PRc) es un indicador financiero que calcula el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial en un proyecto, considerando los valores del dinero a lo largo del tiempo. A comparación del periodo de recuperación simple, el PRc utiliza las cajas flujo recuperadas, lo que lo hace más preciso y realista, especialmente para proyectos a largo plazo [29].

$$PR_c = \frac{\ln\left(\frac{-FC}{I_o * r - FC}\right)}{(1 + r)} \quad (18)$$

Donde:

FC: Flujo de caja neto.

r : Tasa de descuento utilizada para reflejar el valor del dinero en el tiempo.

PRc: Periodo de recuperación compuesto (número de años o meses necesarios para recuperar la inversión).

I_o = Inversión inicial

Interpretación:

PRc más corto: El proyecto recupera su inversión inicial en menos tiempo, lo cual generalmente indica menor riesgo financiero.

PRc más largo: El proyecto toma más tiempo en recuperar su inversión, lo que puede aumentar el riesgo asociado.

4. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS

El presente trabajo pretende diseñar un correcto dimensionamiento para un sistema fotovoltaico que ayude a cubrir la demanda de iluminación en la empresa JBWorker. En la Figura 20 se observa la metodología a seguir a lo largo de diferentes etapas

Este estudio se llevó a cabo en respuesta a las necesidades energéticas identificadas en la empresa, donde se evidenció un alto consumo de demanda eléctrica durante el estudio de cargas, lo que se traduce en un elevado costo en la facturación mensual. Ante esta situación, se planteó como objetivo principal reducir el gasto energético, específicamente en el sistema de iluminación, mediante la implementación de un sistema fotovoltaico.

Como primer paso, se desarrolló el diseño del modelo unificado de las instalaciones eléctricas de la empresa para identificar claramente el área de estudio. Posteriormente, se realizó un estudio detallado de la carga, lo que permitió obtener información precisa y actualizada sobre el consumo energético total de la empresa.

Tras completar la investigación exhaustiva de las instalaciones de la empresa, el siguiente paso fue identificar la ubicación adecuada para la instalación del equipo médico Fluke 435-II, que se colocó en el tablero de distribución principal. Durante este proceso, se registraron parámetros eléctricos importantes, como voltaje, corriente, potencia activa y energía. Estos parámetros son necesarios para una descripción precisa del comportamiento eléctrico de la instalación.

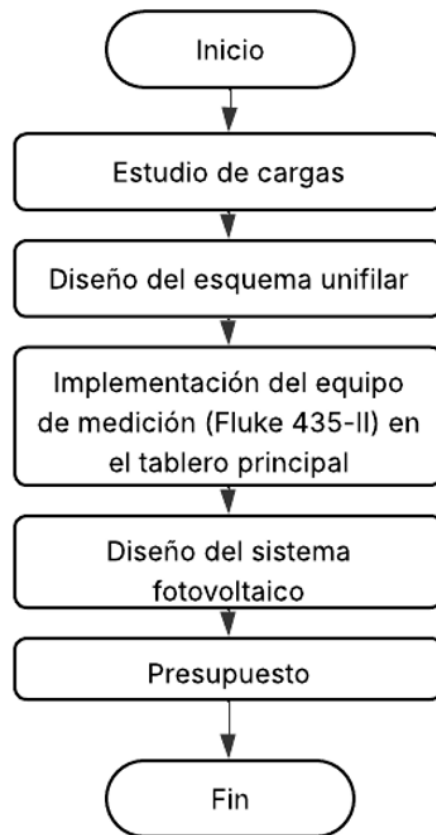


Figura 20. Enfoque metodológico empleado.

4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA JBWORKER

El proyecto se ejecuta en las instalaciones de la empresa JBWorker, la cual se encuentra estratégicamente ubicada junto a la carretera Panamericana diagonal al Caballito en el barrio Los Potreritos Altos calle los Cipreses y Fernández Salvador de Aloasi, Cantón Mejía, provincia de Pichincha. Esta ubicación ofrece una accesibilidad favorable tanto para el personal de la empresa como para proveedores y clientes, gracias a su cercanía con una de las principales vías de transporte del país.

Para determinar la mejor ubicación para los paneles solares, se realizó un análisis detallado con el objetivo de implementar un sistema fotovoltaico eficiente. Este análisis se realizó en la azotea del edificio principal de JBWorker, ya que cuenta con una exposición solar adecuada y mínima obstrucción de los elementos circundantes. Además, se consideraron factores como la inclinación y la orientación de la tecnología, la superficie del proyecto a lo largo del día y la resistencia estructural.

En la Figura 21 se presenta una imagen satelital obtenida de la plataforma Google Maps, donde se visualiza la localización exacta del sitio en estudio. Las coordenadas geográficas del lugar son -0.5038257611883782 de latitud y -78.57375497039938 de longitud.



Figura 21. Localización de JBWorker en Google Maps.

En la Figura 22 se muestra la parte exterior de la empresa JBWorker, en la cual se puede observar claramente la entrada principal. Esta se encuentra ubicada estratégicamente en una esquina diagonal a la carretera Panamericana, también conocida como la E35, una de las principales vías de acceso del país.



Figura 22. Entrada a Confecciones JBWorker.

En la Figura 23 se puede observar el taller de trabajo de JBWorker donde se tiene las diferentes áreas de trabajo, esta imagen es un primer acercamiento a conocer como está constituido internamente las instalaciones de JBWorker.



Figura 23. Instalaciones de Confecciones JBWorker.

Por último, en la Figura 24 se observa la azotea de la empresa donde se pretende colocar los paneles fotovoltaicos, como se observa se tiene un amplio lugar para la colocación de los paneles solares que serán ubicados.



Figura 24. Azotea de Confecciones JBWorker.

Como se constató en la Figura 22, Figura 23 y Figura 24, la empresa dispone de un espacio físico adecuado y suficiente para una futura implementación de un sistema fotovoltaico. Asimismo, se evidenció que las instalaciones actuales cuentan con niveles adecuados de iluminación en las áreas de trabajo.

4.2. ESQUEMA GENERAL DE LA EMPRESA JBWORKER

La Figura 25 se muestra un plano general de las instalaciones de la empresa JBWorker, en el cual se pueden identificar elementos clave como el taller de trabajo, el medidor de la empresa eléctrica y el tablero principal.

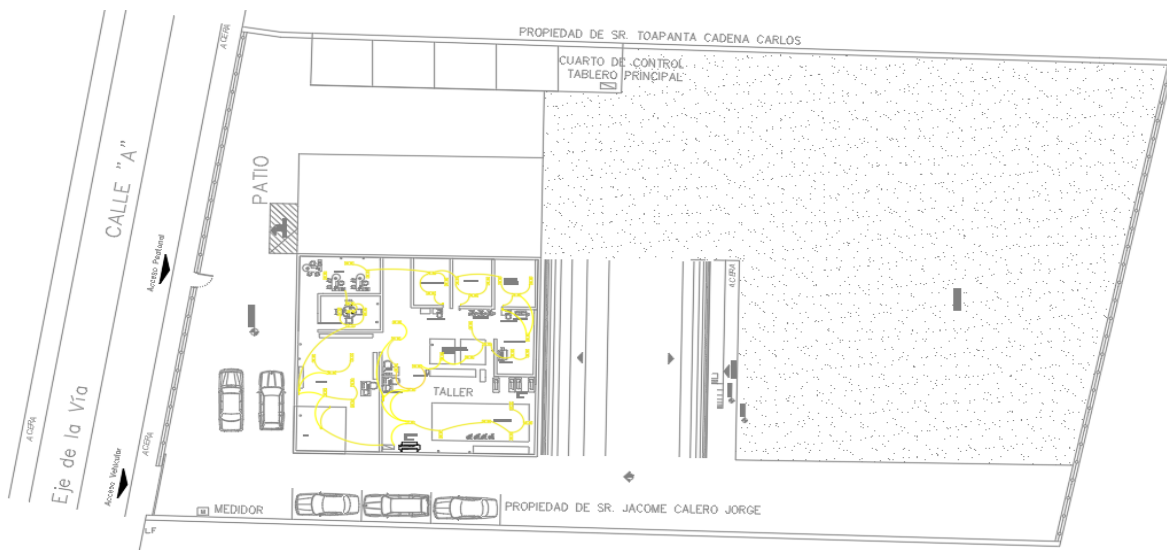


Figura 25. Planos generales de la empresa JBWorker.

Ahora en la Figura 26 se presenta el plano detallado del taller de trabajo de la empresa, en el cual se identifican claramente las distintas áreas operativas, incluyendo zonas de producción, oficinas administrativas y bodegas. Este plano permite visualizar la distribución espacial de las instalaciones y la ubicación de los principales componentes eléctricos existentes en JBWorker. Los datos incluidos en este modelo son fundamentales para analizar la demanda energética, diseñar la red interna e integrar el sistema fotovoltaico con la infraestructura eléctrica de la empresa.

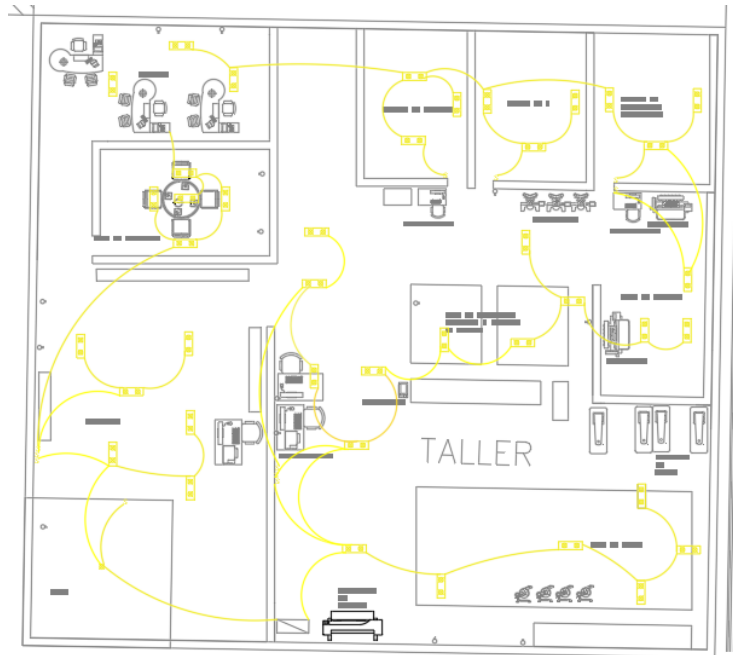


Figura 26. Diagrama detallado de la carga de la empresa JBWorker.

Este diseño permite visualizar la distribución espacial de las instalaciones y la ubicación de los principales componentes eléctricos presentes en JBWorker. Los datos incluidos en este modelo son esenciales para analizar la demanda energética, diseñar la red interna e integrar el sistema fotovoltaico con la infraestructura eléctrica de la empresa.

4.3. ESTUDIO DE CARGAS

Se llevó a cabo el levantamiento detallado de las cargas eléctricas de la empresa. Durante este proceso, se registraron de manera sistemática los equipos conectados, la cantidad y su potencia teniendo así su consumo nominal. Esta etapa fue fundamental para disponer de una base de datos precisa que permitiera caracterizar el perfil de consumo energético de la empresa, sirviendo como insumo esencial para conocer la carga correspondiente a iluminación.

En el Anexo 1 se puede observar el estudio realizado en la empresa confecciones JBWorker donde se tiene 10 cuartos divididos para las diferentes áreas de trabajo de la empresa, los valores referenciales de algunos componentes fueron obtenidos de las normas NEC[31]. En la Tabla 5 se observa el estudio de cargas de la parte de iluminación

Tabla 5. Datos del estudio de cargas de iluminación.

	EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA(KW)	POTENCIA TOTAL (kW)
AREA DE CORTE	LAMPARAS DOBLES	7	0,045	0,315
AREA DE PLANCHADO, EMPACADO Y CONTROL DE CALIDAD	LAMPARAS DOBLES	8	0,045	0,36
AREA DE BORDADO	LAMPARAS DOBLES	3	0,045	0,135
RECIBIDOR	LAMPARAS DOBLES	6	0,045	0,27
OFICINAS	LAMPARAS DOBLES	3	0,045	0,135
TOTAL				1,215

Para identificar la potencia de iluminación del sistema para luego realizar el dimensionamiento adecuado, se compara los datos medidos posteriormente con el estudio de cargas (Anexo 1) donde la potencia total que se consume en las instalaciones es de 14,109 kW y la potencia de iluminación total es de 3,24kW, teniendo en cuenta que las bodegas de insumos, bodega 1, bodega productos terminados, sala de reuniones y del baño estas permanecen apagadas un 90% del tiempo la potencia que estaría consumiendo la iluminación es del 1215W como se puede observar en la Tabla 5.

4.4. DISEÑO DEL ESQUEMA UNIFILAR

Al concluir con el estudio de cargas, se procedió a la elaboración del diagrama unifilar de las instalaciones eléctricas de la empresa, utilizando para ello el software AutoCAD. Esta representación gráfica permitió visualizar de manera clara y ordenada la distribución de los componentes eléctricos principales, como el tablero de distribución, los sistemas de protección y las diferentes cargas conectadas.

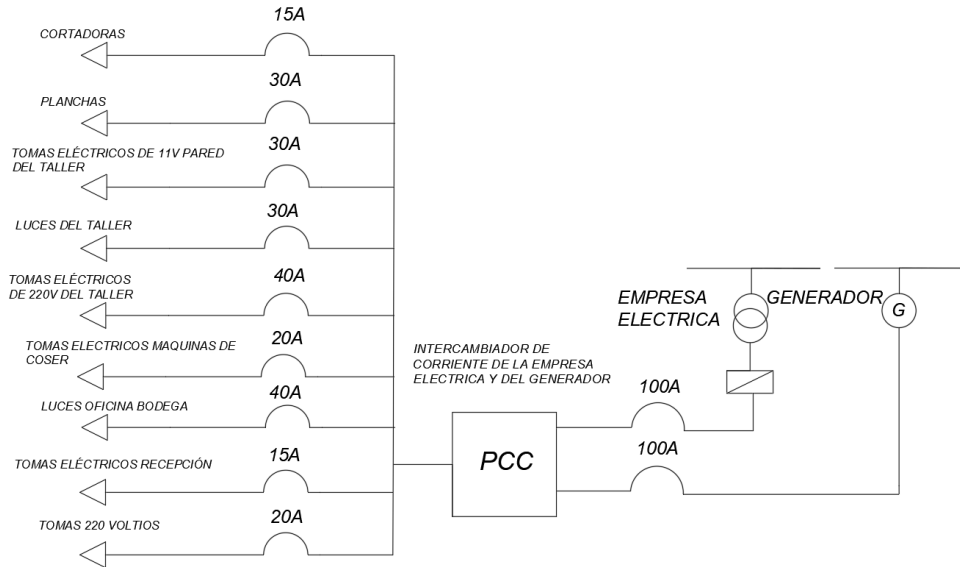


Figura 27. Diagrama unifilar.

En la Figura 27 se observa la gráfica del diagrama unifilar de la empresa donde se puede evidenciar como esta dividida por áreas de trabajo y que elementos se tienen en diferentes áreas estos elementos se los detalla con la potencia en el apartado 4.2.

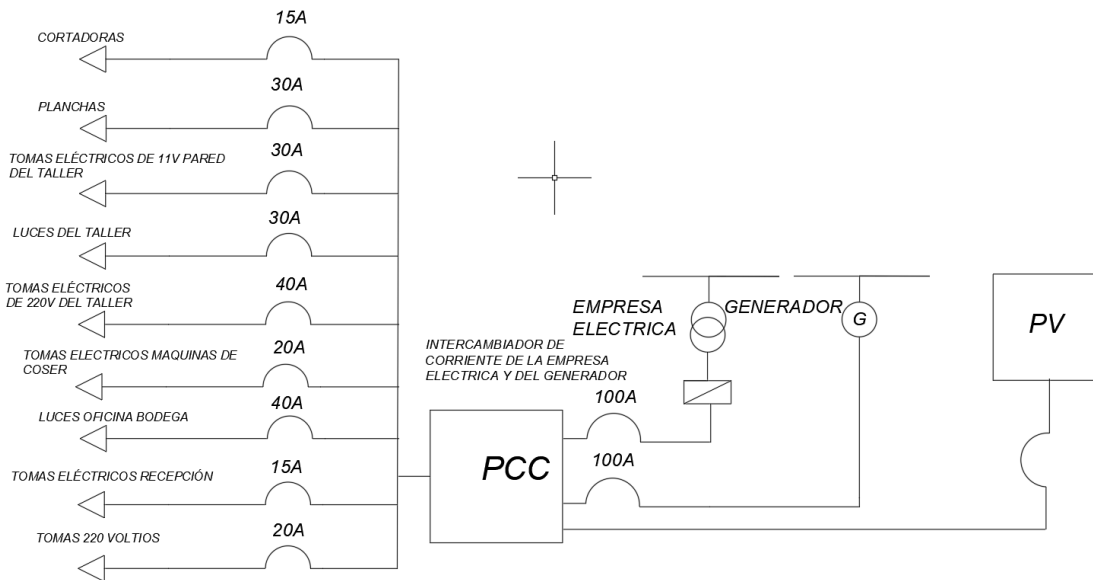


Figura 28. Diagrama unifilar con el sistema fotovoltaico.

En la Figura 28 se presenta el diagrama unifilar de la empresa JBWorker, en el cual se muestra la integración del sistema fotovoltaico con la red eléctrica interna de la instalación. Este diagrama permite visualizar de forma clara la conexión entre los diferentes componentes del sistema, las cargas eléctricas de la empresa.

4.5. IMPLEMENTACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN EN EL TABLERO PRINCIPAL

Considerando los procesos previamente desarrollados, se determinó la necesidad de validar los resultados obtenidos bajo condiciones reales de operación de la empresa, con el objetivo principal de disponer de datos precisos y representativos del comportamiento eléctrico. Para ello, se utilizó el analizador de redes Fluke 435-II, un equipo de medición especializado que permite registrar de forma precisa los principales parámetros eléctricos.

La medición se efectuó en cumplimiento de la normativa ARCERNNR 003/23 [32], estableciendo un período de monitoreo de siete días continuos. Durante este tiempo se evaluaron parámetros esenciales para un correcto dimensionamiento del sistema, tales como voltaje, corriente, potencia activa y energía consumida. Esta fase de monitoreo resultó crucial para asegurar la fiabilidad y exactitud de los datos empleados en el análisis de cargas y en el posterior diseño del sistema fotovoltaico. En la siguiente Figura 29 se observa el procedimiento para la adecuación y medición de los diferentes parámetros eléctricos en la empresa.

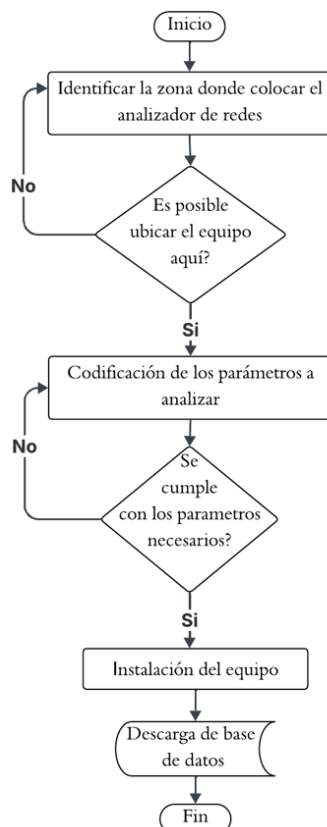


Figura 29. Proceso de implementación del analizador de redes [32].

4.5.1. Procesamiento y evaluación de datos para definir la carga de iluminación

Una vez descargada la base de datos correspondiente a la medición realizada, se procedió a tabular y organizar la información utilizando Microsoft Excel, con el fin de facilitar el análisis de los parámetros registrados. A partir de esta organización indicadas en el Anexo 3, Anexo 4, Anexo 5 Y Anexo 6 se generaron las gráficas a cada quince minutos de siete días correspondientes que permitieron interpretar de manera visual y precisa los distintos parámetros eléctricos medidos. Este análisis gráfico resultó fundamental para validar y contrastar los datos obtenidos con los resultados descritos en los pasos anteriores de esta metodología, garantizando así la consistencia y veracidad de la información utilizada para diseñar el sistema fotovoltaico. En la Figura 32 se puede observar la demanda total correspondiente a la empresa. Posteriormente, en el análisis de resultados, se presentan y analizan los demás parámetros eléctricos medidos, tales como voltaje, corriente, potencia activa y energía, con el fin de complementar la evaluación técnica del sistema.

Para obtener un panorama completo sobre la demanda eléctrica en JBWorker, se realizaron mediciones detalladas de la potencia activa tanto en la línea 1 como en la línea 2, además de registrar la potencia total del sistema. Esta información es fundamental para entender el comportamiento de las cargas a lo largo del día para poder realizar un dimensionamiento correcto para el sistema fotovoltaico.

En la Figura 30 se muestra el comportamiento de la potencia activa correspondiente a la línea 1, donde se evidencia un consumo general bajo durante la mayor parte del tiempo. Sin embargo, se presentan picos pronunciados de potencia en momentos específicos, los cuales destacan por su magnitud y duración. En particular, se registran picos en los días 2, 4 y 5, alcanzando valores de 1050 W, 1100 W, 1150 W, 1550 W y hasta 1700 W, siendo el día 4 el más significativo al registrar un pico sostenido durante aproximadamente 4 horas, lo cual representa un incremento importante en la demanda energética. Este tipo de comportamiento indica que, aunque en condiciones normales la línea 1 opera con cargas ligeras, existen momentos puntuales en los que se produce un incremento abrupto en el consumo de potencia.

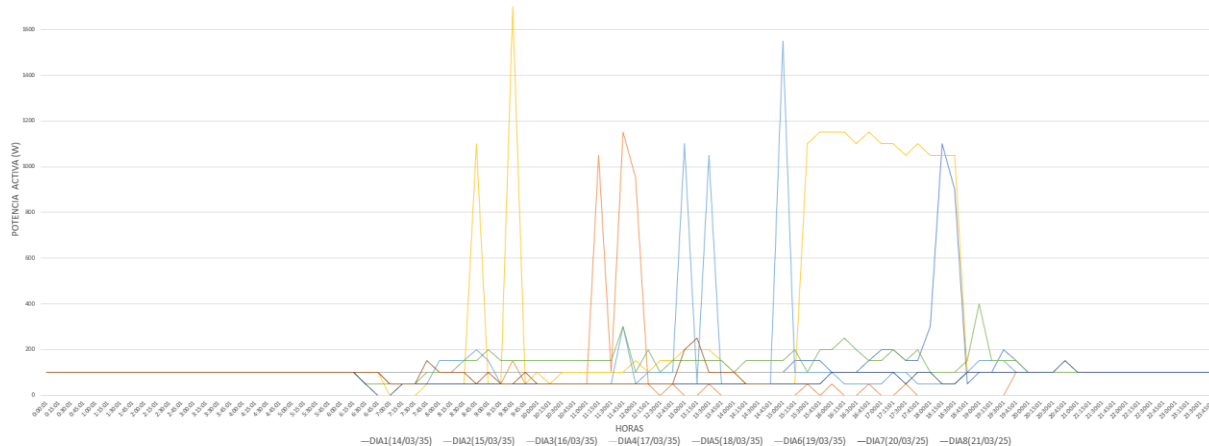


Figura 30. Potencia activa de la línea.

Además, el análisis de estos datos permite identificar patrones de consumo que no siempre son evidentes a simple vista. Por ejemplo, la frecuencia con la que ocurren los picos en ciertos días sugiere que hay una rutina o programación operativa que incrementa la demanda energética durante ciertos procesos.

Por otro lado, en la Figura 31 se muestra el comportamiento de la potencia activa en la línea 2, en donde se evidencia que esta línea soporta una mayor carga eléctrica en comparación con la línea 1. A lo largo de los diferentes días analizados, se observa un consumo de potencia más constante y elevado, lo que indica que esta línea alimenta equipos o procesos de mayor demanda energética dentro de las instalaciones de JBWorker.

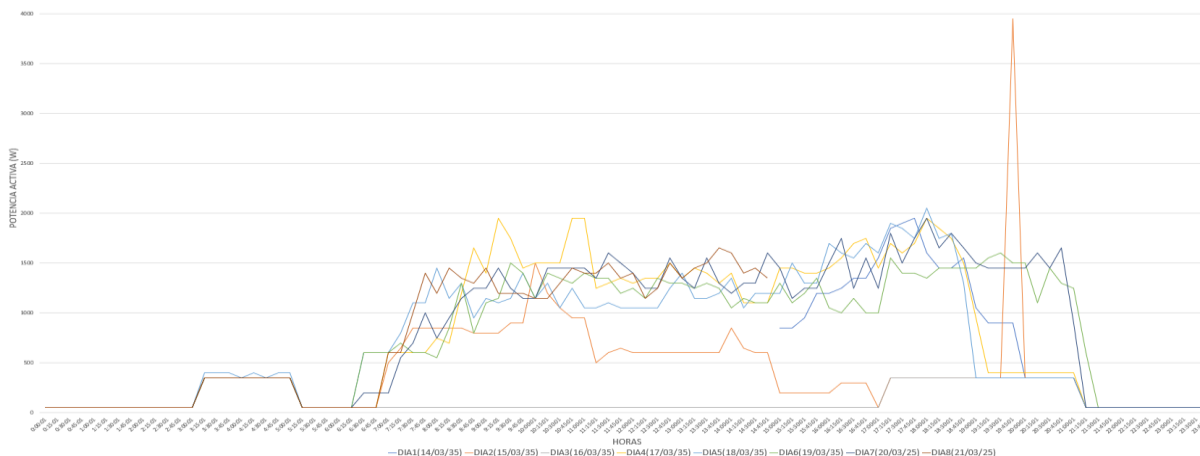


Figura 31. Potencia activa de la línea 2

A diferencia de la línea 1, la línea 2 no presenta una gran cantidad de picos abruptos de potencia, lo cual puede interpretarse como una operación más estable o continua de las cargas conectadas a esta fase. Sin embargo, se destaca un pico significativo de 3950 W ocurrido el día 2 a las 19:45, el cual representa un aumento súbito e inusual dentro del patrón observado.

En la Figura 32 se presenta el comportamiento de la potencia activa total del sistema eléctrico de JBWorker durante el periodo de medición de una semana completa. El gráfico permite identificar con claridad los patrones de consumo energético diarios en función del horario laboral establecido por la empresa. Se observa que el consumo de potencia comienza a incrementarse a partir de las 7:00 a.m., momento en el cual inicia la jornada laboral, alcanzando sus niveles máximos durante el transcurso del día. A partir de las 7:00 p.m., cuando las actividades empiezan a concluir, la demanda de potencia disminuye de forma progresiva, evidenciando el cierre de operaciones.

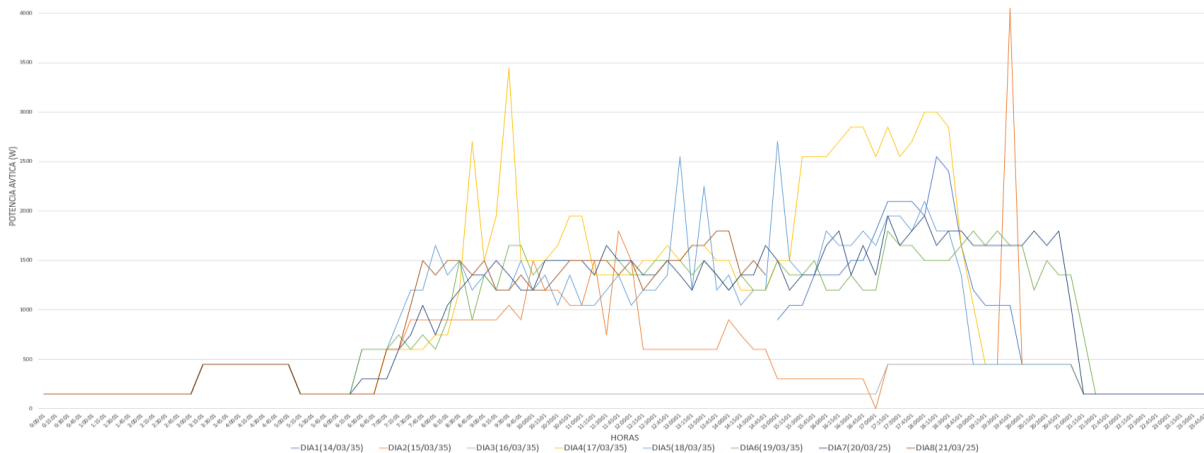


Figura 32. Potencia total.

Durante los días lunes a viernes, el sistema presenta un consumo elevado y sostenido, característico de una operación industrial continua. El día sábado, por su parte, muestra un perfil diferente, con un incremento de potencia en horas de la mañana, pero con una reducción marcada hacia el mediodía, ya que la actividad laboral solo se mantuvo hasta las 12:00 p.m. Finalmente, el domingo presenta un consumo muy bajo, lo cual concuerda con la ausencia de labores, permitiendo identificar la demanda mínima o de base del sistema eléctrico.

Además, en esta figura se destacan picos significativos de potencia activa, que son indicadores de momentos de alta demanda energética. Entre los valores más relevantes se encuentran los del día 2, que alcanza el pico más alto de toda la semana con 4050 W a las 19:45 horas. También se observan picos importantes en el día 4, con registros de 2700 W y 3450 W, y en el día 5, con

valores de 2550 W, 2250 W y 2700 W. Es importante señalar que el día 4 presenta un pico prolongado que se extiende durante aproximadamente cuatro horas, lo que sugiere un periodo continuo de alta carga operativa, posiblemente debido al funcionamiento simultáneo de varios equipos o procesos críticos. Este comportamiento evidencia no solo la intensidad de las actividades durante la semana, sino también la necesidad de una gestión energética adecuada.

Para comparar el resultado del estudio de cargas sea el real se considera la gráfica de la Figura 32 en donde se puede comparar en 4 instantes primero en la hora de entrada donde se comienzan a encender las lámparas paulatinamente hasta las 8 de la mañana que ya se está operando al 100% la siguiente parte en la hora del desayuno que comienza a partir de la 9:00 a.m hasta las 10:00 a.m la siguiente es en la hora del almuerzo que va desde las 2:00 p.m hasta las 3:00 p.m y por último en la hora de salida que se comienza a apagar las maquinas poco a poco, todos estos son horarios aproximados siempre va a variar en unos minutos pero siempre tiende a estar dentro de ese horario establecido.

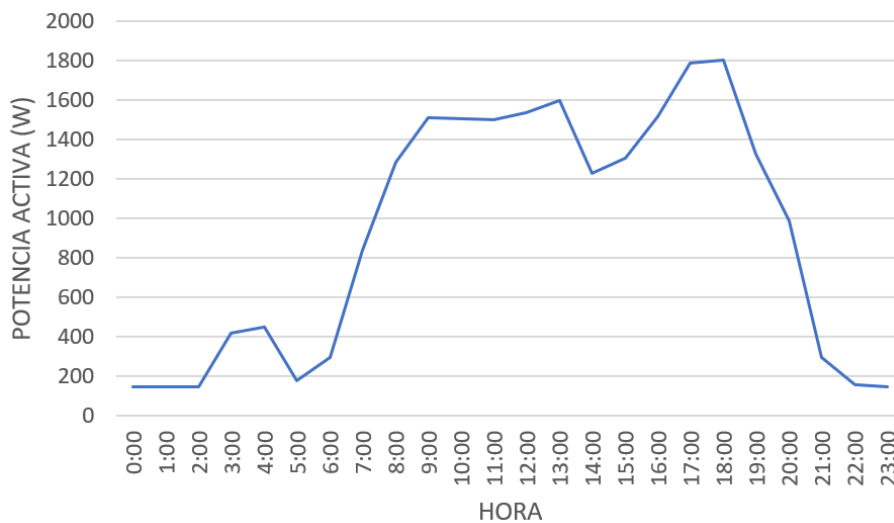


Figura 33. Curva promedio de consumo de potencia.

En la Figura 33 que se presenta la curva promedio de potencia eléctrica de cinco días laborables en la empresa Confecciones JBWorker, La curva se desglosa por horas del día, desde la 1 hasta las 24. Esto nos permite analizar cómo varía el consumo eléctrico a lo largo de un día típico de trabajo. Los datos que se usaron para crear esta curva provienen únicamente de los cinco días laborables de la semana, ya que durante los fines de semana la empresa no realiza actividades y, por lo tanto, el consumo eléctrico es bastante bajo y no refleja el comportamiento energético habitual.

En las primeras horas del día, específicamente entre la 1:00 a.m. y las 6:00 a.m., la potencia se mantiene en niveles bastante bajos, oscilando entre 150 y 450 watts. Esto dice que durante ese tiempo no se llevan a cabo actividades productivas en la empresa, y el consumo eléctrico se limita a cargas mínimas, como sistemas de vigilancia o equipos en modo de reposo.

A partir de las 7:00 a.m., se nota un aumento considerable en la demanda de energía, lo que indica que las actividades laborales están comenzando. Esta tendencia sigue en ascenso hasta llegar a unos 1284.57W de las 9:00 a.m., momento en el que se observa un ligero descenso, debido a una breve pausa para el desayuno del personal. Después de esta pausa, la demanda de energía vuelve a subir hasta estabilizarse 1599.92 vatios. Entre las 10:00 a.m. y las 2:00 p.m. (hora 14), la curva se mantiene constante, lo que sugiere que hay una fase continua de producción y operación en las distintas áreas de trabajo.

A las 3:00 p.m. (hora 15), se observa una caída moderada en el consumo de potencia, bajando hasta 1231.16 watts. Este descenso podría estar relacionado con una pausa operativa, para el tiempo de almuerzo o receso del personal. Los datos de potencia que se obtuvieron a las 9:00 a.m. y a las 3:00 p.m. son bastante cercanos a los valores que se registraron en el estudio de carga realizado para el sistema de iluminación, el cual tiene un consumo de 1200 W. Esto permite confirmar que los valores tomados son correctos y están en línea con el análisis de carga.

Luego, entre las 4:00 p.m. y las 7:00 p.m., se registra un nuevo aumento en la potencia, alcanzando el valor máximo del día, con un valor de 1801.47 watts, lo que indica el momento de mayor carga operativa y producción. Finalmente, a partir de las 8:00 p.m. (hora 20), se observa una caída pronunciada en el consumo, descendiendo rápidamente hasta volver a valores mínimos de los 150 watts en las horas 23 y 24. Esto refleja el cierre de las operaciones diarias y la desconexión de la mayoría de los equipos eléctricos.

Teniendo en cuenta según las gráficas de potencia total la potencia de iluminación es del 1200W que con la potencia obtenida en el estudio de cargas que es de 1215W el margen de error es del 1.23%. Además, con la Figura 33 en las horas analizadas los valores de potencia son muy aproximados a los 1200W que se obtuvieron en la Figura 32 dado con eso podemos decir que la potencia de iluminación es de 1200W, con esta potencia se diseñara el sistema fotovoltaico.

4.6. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Teniendo en cuenta la demanda energética correspondiente al sistema de iluminación de la empresa, se procedió a analizar el potencial solar disponible en la zona en un año cada hora utilizando datos proporcionados por la plataforma NASAPower. Este análisis permitió evaluar la factibilidad de implementar un sistema fotovoltaico que cubriera dicha demanda.

Con esta información validada, se procedió al dimensionamiento del sistema fotovoltaico, garantizando que su diseño se ajustara tanto a la demanda identificada como a las condiciones solares específicas del lugar.

4.6.1. Datos de la potencia solar

Para la obtención de los datos de la irradiancia se obtuvieron los datos de la página Nasa Power [33], en donde se obtuvieron los datos de irradiancia de todo el año 2024 estos datos se recopilaron de cada hora del día y se procedió a sacar un promedio de cada hora de cada día de todo el año que se está estudiando, estos datos obtenidos se los observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Datos de irradiancia (kW/m^2) [33].

FECHA HORA	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	26,9	30,2	31,2	28,7	27,9	27,1	28,9	27,9	25,5	28,1	27,7	30,5	31,9	26,9	24,9	25,9
7	161	182	193	186	172	160	164	165	145	167	157	184	178	146	143	152
8	333	365	381	378	347	330	334	332	292	335	309	368	367	298	298	308
9	436	503	532	529	474	472	435	466	401	465	443	508	503	418	433	444
10	533	612	642	626	558	563	554	587	502	561	530	623	610	523	536	549
11	574	623	649	635	577	564	586	621	553	571	588	623	630	547	554	617
12	529	579	600	584	537	523	557	601	511	541	554	578	592	476	519	618
13	444	505	518	496	461	447	479	500	448	436	477	475	484	424	433	489
14	379	413	426	408	341	380	400	393	376	357	400	378	375	338	355	406
15	259	289	294	302	249	274	296	274	263	260	277	258	273	263	262	277
16	150	165	162	176	142	153	167	161	142	157	161	149	152	131	147	154
17	59,5	66,7	59,4	68	54,2	56,2	60,7	57,8	51,8	51,2	59	57,1	57,5	48,2	47,2	53
18	1,89	2,12	2,32	2,4	2,05	2,09	2,09	1,87	1,85	2,01	1,95	2,03	1,96	1,85	1,96	2,07

19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FECHA HORA	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Día 21	Día 22	Día 23	Día 24	Día 25	Día 26	Día 27	Día 28	Día 29	Día 30	Día 31	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	28,2	28,4	30,4	24,6	27,8	28	24,5	25,9	26,3	27,8	27,5	25,8	28	33	23,7	
7	167	161	192	157	164	165	150	162	163	184	176	167	172	193	153	
8	348	323	384	328	337	341	304	340	342	382	365	340	347	378	319	
9	501	465	538	461	453	512	431	470	463	541	518	465	490	504	445	
10	618	588	623	579	551	604	518	582	581	640	624	551	591	611	523	
11	692	640	638	608	597	613	579	608	588	652	623	573	665	613	572	
12	661	634	609	570	553	571	547	597	556	580	598	537	628	556	513	
13	512	525	532	500	467	472	445	460	459	501	505	422	529	471	396	
14	415	462	432	397	362	383	352	370	338	382	405	328	418	391	303	
15	291	341	279	293	244	266	255	258	249	276	273	234	302	276	224	
16	171	201	164	172	130	147	131	146	144	162	154	126	176	165	135	
17	61,1	71,2	57	55,3	45,8	50,6	48,8	52,9	52,9	59,9	57,2	50	64,3	57	51,7	
18	2,1	2,31	2,08	2,06	1,58	1,75	1,78	1,88	1,83	1,95	1,75	1,9	1,28	1,42	2,14	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

En la Tabla 6 se muestra los valores promedio de irradiación solar a lo largo de un año. Estos datos son fundamentales para el análisis energético y el dimensionamiento adecuado de un sistema fotovoltaico, ya que nos permiten conocer la disponibilidad de recurso solar en la zona de instalación. A partir de esta información, es posible estimar con mayor precisión la producción anual de energía eléctrica, optimizar el diseño del sistema y garantizar su viabilidad técnica y económica.

4.6.2. Interpretación de la irradiancia media

Distribución de frecuencia

En las referencias [42], [43], [44] establecen los intervalos para determinar el rango que se lo representa con la letra R, dicho eso en la Tabla 6 se obtiene los valores máximos también mínimos de irradiancia en la hora 10.

Valor máximo: 642,63 (kW/m²)

Valor mínimo: 502,135 (kW/m²)

Con estos datos procedemos a calcular R, dicha formula del rango se la ve en la ecuación 19.

$$R = (\text{valor máximo} - \text{valor mínimo}) \quad (19)$$

$$R = 642,63(\text{kW}/\text{m}^2) - 502,135(\text{kW}/\text{m}^2)$$

$$R = 140,295(\text{kW}/\text{m}^2)$$

Después se procede a calcular el número de intervalos, que se le calcula con la ecuación 20.

$$\text{número de intervalos} = \sqrt{n} \quad (20)$$

$$Nc = \sqrt{744} = 27,27 \approx 28$$

Donde:

n = número de datos

Después con los dos datos obtenidos se cálculos la amplitud de los intervalos de clases.

$$Tc = \frac{R}{Nc} \quad (21)$$

$$Tc = \frac{140,295}{28} = 5,01$$

Ahora se obtiene los límites de clase superior e inferior.

Donde el límite de clase inferior (Li) es el valor mínimo de la irradiancia ósea 502,135 el límite superior se observa en la ecuación 22.

$$L_s = L_i + T_s \tag{22}$$

$$L_s = 502,135 + 5,01 = 507,145$$

Entonces el primero intervalo nos quedaría como [502,135:507,145). Para la obtención de los siguientes intervalos se repite la misma metodología hasta llegar al sexto intervalo. Por último, para obtener del punto medio que se lo representa con X_i , la ecuación 23 nos ayuda a identificar estos valores.

$$X_i = \frac{L_i + L_s}{2} \tag{23}$$

En la Tabla 7 se presentan los datos de irradiancia global, los cuales son el resultado del análisis y los cálculos previamente realizados a partir de información climatológica y solar específica de la zona de estudio. Estos valores representan la cantidad total de energía solar que llega a la superficie horizontal durante un periodo determinado, y son fundamentales para estimar con precisión la producción de energía del sistema fotovoltaico.

Tabla 7. Irradiancia global(kW/m²).

HORA	IRRADIANCIA GLOBAL
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	860,002641
7	5181,95442
8	10554,203
9	14718,8365
10	17891,8748
11	18773,4595
12	17607,4782
13	14714,0818

14	11862,7293
15	8430,43592
16	4793,39686
17	1743,43032
18	60,3210173
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0

Ahora en la Figura 34. Curva de la irradiancia global. se muestra la curva de irradiancia global a lo largo del día, la cual presenta una forma característica similar a una campana de Gauss. Esta curva refleja el comportamiento típico de la irradiancia solar en condiciones atmosféricas favorables, donde se observa un incremento progresivo desde las primeras horas de la mañana, alcanzando su punto máximo alrededor de las 11:00 a.m., para luego descender gradualmente hacia la tarde.

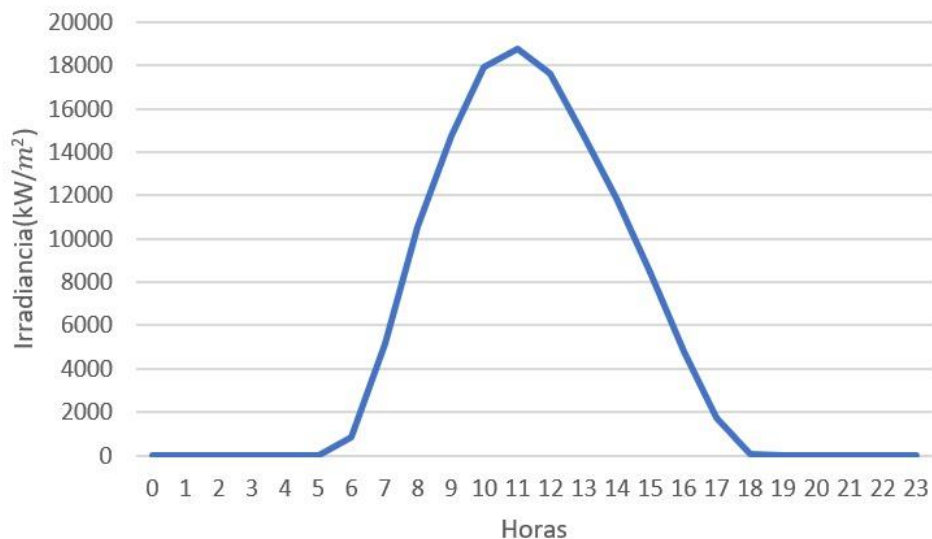


Figura 34. Curva de la irradiancia global.

Estudio de la irradiación

En la Tabla 8 se presentan los datos de irradiancia promedio mensual y horaria, obtenidos a partir del análisis detallado de las condiciones solares en la ubicación del proyecto. Esta información permite observar tanto la variación estacional de la irradiancia a lo largo del año como su comportamiento diario.

Tabla 8. Irradiancia promedio mes (kW/m²).

FECHA HORA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	DEMANDA PROMEDIO ANUAL
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	15,5	13,5	14,7	23,3	26,9	24,4	17,7	21,5	37,8	47,4	54,5	35,8	27,75438
7	134	130	128	159	168	164	148	166	214	206	220	169	167,1367
8	309	291	285	333	322	328	309	352	421	388	404	342	340,376
9	453	422	419	478	428	452	438	495	564	546	552	453	474,7719
10	564	533	503	573	517	550	548	624	699	648	631	539	577,5496
11	575	566	554	599	537	569	585	677	752	668	636	553	605,8614
12	526	551	555	557	497	530	552	661	710	607	577	505	568,8749
13	447	473	402	452	439	487	497	557	569	503	464	424	476,0756
14	362	382	337	361	362	404	424	449	444	362	367	351	383,7606
15	265	304	246	240	251	288	309	320	311	236	250	254	272,7944
16	151	178	146	129	144	171	191	192	175	118	129	136	154,948
17	56,2	72,7	54,7	43,8	48	63,3	71	72,7	60,3	36,1	44,6	52,4	56,32143
18	5,13	7,97	4,6	0,33	0	0	3,27	2,24	0	0	0	0,17	1,974995
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DEMANDA PROMEDIO MES	161	164	152	164	156	168	171	191	206	182	180	159	

En la ecuación 24 se observa la fórmula para la obtención de la irradiación a partir de la irradiancia que se obtuvo en la Tabla 8.

$$Irradiación = \sum \text{Tiempo}(h) * Irradiancia \left(\frac{kW}{m^2} \right) \quad (24)$$

En la Tabla 9 se muestran los datos de irradiación promedio mensual, expresados en $\frac{kWh}{m^2}$ correspondientes a cada mes del año. Estos valores representan la cantidad estimada de energía solar que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en promedio durante cada mes.

Tabla 9. Irradiación promedio de cada mes

MES	IRRADIACIÓN DÍA (kWh/m ²)	DÍAS DEL MES	IRRADIACIÓN MES (kWh/m ²)
ENERO	3,86	31	119,72447
FEBRERO	3,92	28	109,87926
MARZO	3,65	31	113,09597
ABRIL	3,95	30	118,43688
MAYO	3,74	31	115,89913
JUNIO	4,03	30	120,87672
JULIO	4,09	31	126,89735
AGOSTO	4,59	31	142,30938
SEPTIEMBRE	4,96	30	148,67944
OCTUBRE	4,37	31	135,3438507
NOVIEMBRE	4,33	30	129,85914
DICIEMBRE	3,81	31	118,21426

En la Figura 35. Curva de la irradiación. se presenta la curva resultante de los datos de irradiación mensual promedio. Esta gráfica permite visualizar el comportamiento del recurso solar a lo largo del año. Se observa que el mes de septiembre registra la mayor irradiación, con un valor de $4.96 \frac{kWh}{m^2}$, mientras que el mes con menor irradiación es marzo, con $3.65 \frac{kWh}{m^2}$. A pesar de esta diferencia, la variación entre los meses es relativamente baja, lo que indica una distribución bastante uniforme de la irradiación solar durante el año. Este comportamiento favorece una generación energética estable del sistema fotovoltaico, lo que contribuye a su eficiencia y confiabilidad.

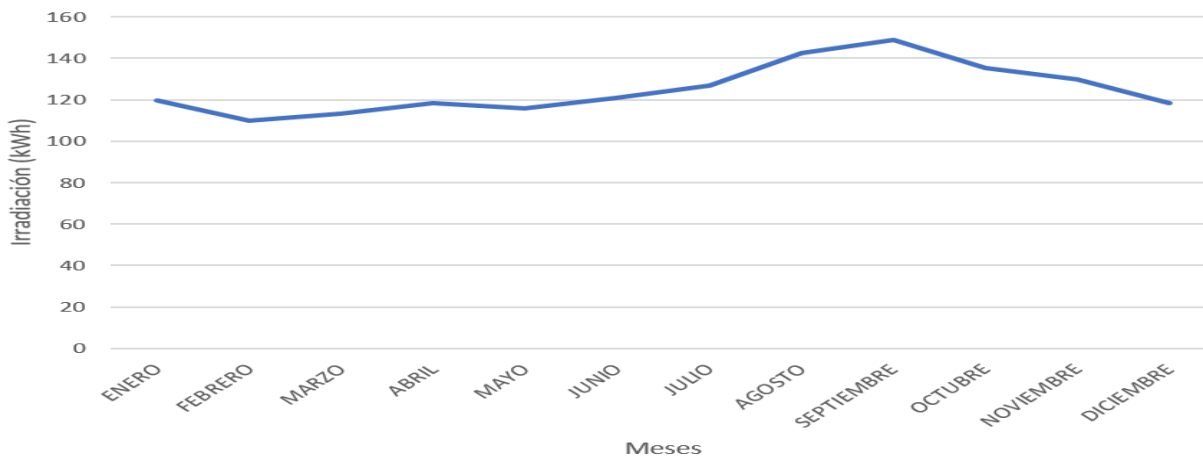


Figura 35. Curva de la irradiación.

4.6.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Para iniciar con el proceso de dimensionamiento, se parte del valor de potencia obtenido en el apartado 4.5.1, el cual corresponde a 1200 W destinados a la potencia de iluminación. No obstante, considerando posibles ampliaciones, se aplica un incremento del 25 % sobre esta potencia base. Esta medida preventiva tiene como objetivo garantizar una capacidad instalada adecuada que permita afrontar futuras expansiones sin comprometer la seguridad ni la eficiencia del sistema eléctrico. Como se muestra en la ecuación 25, al aplicar dicho aumento, se obtiene una potencia total estimada para iluminación de:

$$\text{Potencia de iluminación} = P_{1200W} * 1.25\% = 1500W$$

$$\text{Potencia de iluminación} = 1200W * 1.25\% = 1500W$$

(25)

La demanda energética del sistema de iluminación ha sido dimensionada considerando una autonomía de 12 horas, dado que en temporadas altas de producción se realizan jornadas laborales continuas de hasta 12 horas diarias. Esta autonomía asegura que el sistema fotovoltaico, a través del banco de baterías, pueda abastecer la totalidad de la carga de iluminación durante todo el periodo de operación. El diseño se enfocó en garantizar la continuidad del servicio eléctrico sin interrupciones, lo cual es fundamental para mantener la productividad. Con la ecuación 26 se obtiene la energía diaria que se va a consumir en un día de trabajo.

$$\text{Energía Diaria} = 1500W * 12h = 18000Wh$$

(26)

Ahora con la ecuación 3 se procede a calcular el consumo diario de energía de las instalaciones de JBWorker con la energía de un día de trabajo multiplicado por el factor de planta que en un 10% adicionales al consumo que se tiene.

$$\text{Consumo diario} = 18000 \left[\frac{Wh}{dia} \right] * 1.1 = 19800 \left[\frac{Wh}{dia} \right]$$

Posteriormente, se procede al cálculo de las horas solares mínimas utilizando la Ecuación 4. Para ello, se toma el valor mínimo de irradiación mensual obtenido de la Tabla 9 y se divide entre el

número de días del mes correspondiente. En este caso, el mes con menor irradiación es febrero, que cuenta con 28 días. Al realizar este cálculo, se obtiene un valor de 3.92 horas solares mínimas.

$$Hora\ solar\ minima = \frac{109.88 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]}{28 [días]} = 3.924\ horas$$

Para elegir el voltaje que tiene que tener los paneles solares se debe seguir los estándares que se muestra en la Tabla 10 donde se elige según el consumo diario que se obtuvo de $19800 \left[\frac{Wh}{día} \right]$, con esto el voltaje para el sistema es de 24V.

Tabla 10. Estándares para elegir el voltaje de los paneles [31].

Consumo diario (Wh/día)	Voltaje (V)
0-2000	12
2001 - 4000	24
4001 o mas	48
Casos especiales	96

En la Tabla 11 se muestran los datos del panel escogido [34].

Tabla 11. Datos del panel solar [34].

Voltaje	24VDC
Potencia	580Wp
Numero de celdas	144 celdas
Tensión MPP	42.72V
Peso	27.2kg
Caja de conexiones	IP65
Eficiencia del módulo	22.45%

Ahora se prosigue a calcular el número de paneles, teniendo en cuenta la ecuación 5 para obtener la potencia pico, donde en el numerador se coloca el consumo diario de $19800 \left[\frac{Wh}{día} \right]$ y las horas solares mínimas obtenidas de 3.92 horas, dándonos como resultado una potencia pico de 5045,538W.

$$Potencia\ pico = \frac{19800 \left[\frac{Wh}{día} \right]}{3.924\ horas} = 5045,538\ W$$

Para este proyecto, la potencia del inversor se ha dimensionado de acuerdo con la potencia pico del generador fotovoltaico, que es de 5.045 kW. Siguiendo el criterio de diseño en el que la potencia del inversor debe ser aproximadamente igual a la potencia pico del sistema, se selecciona un inversor con una capacidad nominal de 5 kW.

Posteriormente se procede a calcular el número de paneles con la ecuación 6, con la potencia pico obtenida y la potencia de los paneles que se escogió de 580W, dando como resultado 9 paneles.

$$\text{Cantidad de paneles} = \frac{5045,538 \text{ W}}{580\text{W}} = 8.69\text{paneles} \approx 9 \text{ paneles}$$

Ahora se calcula la potencia instalada con la ecuación 7 multiplicando el número de paneles que es de 9 por la potencia de los paneles, con este resultado se obtiene la corriente que debe soportar el controlador de carga con la ayuda de la ecuación 8.x

$$\begin{aligned} \text{Potencia instalada} &= 9 * 580 = 5220[W] \\ \text{corriente de controlador} &= \frac{5220[W]}{24[V]} = 217,5[A] \end{aligned}$$

Para el cálculo del banco de baterías se ocupa la ecuación 9, donde da como resultado la corriente de las baterías, teniendo como resultado 825Ah.

$$\text{Corriente de la batería} = \frac{19800 \left[\frac{Wh}{\text{día}} \right]}{24[V]} = 825Ah$$

Y con la corriente recomendada de las baterías es

$$\text{Corriente recomendada de la batería} = 825Ah * 2 = 1650Ah$$

Considerando que se plantea unas baterías de 200Ah a 12V con la ecuación 27 y 28 se obtiene el número de baterías en serie y en paralelo, donde se necesita 9 baterías en paralelo y 2 baterías en serie.

$$\text{Baterías}_{\text{paralelo}} = \frac{\text{Corriente recomendada de la batería}}{\text{Corriente de la batería}} \quad (27)$$

$$\text{Baterías}_{\text{paralelo}} = \frac{1650Ah}{200Ah} = 8,25 \text{ Baterías} \approx 9 \text{ Baterías}$$

$$Baterías_{serie} = \frac{Voltaje\ del\ sistema}{Voltaje\ de\ la\ batería}$$

(28)

$$Baterías_{serie} = \frac{24V}{12V} = 2\ Baterías$$

Con la ecuación 31 y 32 se calcula el tiempo de carga y descarga de las baterías, donde las baterías funcionan al 50% que es lo recomendable para que se descargue las baterías, se escogió unas baterías solares de 200Ah/12VDC es una sellada sin mantenimiento ideal para ser destinada a pequeñas instalaciones solares, la hoja de datos se las observa en los Anexo 21 y Anexo 22 .

Para el tiempo de descarga primero se obtiene los watios horas con la ecuación 29 [28].

$$Potencia_{Baterías} = Corriente\ recomendada\ de\ la\ batería * Voltaje\ del\ sistema$$

(29)

$$Potencia_{Baterías} = 1650Ah * 24V$$

$$Potencia_{Baterías} = 39600Wh$$

Dando como resultado que la potencia de las baterías es de 39600Wh ese valor es al 100% como la batería solo va a trabajar al 50% con la ecuación 30 se le calcula la potencia al 50%.

$$Potencia_{Baterías\ 50\%} = Potencia_{Baterías} * 50\%$$

(30)

$$Potencia_{Baterías\ 50\%} = 39600Wh * 50\%$$

$$Potencia_{Baterías\ 50\%} = 19800Wh$$

Con la ecuación 31 se obtiene el tiempo de descarga de las baterías, dando como resultado que se descargan en 13.2 horas.

$$Baterías_{Descarga} = \frac{Potencia_{Baterías\ 50\%}}{Potencia\ del\ sistema}$$

(31)

$$Baterías_{Descarga} = \frac{19800Wh}{1500W}$$

$$Baterías_{Descarga} = 13.2h$$

Para el tiempo de carga de las baterías se aplica la ecuación 32 donde da como resultado que las baterías se cargan en 5.80 horas

$$Baterías_{carga} = \frac{50\% * Corriente de las baterías}{corriente del sistema} * 1.2 \quad (32)$$

En donde la corriente del sistema al 75% se calcula con la ecuación 33.

$$corriente del sistema = \frac{Potencia instalada * eficiencia}{Voltaje del sistema} \quad (33)$$

$$corriente del sistema = \frac{5220W * 75\%}{24V}$$

$$corriente del sistema = 163.12A$$

Ahora remplazando el valor de la corriente del sistema en la ecuación 32 se obtiene el tiempo de carga de 0.73 horas

$$Baterías_{carga} = \frac{50\% * 200Ah}{163.12A} * 1.2$$

$$Baterías_{carga} = 0.73 \text{ horas} \approx 43.8 \text{ minutos}$$

4.6.4. Diseño de puesta a tierra según normativa

En los sistemas fotovoltaicos, la conexión a tierra es vital, pues ayuda a mantener a salvo a las personas y a cuidar los aparatos. Estos sistemas usan la energía del sol para producir electricidad, cambiándola a corriente continua. Si algo falla y la corriente se descontrola, existe un gran peligro de que alguien reciba una descarga o de que los componentes se dañen. Al conectar a tierra, se pueden mandar de forma segura las corrientes que fallan hacia el suelo, evitando que se junten y se extiendan por el sistema. Esto reduce mucho el riesgo de electrocución y ayuda a que el sistema fotovoltaico se mantenga en buen estado.

Al diseñar un sistema de puesta a tierra, es fundamental considerar la resistividad del suelo, ya que este parámetro influye directamente en la eficacia del sistema para disipar corrientes de falla de forma segura. Esta resistividad puede determinarse mediante mediciones directas en campo,

utilizando un telurómetro, o a través del análisis de las características geográficas y edafológicas del terreno, como se ilustra en el Anexo 2. De este modo, se asegura un diseño técnico confiable que contribuya tanto a la seguridad eléctrica como a la protección de los equipos y personas.

Como se menciona en [36], el tipo de suelo donde se encuentra ubicada la empresa corresponde a un molisol con distribución uniforme, caracterizado por su composición arcillosa y condiciones climáticas de precipitación moderada. Estas características favorecen una buena conductividad eléctrica, por lo que se estima una resistividad promedio del suelo de aproximadamente 10 Ωm.

Como propuesta en [37] para un correcto diseño de sistema de puesta a tierra de un sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta el modelado del suelo, el diseño del conductor, las características de la malla de puesta a tierra, el diseño de la malla de puesta a tierra, tipo de puesta a tierra y puesta a tierra para descargas atmosféricas.

Para el modelado de suelo se recomienda el uso del modelo de dos capas por su mayor convergencia con respecto al valor real dicho específicamente por estándar IEEE 2778 como se muestra en la Figura 36. El modelo de una sola capa (ecuación 34) se puede usar siempre y cuando se tenga una distribución uniforme de su resistencia.

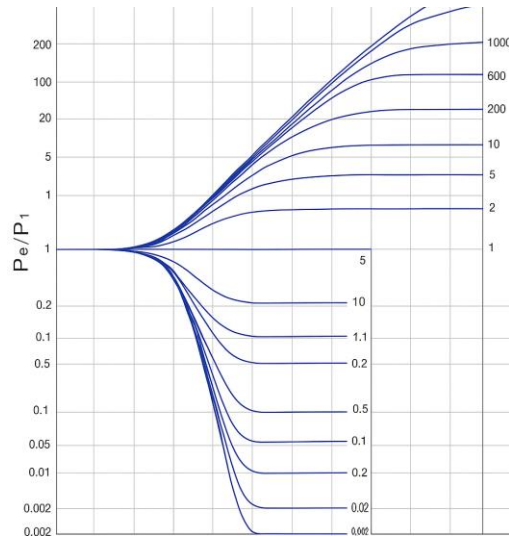


Figura 36. modelo de dos capas [37].

Para el modelo de una sola capa se toma en cuenta la resistividad de las mediciones ρ sobre el número total de mediciones n .

$$\rho_{a(av1)} = \frac{\rho_{a(1)} + \rho_{a(2)} + \dots + \rho_{a(n)}}{n}$$

(34)

Para el diseño del conductor en sistemas fotovoltaicos se tiene en cuenta que las corrientes de cortocircuito no son elevadas [37] en donde para cumplir con la normativa NFPA® [38] se debe poner como mínimo un conductor 6 AWG de cobre.

En cuanto a las características de la malla de puesta a tierra, los sistemas fotovoltaicos disponen de equipos electrónicos, por lo que, la resistencia de puesta a tierra debe ser $R_g < 5\Omega$ y la profundidad de que debe estar enterrada a 600 mm lo establecido por la EEQ [37].

Por ende, para el diseño de la malla de puesta a tierra se toma en cuenta la ecuación de Sverak.

$$R_s = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

(35)

Donde:

L_T : Longitud de conductores que se encuentren enterrados en m.

ρ : Es la resistividad aparente del terreno Ω -m.

A: área ocupada por la cuadrilla en m^2 .

H: profundidad de la cuadrilla en m.

Para saber el número de varilla se tiene en cuenta la ecuación 36 la cual permite saber la resistencia de una varilla.

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right]$$

(36)

Una vez obtenida la resistencia de una sola varilla se procede a calcular el número de varillas a utilizar con la ecuación (37).

$$n = \frac{R_1}{R_t * c_f}$$

(37)

En donde:

c_f = Acoplamiento 0.8

R_t =Resistencia deseada

d = Diámetro

Teniendo en cuenta que para el tipo de puesta a tierra es recomendable una configuración IT debido a que permite seguir funcionando ante una falla línea a tierra como se muestra en la Figura 37.

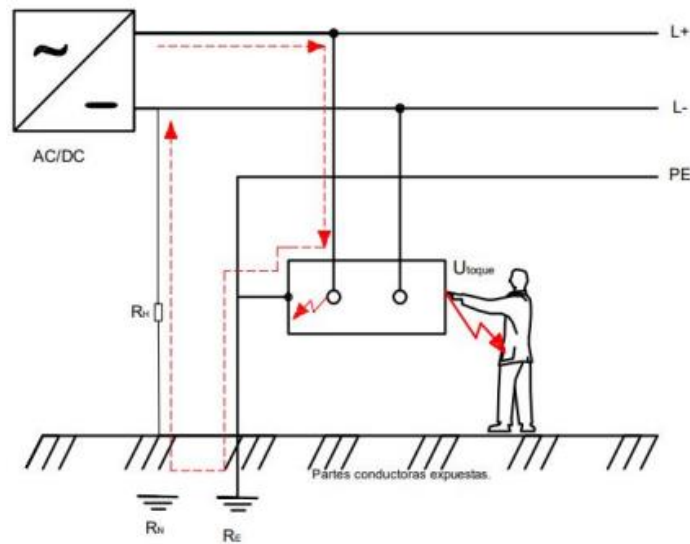


Figura 37. Diagrama del sistema IT [37].

Para una mayor protección ante una descarga atmosférica se debe instalar varillas terminales de aire no aisladas en donde su estructura consiste en que la varilla este alejado a una distancia entre 0.5m a 0.7m del panel solar y conectado directamente hacia tierra como se indica en la Figura 38.

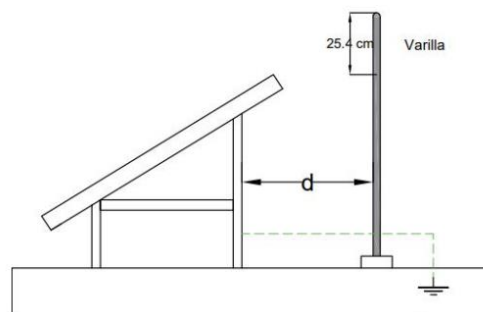


Figura 38. Varilla terminal de aire no aislado [36].

En función del diseño del sistema de puesta a tierra y considerando la normativa vigente, se recomienda implementar este sistema de forma adecuada y conforme a los estándares técnicos establecidos. Esta medida no solo es una exigencia reglamentaria, sino también una acción preventiva crucial para salvaguardar la integridad física de las personas y proteger los equipos que conforman el sistema fotovoltaico. Un sistema de puesta a tierra bien diseñado permite canalizar las corrientes de falla de manera segura hacia el terreno, evitando riesgos de electrocución, incendios o daños en los componentes eléctricos. Por ello, su correcta instalación representa un aspecto esencial para garantizar la seguridad operativa y la confiabilidad del sistema.

Simulación puesta a tierra en Etap

Para el ingreso de datos en la simulación y su posterior validación con los valores previamente calculados, se tomaron como referencia los parámetros del sistema de puesta a tierra (SPT) detallados en la sección 4.6.4. En dicha sección se establece que el suelo es considerado de una sola capa homogénea, asignándole una resistividad específica de $10 \Omega \cdot m$, tal como se muestra en la Figura 39.

	Resistivity ohm-m	Material	Depth ft
Surface Material	10	Crusher run Granite	0,39
<input checked="" type="radio"/> User-Defined <input type="radio"/> Calculated			
Top Layer	10	Wet organic soil	1,57
Lower Layer	10	Wet organic soil	

Figura 39. Ingreso de datos de resistividad del suelo.

Asimismo, dentro de los parámetros de diseño considerados para el sistema de puesta a tierra, se incluye un área de instalación de 25 m^2 , junto con una profundidad de 600 mm, en concordancia con las recomendaciones establecidas por la normativa vigente. En cuanto al electrodo de puesta a tierra, se emplea una varilla de cobre de 5/8 pulgadas de diámetro, conforme a lo indicado en la Figura 40.

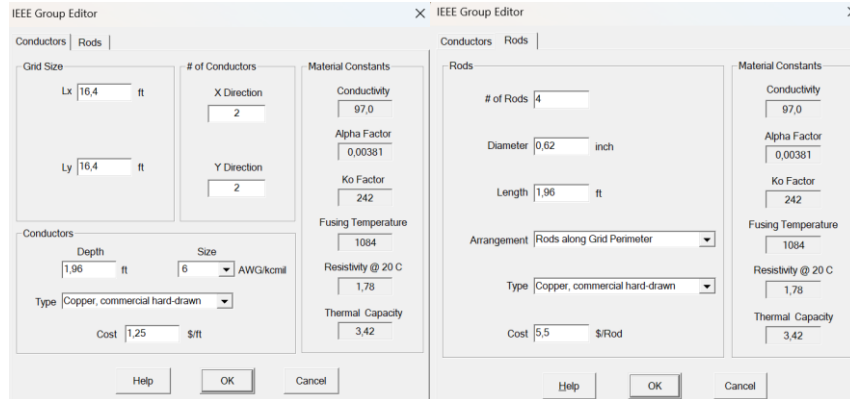


Figura 40. Parámetros de conductor y varillas.

Obteniendo, así como resultado el diseño de la malla de la puesta a tierra de la Figura 41.

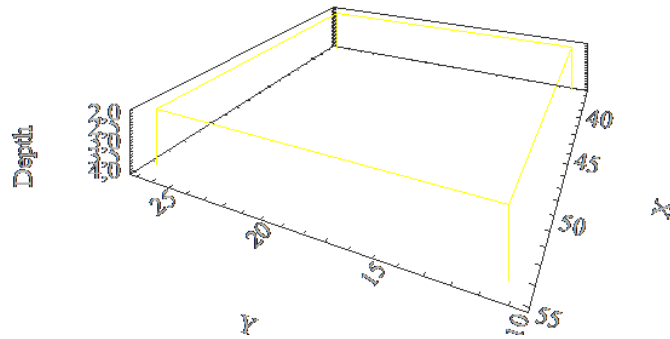


Figura 41. Diseño de malla de puesta a tierra

4.7. MODELADO Y SIMULACIONES

A continuación, se procede a la contrastación y confirmación de los resultados logrados. mediante herramientas de simulación especializadas. Por ello, se utiliza el software PVsyst, que permite evaluar cómo rinde y qué tan bien funciona el panel solar fotovoltaico. Previamente diseñado, incluyendo un análisis económico integral que facilita la estimación de costos, beneficios y retorno de inversión.

4.7.1. PVsyst

Tal y como se aprecia en la Figura 42, este programa informático diseñado específicamente facilita la realización de un examen exhaustivo, la simulación y el estudio minucioso de instalaciones solares fotovoltaicas. Entre sus funciones destaca el cálculo exacto del tamaño idóneo del sistema, teniendo en cuenta la luz solar existente según el sitio geográfico del proyecto, mediante una

amplia base de datos del clima. Aparte, contiene un instrumento de creación de modelos en tres dimensiones, que hace posible plasmar el entorno real y evaluar cómo influyen las sombras, simulando el desplazamiento del sol durante el día para mejorar al máximo el diseño.

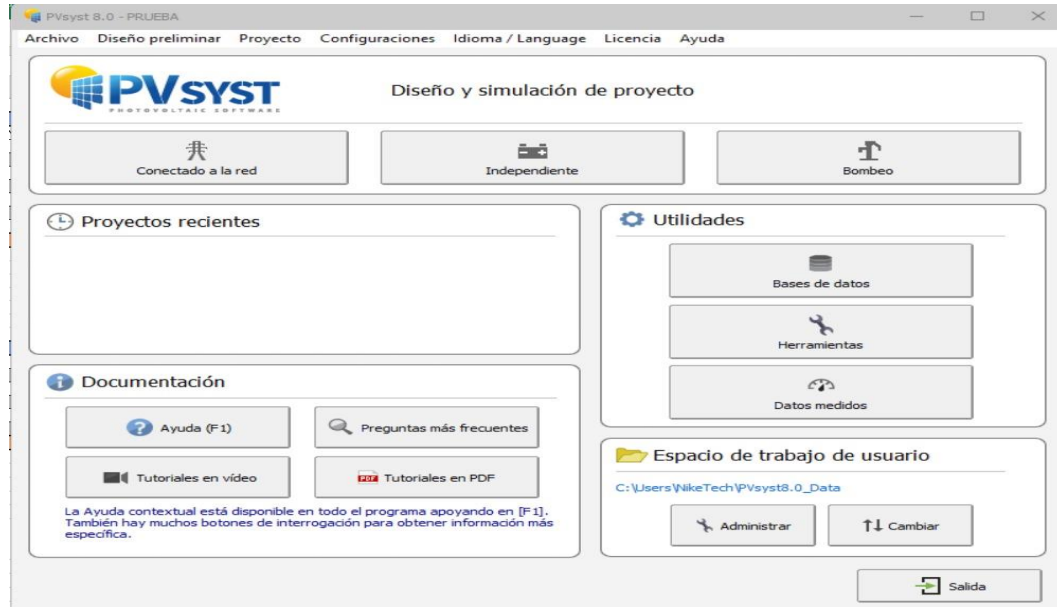


Figura 42. Software de simulación PVSYST.

Para iniciar con el ingreso de los datos en el software de simulación, se define en primer lugar el tipo de proyecto a desarrollar. De acuerdo con el enfoque trabajado a lo largo de esta investigación, se propone la creación de un sistema independiente, enfocado específicamente en tomar la demanda energética del sistema de iluminación de la entidad. Para tal fin, se opta por la configuración de un sistema fotovoltaico independiente, el cual es modelado de forma particular en el entorno de simulación.

Especificación de ubicación geográfica y datos meteorológicos

Teniendo en cuenta el apartado 10.1 se ubicó la empresa con las coordenadas correspondientes como se observa en la Figura 43.

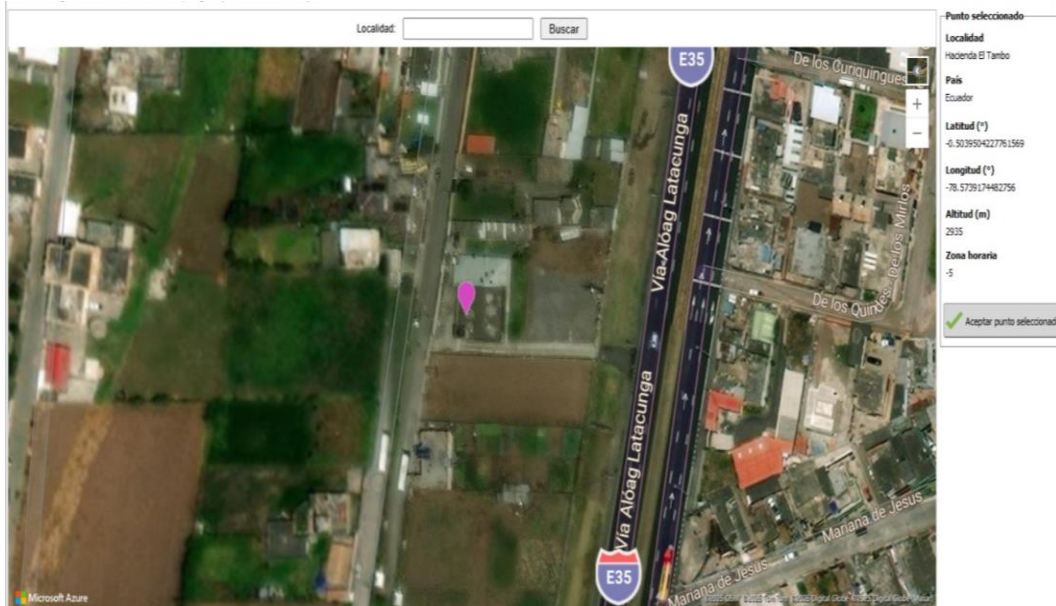


Figura 43. Ubicación geográfica de la empresa en PVSYST.

Posteriormente se importó de la plataforma NASA los datos meteorológicos correspondientes a la irradiación de la zona como se indica en las Figura 44 y Figura 45.

Figura 44. Importación de base de datos meteorológicos de la plataforma NASA-SSE

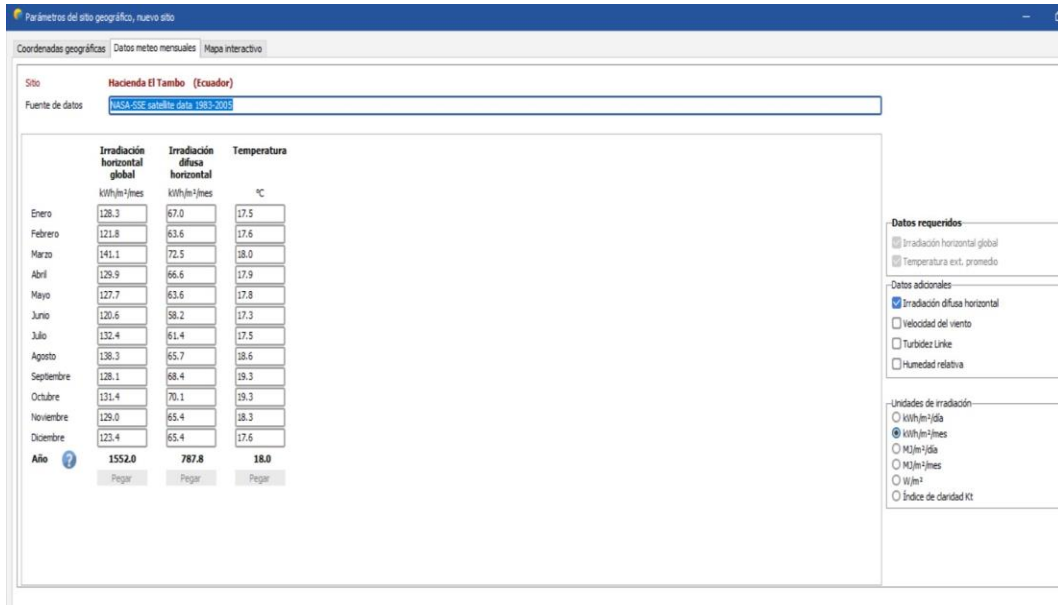


Figura 45. Importación de Datos de irradiación en el software.

Ajustes de parámetros generales

Se empieza configurando la inclinación del plano teniendo en cuenta que es recomendable en la zona de Ecuador una inclinación de 15° como se observa en la Figura 46, procediendo así a guardar el proyecto

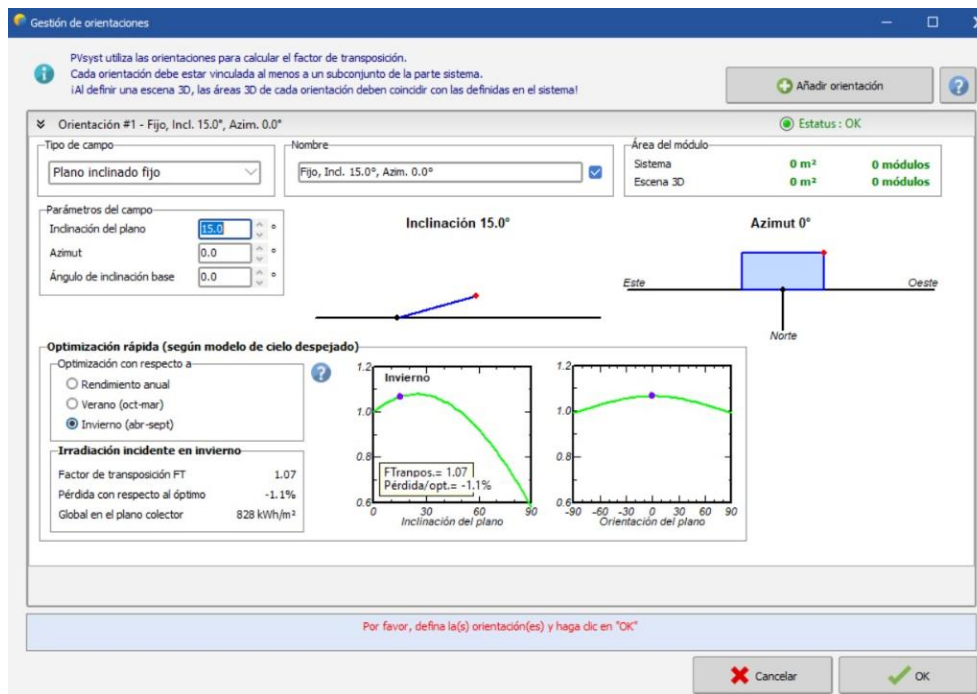


Figura 46. Gestión de operaciones.

Ingreso de datos de potencia

En esta etapa del diseño, se procede a definir la carga de iluminación según lo establecido en el apartado 10.3. La Figura 47 presenta el detalle de los equipos considerados, entre ellos 26 lámparas dobles, un foco adicional y un sistema de expansión, cada uno con una potencia determinada y un tiempo de uso diario de 12 horas. El cálculo de estos consumos permite determinar una energía diaria total de 18,024 Wh/día, lo que equivale a un consumo mensual aproximado de 540.7 kWh.

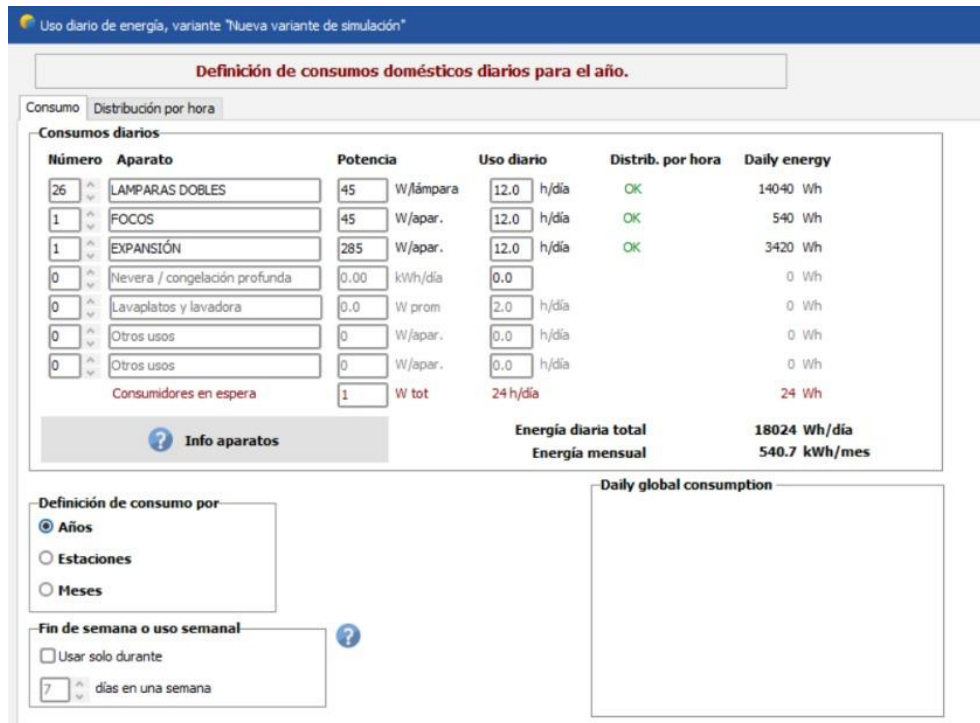


Figura 47. consumo diario de energía

En complemento, la Figura 48 muestra la distribución horaria del uso de los distintos equipos, siguiendo el perfil de consumo descrito previamente en la Figura 32. Se observa que las cargas se distribuyen uniformemente a lo largo de un intervalo de 12 horas, comprendido entre las 7:00 y las 19:00 horas. Esta representación gráfica permite visualizar claramente los períodos de mayor demanda energética, facilitando así la identificación de los picos de consumo. Además, el gráfico de consumo global diario revela una distribución constante de la carga durante dicho intervalo, lo cual es especialmente relevante para el dimensionamiento del procedimiento de generación fotovoltaica y el posible almacenamiento energético, garantizando un suministro eficiente y continuo a lo largo del día.

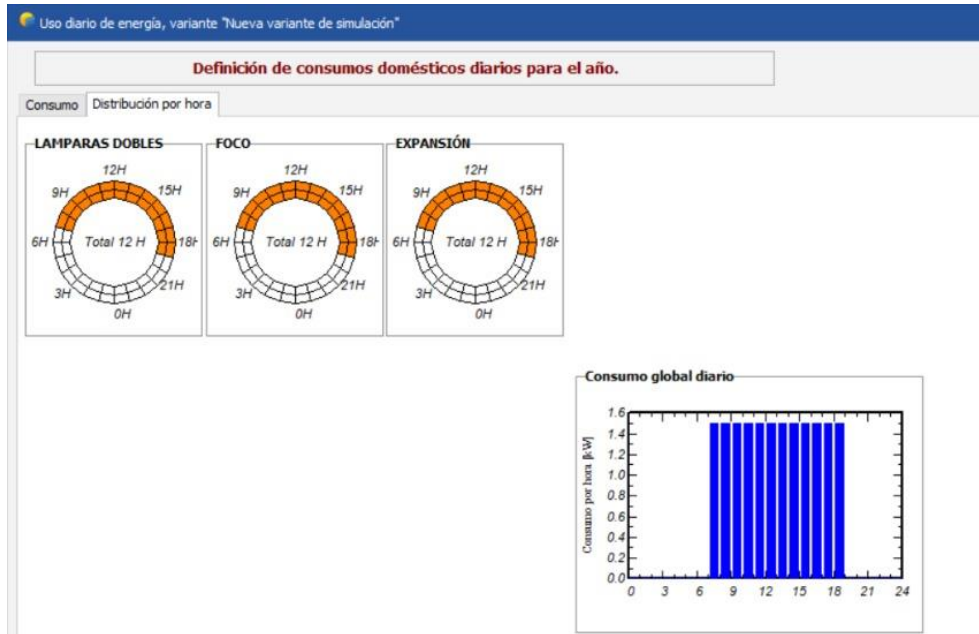


Figura 48. Distribución por hora de energía

Como se evidencia en la Figura 47 y Figura 48 existe una carga llamada expansión prevista para futuras cargas en el ámbito de iluminación especificado en el apartado 10.6.3.

Parámetros del módulo fotovoltaico

Con base en la información técnica proporcionada en los Anexo 19 y Anexo 20, se procedió a la búsqueda de un panel fotovoltaico comercial en el software que presentara características similares. Tras un análisis comparativo entre diferentes fabricantes, se seleccionó el módulo fotovoltaico del fabricante CSI Solar, modelo de 580 W, por su compatibilidad con los requerimientos establecidos. La elección se fundamenta en las especificaciones técnicas detalladas en la hoja de datos (datasheet), las cuales cumplen con los criterios de potencia, voltaje y eficiencia definidos previamente. La configuración final contempla el uso de 9 módulos de 580 W, cuyas características particulares se resumen en la Figura 49.

Definición de un módulo FV

Datos básicos | Dimensiones y tecnología | Parámetros del modelo | Datos adicionales | Measured Data | Comercial | Gráficos

Modelo: CS7L-580MS 1500V Fabricante: CSI Solar
Nombre de archivo: CSISolar_CS7L_580MS_1500V.PAN Fuente datos: Manuf. March 21, TÜV sud
Base de datos PVsyst original Prod. desde 2020

Potencia nom. (en STC): 580.0 Wp Tol. +/-: 0.0 1.7 %
Tecnología: Si-mono

Especificaciones del fabricante o otras medidas

Condiciones de referencia	GRef	1000	W/m ²	TRef	25	°C
Corriente de cortocircuito	Isc	14.350	A	Circuito abierto Voc	50.65	V
Punto de Máxima Pot.	Imp	13.580	A	Vmpp	42.72	V
Coeficiente de temperatura	muIsc	6.9	mA/°C	Núm células en serie	72	x 2
	o muIsc	0.048	%/°C			

Herramienta de resultado del modelo interno

Condiciones de operación	GOper	1000	W/m ²	TOper	25	°C
Punto de Máxima Pot.	Pmpp	580.4	W	Coef. temper.	-0.33	%/°C
Corriente	Imp	13.67	A	Voltaje Vmpp	42.4	V
Corriente de cortocircuito	Isc	14.35	A	Circuito abierto Voc	50.7	V
Eficiencia	/ Área células	18.28	%	/ Área módulo	20.51	%

Resumen del modelo

Parámetros principales

Derivación R	700	Ω
Rderiv(G=0)	3000	Ω
Modelo serie R	0.18	Ω
Serie R máx.	0.18	Ω
Serie R aparente	0.31	Ω

Parámetros del modelo

Gamma	0.998
IoRef	0.02 nA
muVoc	-145 mV/°C
muPMax fijo	-0.34 /°C

Mostrar optimización | Copiar a la tabla | Imprimir | Cancelar | OK

Figura 49. Parámetros de módulo fotovoltaico

Parámetros del inversor

Para la selección del inversor, se sujetó como referencia la hoja de datos técnica incluida en el Anexo 23. Con base en las especificaciones presentadas se procedió a realizar una búsqueda dentro del software de simulación, priorizando fabricantes que ofrecieran equipos con características equivalentes. Como resultado, se seleccionó el inversor del fabricante Outback, modelo de 5000 W, el cual cumple con los requisitos establecidos. Las características técnicas del equipo elegido se detallan en la Figura 50.

Figura 50. Características del inversor.

Parámetros de las baterías

Tal como se indica en los Anexo 21 Anexo 22 se llevó a cabo una búsqueda de baterías en el software especializado, con el objetivo de identificar modelos que cumplieran con las especificaciones técnicas requeridas. Como resultado, se seleccionaron baterías del fabricante Narada, de 12 V, las cuales se adecuan a los parámetros definidos. Para alcanzar un banco de baterías con tensión nominal de 24 V, se diseñó una configuración de 2 baterías conectadas en serie y 9 en paralelo, permitiendo así satisfacer tanto los requerimientos de voltaje como de capacidad. Las características técnicas detalladas de las baterías seleccionadas se presentan en la Figura 51.

Almacenamiento | Diseño de subconjunto | Respaldo | Esquema Simplificado

Procedimiento
 Las sugerencias de preajuste se basan en los datos meteo mensuales y en la definición de las necesidades del usuario

1. Pre-dimensionamiento: Defina las condiciones de pre-dimensionamiento deseadas (PLOL, autonomía, voltaje de la batería)
2. Almacenamiento: Defina la batería (las casillas de verificación predeterminadas se acercarán al pre-dimensionamiento)
3. Diseño generador FV: Diseñe el generador FV (módulo FV) y el modo de control. Se recomienda comenzar con un controlador universal.
4. Respaldo: Defina un grupo electrógeno eventual

Especifique el conjunto de batería

Ordenar baterías por: voltaje capacidad fabricante

Narada 12 V 200 Ah Pb Sealed Gel MPG 12V 200 Desde 2018

Plomo-ácido

2	<input type="checkbox"/> baterías en serie	Número de baterías	18	Voltaje paquete de baterías	24 V
9	<input type="checkbox"/> baterías en paralelo	Número de elementos	108	Capacidad global (C10)	1868 Ah
100.0	% Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)			Energía almacenada (80% DOD)	34.6 kWh
100.0	% Estado inicial de desgaste (estático)			Peso total	1206 kg
				Núm. de ciclos a 80% DOD	1000
				Energía total almacenada durante la vida útil de la batería	39529 kWh

Figura 51. Características de las baterías.

Tras finalizar el diseño del sistema de energía solar fotovoltaica, como se muestra en la Figura 52, los resultados se analizan en la Sección 11.3.1. Con el fin de compararlos con los valores teóricos calculados previamente, en esta fase se evalúan los diversos parámetros obtenidos mediante la simulación. Esta comparación permite validar el dimensionamiento del sistema y verificar su eficiencia operativa, asegurando que el desempeño simulado se ajuste con los requerimientos energéticos establecidos.

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado 5.0 %
 18.1 kWh/día Autonomía solicitada 5.0 día(s)

Voltaje de batería 48 V
 Capacidad sugerida 2218 Ah
 Potencia FV sugerida 6.07 kWp

Almacenamiento | Diseño de subconjunto | Respaldo | Esquema Simplificado

Nombre y orientación del subconjunto
 Nombre: Generador FV
 Oriente: Fijo, Incl. 15.0°, Azim. 0.0°

Ayuda de pre-dimensionamiento
 Sin dimensionamiento Potencia planeada 15.0 kWp
 Redimens. o área disponible 31 m²

Seleccione el módulo FV
 Todos los módulos Ordenar módulos: Potencia Tecnología
 CSI Solar 580 Wp 36V Si-mono CSL-580MS 1500V Desde 202

Módulos necesarios aprox. 26 Dimensiona. voltaje: V_{mpp} (60°C) 37.1 V
 Voc (-10°C) 55.6 V

Seleccione el modo de control y el controlador
 Controlador universal Outback Convertidor de potencia MPPT
 Corriente máx. de carga-descarga
 Modo operativo: MPPT 5000 W 24 V 177 A 80 A FLEXmax 80 - 24V

Acoplamiento directo
 Convertidor MPPT
 Convertidor CC-CC
 Número de controladores 1 Voltaje de operación MPP 30-145 V Potencia controlador 5.00 kW
 Voltaje máximo de entrada 150 V Batería asociada 24 V

Diseño del conjunto
 Número de módulos y cadenas debe ser/estar:
 Mód. en serie 1 entre 1 y 2
 Núm. cadenas 9 entre 20 y 32

Condiciones de operación:
 V_{mpp} (60°C) 37 V
 V_{mpp} (20°C) 43 V
 Voc (-10°C) 56 V

Perdida sobrecarga 0.0% Irradia. plano 1000 W/m²
 Proporción P_{nom} 1.04 Impp (60°C) 124 A Potencia de funcionamiento máx. 4.8 kW
 (a irrad. máx. y 50°C)
 Núm. de módulos 9 Área 25 m² Isc (60°C) 131 A
 Isc (en STC) 131 A Potencia nom. conjunto (STC) 5.2 kWp

Figura 52. Diseño del sistema fotovoltaico.

4.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

Tabla 12. Variable independiente: Sistema fotovoltaico híbrido.

Concepto	Indicadores	Unidades	Técnicas e instrumentos
Sistema fotovoltaico que inyecta y recibe energía de la red eléctrica. Este tipo de instalación cuenta con un inversor de conexión a la red, medidor bidireccional y banco de baterías.	Radiación	kWh/m ²	Excel
	Área	M ²	Flexometro
	Número de paneles	Unidad	Cálculo
	Inversor	W	Cálculo

Tabla 13. Variable dependiente: consumo energético

Concepto	Indicadores	Unidades	Técnicas e instrumentos
Energía eléctrica consumida por el suscriptor (cliente) en un lapso de tiempo determinado.	Curva de carga	W; h	Excel
	Energía	KWh	Excel
	Costo de energía	\$	Cálculo

5. ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. MEDICIONES CON EL ANALIZADOR DE RED

En la empresa JBWorker se llevo a cabo mediciones con el fin de examinar el comportamiento de la carga eléctrica. Durante este proceso, se recopilaron datos esenciales como el voltaje, la corriente, la potencia activa descrita en el apartado 10.5.1 y el consumo de energía.

5.1.1. Datos de voltaje

La Figura 53 muestra el comportamiento del voltaje en la línea 1 durante un periodo de 7 días consecutivos. Este monitoreo corresponde al voltaje línea-neutro, cuyo valor nominal es de 127 V. Para el estudio se tomó en cuenta la normativa ARCERNNR 003/2023, la cual establece que el voltaje debe mantenerse dentro de un margen de $\pm 8\%$ respecto al valor nominal.

En la gráfica se puede observar tres líneas de referencia:

- Línea roja superior: límite máximo permitido (136,16 V)
- Línea roja inferior: límite mínimo permitido (116,84 V)
- Línea negra central: voltaje nominal (127 V)

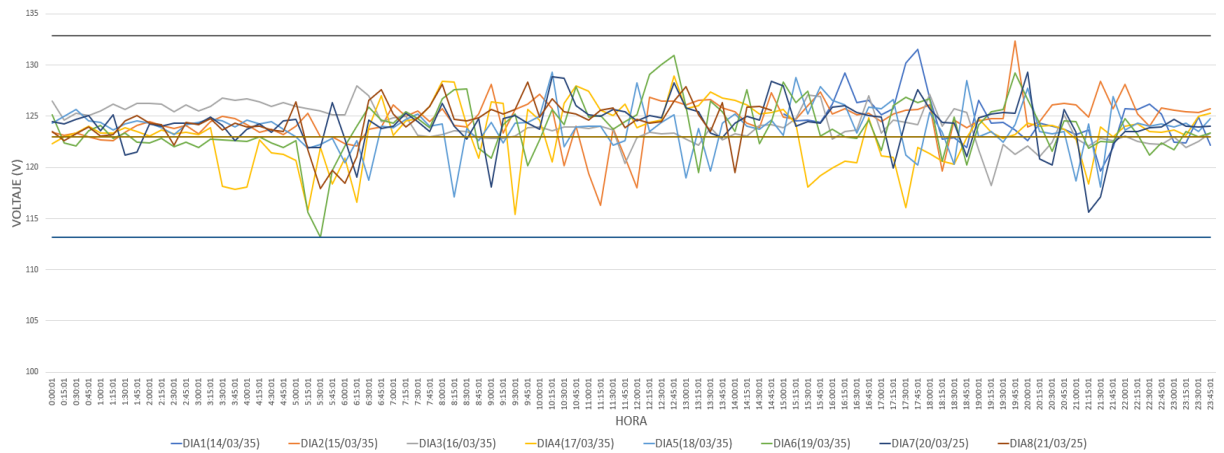


Figura 53. Voltaje línea-neutro de la fase.

Las curvas representan las mediciones correspondientes a cada uno de los siete días registrados. Al analizar estas curvas, se evidencia que, en varios puntos, los valores de voltaje se encuentran por debajo del límite inferior permitido, especialmente durante el día 6, donde se registró el valor mínimo de 113 V, lo cual representa que no cumple los límites establecidos por la normativa. Por tanto, se concluye que la línea 1 no cumple con los requerimientos de calidad de energía eléctrica establecidos por la ARCERNR 003/2023, debido a la presencia caídas de voltaje.

Ahora en la Figura 54 muestra los resultados de las mediciones de voltaje correspondientes a la línea 2. Al igual que en el caso de la línea 1, el voltaje analizado es de tipo línea-neutro, cuyo valor nominal es de 127 V. Este cumple con la misma normativa antes mencionadas y las mismas líneas de referencia para identificar si cumple con la normativa establecida.

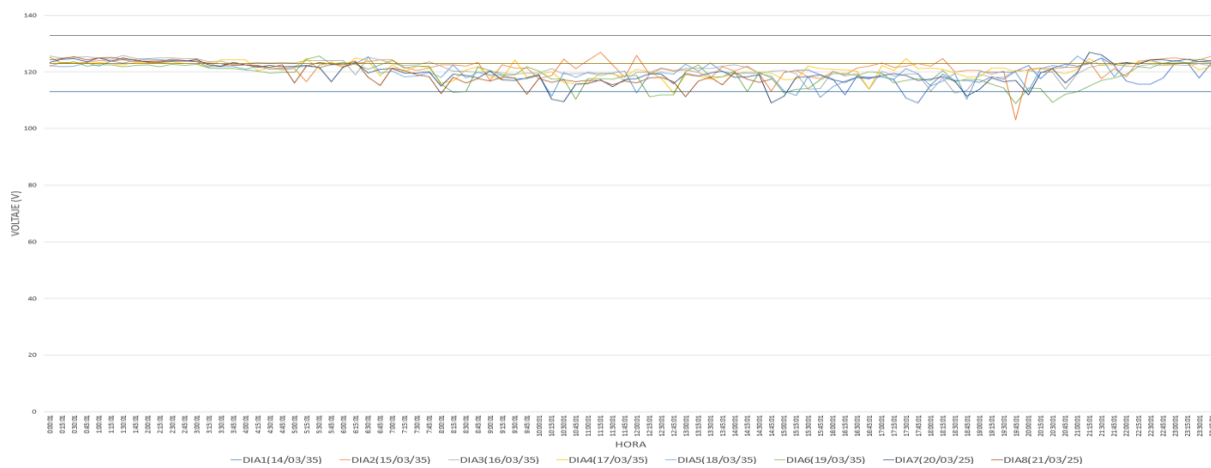


Figura 54. Voltaje línea-neutro de la fase 2.

Las gráficas representan las mediciones horarias de cada uno de los siete días. En comparación con la línea 1, se observa en esta figura tiene una mayor cantidad de desviaciones por debajo del límite mínimo permitido. En efecto, todas las curvas presentan tramos con valores inferiores a los 116,84 V, lo que indica una condición más crítica de subvoltaje constante.

El valor más bajo registrado corresponde al día 2, con una medición de 103 V, lo cual representa un desvío significativo del límite mínimo. Esta situación evidencia un incumplimiento reiterado así con las exigencias de calidad que dictan las regulaciones actuales.

Finalmente, en la Figura 55 se indican los resultados de las mediciones del voltaje línea-línea correspondientes a varios días consecutivos del mes de marzo. El valor nominal de este voltaje es de 220V, y de acuerdo con los criterios de calidad de suministro eléctrico, los valores deben mantenerse dentro de un rango admisible del $\pm 8\%$, es decir, entre 202,4V y 237,6V. Este rango define los límites dentro de los cuales el voltaje debe permanecer para garantizar un suministro estable y seguro para los equipos eléctricos.

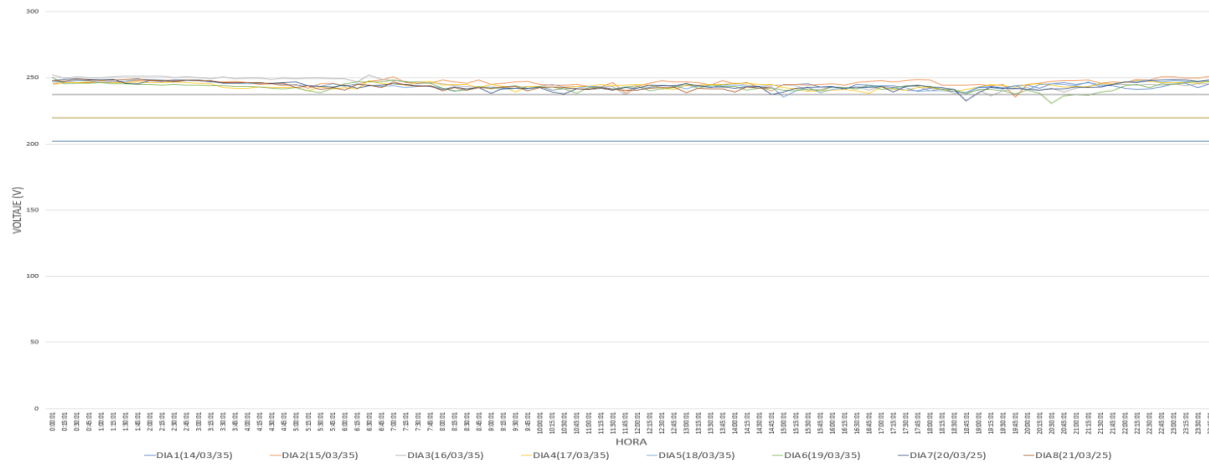


Figura 55. Voltaje línea-línea

Al observar el comportamiento de las curvas correspondientes a cada día, se puede notar que la gran mayoría de las mediciones se encuentran por encima del valor nominal. En muchos casos, las mediciones incluso superan el límite superior admisible de 237,6V, lo cual indica una condición de sobrevoltaje. Esta situación es preocupante, ya que puede tener efectos negativos sobre los equipos eléctricos, acortando su vida útil y provocando posibles fallas operativas.

Pese a este comportamiento generalizado de sobrevoltaje, existen algunas excepciones en las que los valores medidos se mantuvieron dentro de los límites permitidos. Por ejemplo, se registraron

mediciones de 236V el día 5 a las 15:00, 233V el día 7 a las 18:45, 233V el día 3 a las 19:25, 235V el día 2 a las 19:45 y 231V el día 6 a las 20:30. Aunque estos valores son aceptables según la normativa, se encuentran muy próximos al límite superior, lo que indica que incluso en condiciones "normales" el sistema opera al borde del sobrevoltaje.

Cabe destacar un valor máximo de 252V registrado el día 3, el cual representa un 14,5% por encima del valor nominal. Este valor excede considerablemente el límite admisible y podría estar asociado a problemas en la regulación del sistema o a una sobrecompensación de energía reactiva. Este tipo de valores extremos requiere atención inmediata, ya que puede causar daños severos a la infraestructura eléctrica.

Después de que se analizaron las gráficas de voltaje y se tomaron en cuenta los antecedentes de fluctuaciones de voltaje registradas a lo largo del día, se puede afirmar con fundamento que existen problemas de calidad de energía en las instalaciones de JBWorker. Las mediciones demuestran que los valores de voltaje presentan variaciones significativas que en muchos casos exceden los límites admisibles establecidos por las normativas técnicas para un suministro eléctrico confiable. Esta condición compromete no solo la estabilidad operativa de los equipos, sino también la eficiencia energética y la seguridad del sistema.

5.1.2. Datos de corriente

En las Figura 56 se representan la respuesta de las mediciones de corriente para la línea 1 a lo largo de los 7 días consecutivos medidos. Se puede observar una tendencia marcada en la cual, durante todos los días laborables, se presentan picos de corriente elevados en diferentes momentos del día. La única excepción es el día 3, que corresponde a un domingo, jornada en la cual no se realiza actividad laboral, y, por lo tanto, las corrientes se mantienen en niveles mínimos constantes, evidenciando un comportamiento estable sin variaciones significativas.

Al examinar los datos, salta a la vista que el día 5 fue cuando la corriente eléctrica alcanzó su punto máximo, llegando a los 24 amperios. Esto sugiere que hubo una gran necesidad de energía en ese instante en particular. Esta cifra sobresale claramente al contrastarla con las otras lecturas obtenidas.

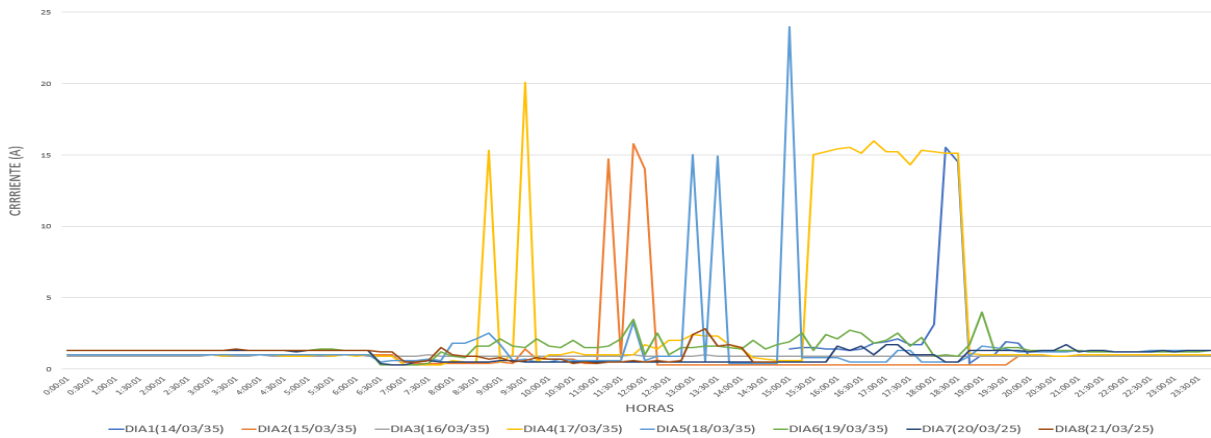


Figura 56. Corriente de la línea 1.

En general, se evidencia que, en la mayor parte del día, los niveles de corriente permanecen bajos, lo que sugiere que el sistema opera de manera eficiente durante periodos sin carga intensa. No obstante, los picos abruptos de corriente indican que existen momentos específicos en los que se produce un incremento significativo en la demanda. Cabe mencionar también que durante el día 4 se observa un comportamiento atípico: se presenta un pico de corriente sostenido que se extiende por aproximadamente tres horas, lo cual es considerablemente distinto al patrón habitual de picos breves.

A continuación, en la Figura 57 se muestra el comportamiento del consumo de corriente de la línea 2, donde se puede observar que esta línea opera con niveles de corriente más altos en comparación con la línea 1, previamente analizada. Esto sugiere que en esta línea se concentra una mayor carga eléctrica o que se alimentan equipos de mayor potencia, lo cual debe ser considerado al momento de evaluar la capacidad de los componentes eléctricos instalados.

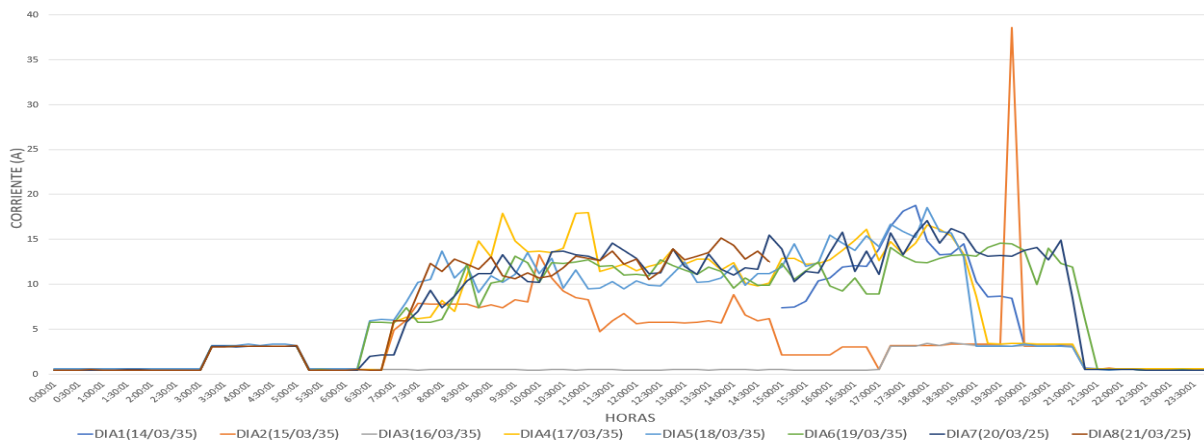


Figura 57. Corriente de la línea 2.

Uno de los aspectos más llamativos en la gráfica es el pico significativo de corriente registrado en el día 2, el cual alcanza un valor de 38,6 amperios. Este valor representa el punto máximo de toda la serie de datos y podría estar relacionado con el encendido simultáneo de múltiples cargas o con un evento puntual de alta demanda.

Otro patrón importante que se identifica es la presencia de consumo constante de corriente entre las 3:00 a.m. y 5:00 a.m. en todos los días registrados. Este comportamiento es poco usual, ya que esas horas suelen corresponder a periodos de baja actividad de la empresa JBWorker.

Además, durante los fines de semana, específicamente en el intervalo de 5:00 p.m. a 9:00 p.m., también se observa un consumo estable y repetitivo. Esto indica que, aunque hay una disminución general de la actividad productiva, existen procesos que continúan operando de forma rutinaria en ese rango horario, posiblemente relacionados con tareas de mantenimiento, iluminación o funcionamiento de sistemas auxiliares.

En el resto del día, la corriente tiende a mantenerse en niveles elevados, con un comportamiento relativamente homogéneo entre los diferentes días. Las variaciones son mínimas, lo cual indica que la demanda se mantiene estable durante los horarios laborales habituales, a excepción de los eventos puntuales previamente mencionados. Esta constancia en el uso de energía resulta ventajosa para organizar el suministro eléctrico, pero también implica la necesidad de una infraestructura robusta que pueda sostener la carga de forma continua.

El comportamiento de la corriente en la línea 1 refleja una operación normal con momentos puntuales de alta exigencia energética; sin embargo, los valores extremos y sostenidos requieren una revisión más profunda para asegurar que el sistema eléctrico cuente con la capacidad adecuada para responder a estas variaciones sin afectar la estabilidad, eficiencia o seguridad operativa. Por su parte, la línea 2 presenta un perfil de carga aún más exigente, con un consumo medio más alto, picos importantes y patrones horarios que reflejan actividad constante incluso en momentos atípicos, como durante la madrugada o los fines de semana.

5.1.3. Datos de energía

En la Figura 58, se puede observar una representación visual del gasto energético vinculado a la línea 1, línea 2 y el total del sistema. A partir de los datos visualizados, se puede identificar que el mayor consumo energético ocurrió el día 4, con un valor cercano a las 25,000 unidades, lo cual

indica una alta demanda operativa o un aumento significativo en la actividad de producción. En cambio, el día con menor consumo fue el día 3, con una energía total que apenas supera las 5,000 unidades, lo que puede deberse a una reducción en la carga operativa o incluso a una interrupción parcial del proceso productivo.

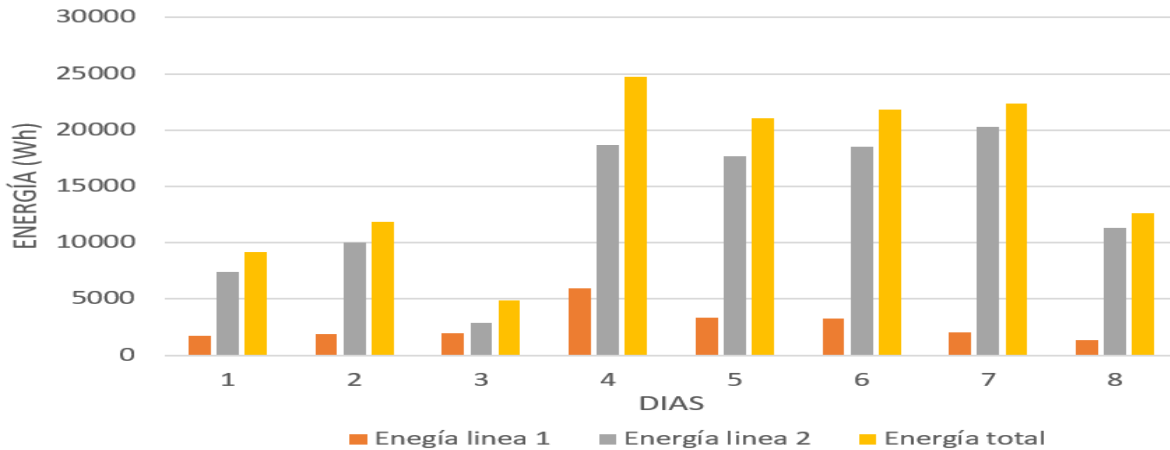


Figura 58. Energía consumida

Por otro lado, es evidente y constante que la línea 2 gasta más energía que la línea 1 durante los ocho días que revisados. Esta distinción da a entender que la línea 2 tiene una tarea más pesada o que está ligada a operaciones que simplemente necesitan más energía para funcionar.

5.2. DESEMPEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Se efectúa un estudio exhaustivo de la electricidad que producirá el sistema fotovoltaico que se plantea. Para lograr esto, se emplean los datos recabados antes, en la sección 10.6.3. Este estudio es clave para entender cómo funciona el sistema y verificar que satisfaga las necesidades de energía fijadas para su funcionamiento ideal.

5.2.1. Energía producida anualmente

Para calcular cuánta energía producirá al año el sistema fotovoltaico que planeamos, lo primero que debemos hacer es fijarnos en la radiación solar real que llegará a los paneles.

Según la referencia [27], se estima que las pérdidas específicas de los paneles fotovoltaicos ascienden a un 6,96%, lo cual debe ser aplicado sobre la irradiación total disponible para obtener un valor más realista de la energía que puede ser aprovechada.

Para este análisis, se toma como base la irradiación mensual registrada en la Tabla 9 , utilizando como ejemplo representativo el mes de enero. A partir de estos valores, se aplica la Ecuación 13, que permite calcular la energía producida teniendo en cuenta tanto la irradiación efectiva como el rendimiento del sistema después de aplicar las correspondientes pérdidas.

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = \left(3,86 \frac{kWh}{m^2}\right)(100\% - 6,96\%)$$

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = 3,59 \frac{kWh}{m^2 * dia}$$

Ahora con la ecuación 13 se calcula la energía producida en un día, consideramos en rendimiento de 0.85[28].

$$E_d = \frac{\left(3,59 \frac{kWh}{m^2 * dia}\right) * (5,045kW) * (0.85)}{1 * \frac{kWh}{m^2}}$$

$$E_d = 15.39 \frac{kWh}{dia}$$

Por consiguiente, para obtener la energía que se produce en un mes el valor de la energía producida en un día se multiplica por los días que se tiene en el mes, como se tomó como referencia el mes de enero se multiplica por 31 días.

$$E_m = 15.39 \frac{kWh}{dia} * 31$$

$$E_m = 477.52 \frac{kWh}{mes}$$

En la Tabla 14 se puede observar el cálculo de la energía que se produce en los meses del año, y dando como resultado que en el año se va a producir $5979.62 \frac{kWh}{año}$.

Tabla 14. Energía producida anualmente.

MES	Irradiación ($\frac{kWh}{m^2 \cdot dia}$)	Energía diaria ($\frac{kWh}{dia}$)	Rendimiento	Energía diaria producida ($\frac{kWh}{dia}$)	Días del mes	Energía mensual ($\frac{kWh}{año}$)
ENERO	3,86	3,59	0,85	15,40	31,00	477,52
FEBRERO	3,92	3,65	0,85	15,65	28,00	438,25
MARZO	3,65	3,39	0,85	14,55	31,00	451,08
ABRIL	3,95	3,67	0,85	15,75	30,00	472,39
MAYO	3,74	3,48	0,85	14,91	31,00	462,26
JUNIO	4,03	3,75	0,85	16,07	30,00	482,12
JULIO	4,09	3,81	0,85	16,33	31,00	506,13
AGOSTO	4,59	4,27	0,85	18,31	31,00	567,60
SEPTIEMBRE	4,96	4,61	0,85	19,77	30,00	593,01
OCTUBRE	4,37	4,06	0,85	17,41	31,00	539,82
NOVIEMBRE	4,33	4,03	0,85	17,26	30,00	517,94
DICIEMBRE	3,81	3,55	0,85	15,21	31,00	471,50
total						5.979,62

Con este valor de la energía que se produce en un año se calcula con la ecuación 38 el valor monetario que se va a generar, tomando como valor que el kWh es de $0,2752 \frac{USD}{kWh}$ este valor es tomando del pliego tarifario [39].

$$valor\ monetario\ anual = Energía\ anual * precio\ de\ la\ energia.$$

(38)

$$valor\ monetario\ anual = 5979.62 \frac{kWh}{año} * 0,2752 \frac{USD}{kWh}$$

$$valor\ monetario\ anual = 1645.59\ USD$$

Como resultado del dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se estima que la obtención anual de energía eléctrica alcanzará un total de 5,979.62 kWh/año. Esta cifra se obtiene considerando la irradiación solar disponible, las pérdidas, eficiencia de los paneles y demás factores técnicos asociados al rendimiento del sistema.

Si se realiza la conversión de esta producción energética a términos económicos, considerando la tarifa eléctrica vigente o el precio promedio por kWh, se estima que el sistema generará un ahorro económico anual aproximado de \$1,679.50 USD. Este importe refleja la ganancia neta, vista como una disminución del gasto energético tomado de las fuentes de electricidad tradicionales.

La Tabla 14 presenta el detalle mensual de la energía suministrada por el sistema a lo largo del año. De dicho análisis se desprende que el mes con menor producción energética corresponde a febrero, con una generación de 438.25 kWh, atribuible a la menor irradiación solar durante ese periodo. En contraste, el mes con mayor producción es agosto, alcanzando un valor de 567.60 kWh, debido a una mayor disponibilidad de radiación solar y condiciones atmosféricas más favorables.

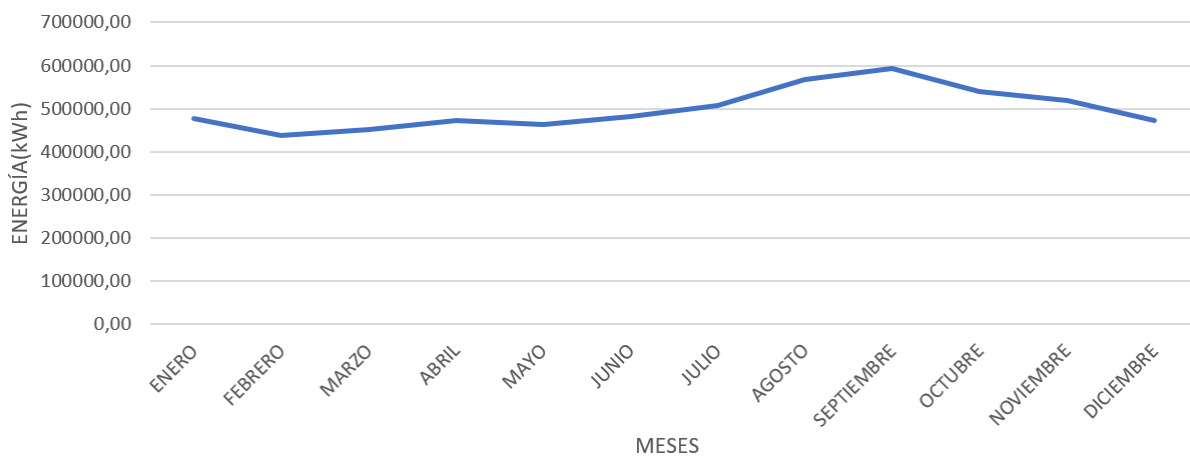


Figura 59. Producción de energía.

En la Figura 59. Producción de energía. se presenta la gráfica de la energía generada mensualmente a lo largo de un año, la cual se ha elaborado a partir de los datos contenidos en la Tabla 9. Esta representación visual permite observar de forma clara el comportamiento del sistema fotovoltaico en cuanto a su producción energética a lo largo de los doce meses.

Se puede evidenciar que la producción de energía es relativamente constante durante el año, sin presentar fluctuaciones abruptas ni picos prolongados de incremento o disminución. Aunque existen variaciones mensuales, estas son suaves y se encuentran dentro de un rango moderado, lo que refleja una buena estabilidad del sistema en respuesta a las condiciones climáticas del sitio de instalación.

Este comportamiento estable y predecible es un indicador positivo en términos de confiabilidad y rendimiento del sistema fotovoltaico, ya que permite una mejor planificación de la demanda energética y una mayor facilidad para prever los beneficios económicos mensuales. Además, la ausencia de caídas drásticas en la producción energética mejora la viabilidad de utilizar este sistema como fuente principal o complementaria de energía eléctrica a lo largo del año.

5.2.2. Evaluación del rendimiento energético

En este apartado se procede a calcular tanto el factor de planta como el factor de utilidad, con el objetivo de estimar la rentabilidad del proyecto. Para determinar el factor de utilidad, se utiliza la Ecuación 1, considerando que la energía generada en un día corresponde al promedio anual dividido entre los 365 días del año.

$$f_u = \frac{18000Wh}{16382.52Wh} * 100\%$$

$$f_u = 110\%$$

Para el factor de planta se utiliza la ecuación 2.

$$f_{PL} = \frac{5.979,62 kWh}{5220W * 8760h} * 100\%$$

$$f_{PL} = 13\%$$

Cuando se observa un rendimiento del 110% en un sistema fotovoltaico, esto indica que la inversión inicial está dando buenos frutos, ya que se recupera el capital invertido y se obtiene un beneficio neto del 10% adicional, esto quiere decir que, por cada 1 dólar invertido, se está obteniendo 1.10 dólares de retorno. Por otro lado, un factor de planta del 13% indica que el sistema está generando aproximadamente el 13% de la energía que produciría si operara a plena capacidad las 24 horas del día durante todo el año, un valor típico y realista para instalaciones solares en

zonas con radiación solar moderada. En conjunto, estos valores reflejan un sistema que funciona eficientemente y es económicamente viable.

5.3. ARREGLO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Después de concluir el dimensionamiento de todo el sistema fotovoltaico se determina las conexiones de los paneles solares, banco de baterías e inversores. En la Figura 60 se indica la configuración utilizada para la conexión de los paneles solares, donde se optó por conectar un total de 9 paneles, cada uno con una tensión nominal de 24 V. Para lograr la tensión y la potencia necesarias para el sistema, estos paneles fueron conectados en paralelo. Esta configuración permite mantener el voltaje constante en 24 V mientras se suman las potencias de cada panel, incrementando así la capacidad total de generación de energía del sistema.

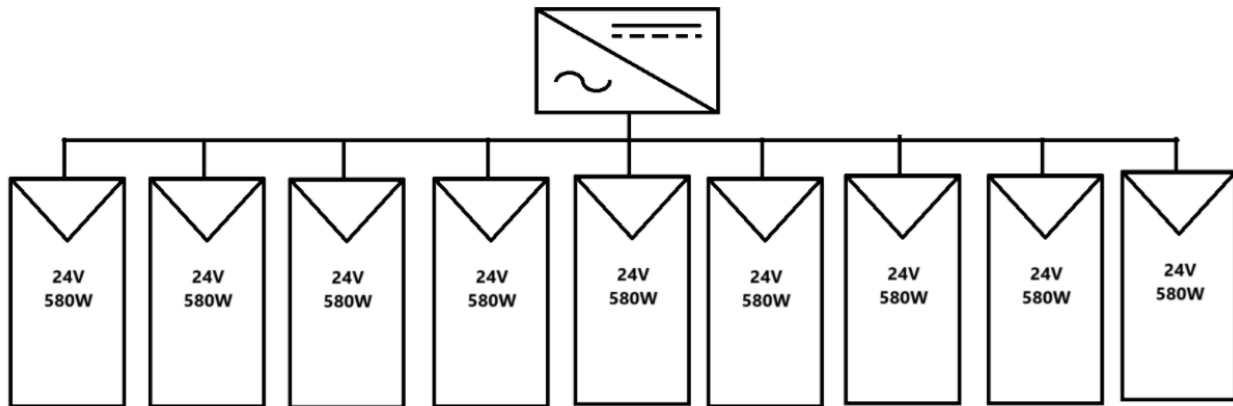


Figura 60. Arreglo de los paneles solares.

Los paneles solares seleccionados para el sistema corresponden al modelo RS8I-M (N-TYPE/TOPCON) de la marca RESUNSOLAR, con una potencia nominal de 580 W. Estos módulos operan a un voltaje de 24 V y están fabricados con tecnología tipo N y arquitectura TOP. Con, lo que les proporciona una mayor eficiencia y mejor desempeño en condiciones de baja irradiancia y altas temperaturas. Las especificaciones técnicas detalladas, así como la ficha técnica del módulo, se encuentran en el Anexo 19 y Anexo 20.

Para el arreglo del banco de baterías, se usaron un total de 18 unidades organizadas en dos configuraciones: 2 baterías conectadas en serie y 9 en paralelo, como se muestra en la Figura 61. La conexión en serie de las dos baterías permite duplicar el voltaje total del banco, elevando la tensión nominal de cada batería a un voltaje combinado que cumple con los requerimientos del sistema. Por otro lado, la conexión en paralelo de las nueve ramas aumenta la capacidad total de

almacenamiento al sumar la corriente disponible de cada conjunto. Esta configuración híbrida es clave para garantizar que el banco de baterías ofrezca tanto el voltaje necesario como una mayor capacidad en amperios-hora (Ah).

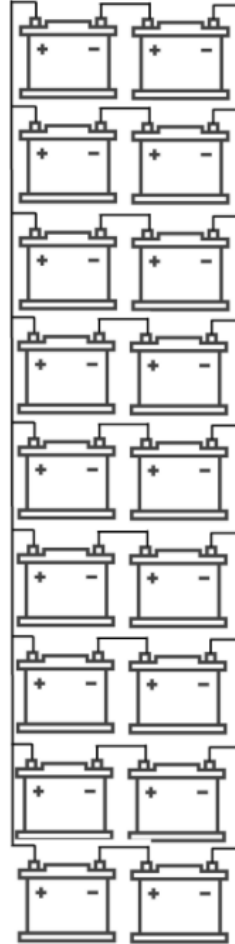


Figura 61. Arreglo del banco de baterías.

Se eligieron las baterías de la marca Powest, modelo FL12-2000GS, que corresponden a un modelo sellado de 12V 200AH. Estas baterías están hechas para almacenar energía en configuraciones solares, son súper confiables, no necesitan mucho mantenimiento y duran mucho tiempo. Puede consultar todos los detalles y las cosas adicionales sobre este modelo en el Anexo 21 y Anexo 22.

Por lo tanto, el inversor de la marca Must, la serie PV3500 Pro, especialmente el modelo de 5000W y 24 voltios, ha sido elegido. Este inversor es excelente para las configuraciones solares híbridas e independientes, y tiene una gestión de energía de primer nivel, una conversión de energía súper eficiente y funciona bien paquetes con de baterías de 24 V. Puede consultar los detalles del equipo en el Anexo 23.

En la Figura 62 se establece los puntos precisos para los paneles solares en la empresa JBWorker. Estos planos se construyeron después de las dimensiones establecidas de antemano, la planificación visual es muy importante para asegurarse de que el sistema cumpla con los objetivos de energéticos.

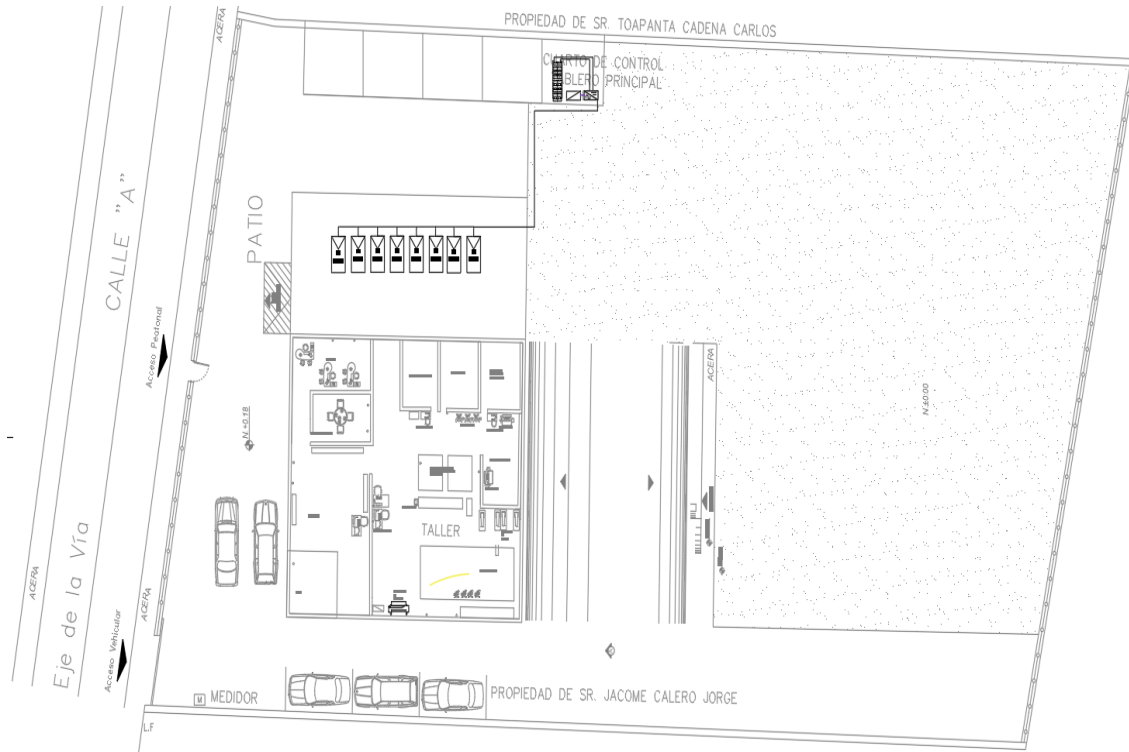


Figura 62. Conexión de los paneles en las instalaciones de JBWorker.

En la Figura 63 se presenta el diagrama unifilar de la conexión del sistema fotovoltaico diseñado para la empresa JBWorker. En la primera parte del esquema se observa la conexión de la red pública, la cual está destinada a alimentar principalmente los tomacorrientes del área de trabajo. Esta red funcionará como la fuente principal para estos puntos de consumo, y en caso de que exista un déficit o interrupción en el suministro eléctrico, se contempla la entrada automática en operación de un generador eléctrico como fuente de respaldo, garantizando así la continuidad del servicio sin afectar las actividades productivas.

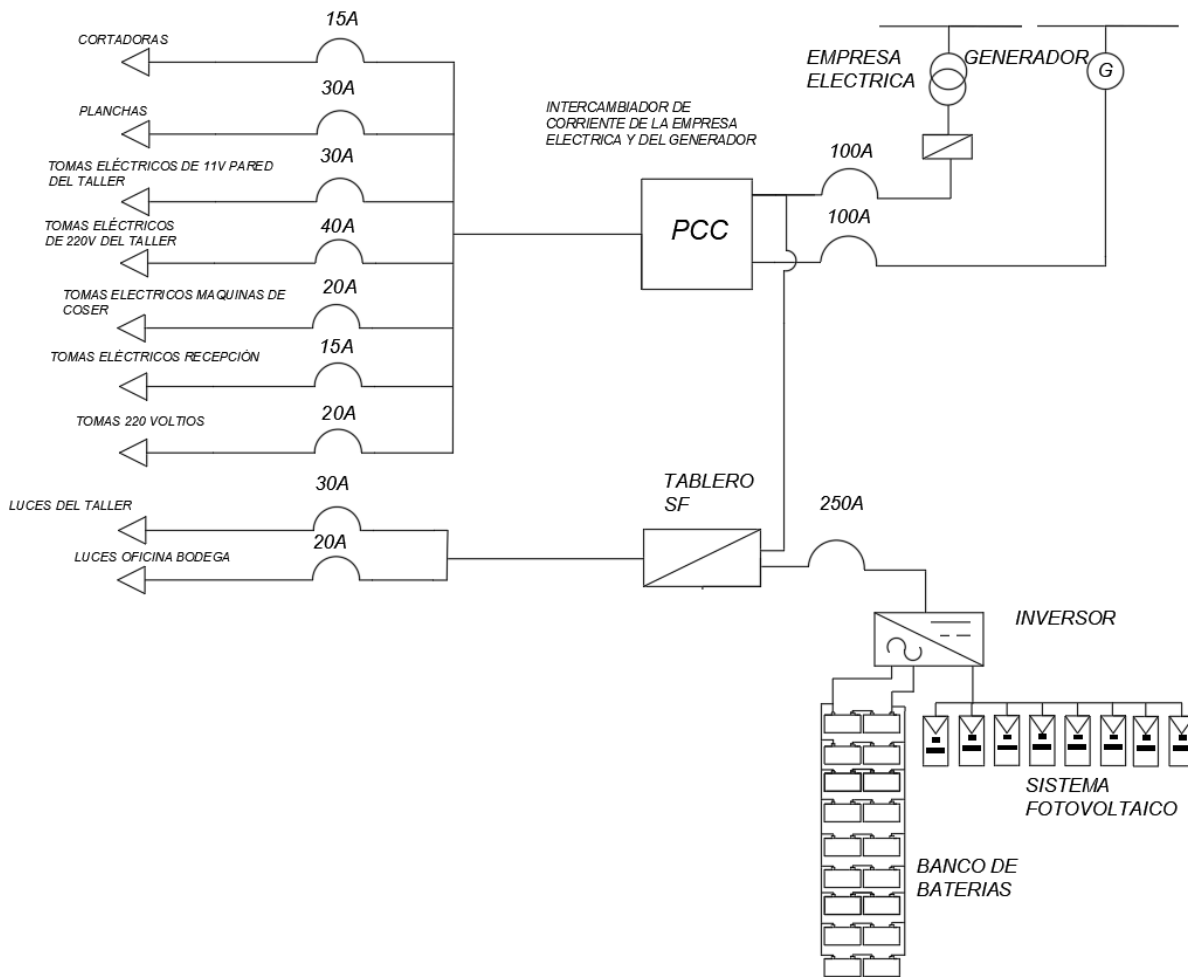


Figura 63. Diagrama unifilar incluido el sistema fotovoltaico.

Por otro lado, el sistema fotovoltaico cuenta con su propio banco de baterías y un inversor, el cual también está interconectado con la red pública. Este sistema tiene como función principal abastecer toda la iluminación del taller de JBWorker. La energía solar captada por los paneles se almacena en las baterías y, a través del inversor, se transforma en energía útil para las luminarias. En caso de que el sistema fotovoltaico no logre suministrar la energía requerida ya sea por baja generación o por descarga de las baterías, el sistema está configurado para que automáticamente entre en funcionamiento la red pública como fuente secundaria, asegurando el suministro constante y confiable de iluminación.

5.3.1. Configuración del sistema de puesta a tierra

Como se indicó en el apartado 4.6.4, se considera una resistividad del suelo de $10 \Omega \cdot m$, correspondiente a un suelo tipo molisol con características favorables para la conducción eléctrica. De acuerdo con los requisitos establecidos por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), la resistencia de puesta a tierra (R_g) para sistemas fotovoltaicos debe ser menor a 5Ω , y la profundidad mínima de enterramiento de la malla de puesta a tierra debe ser de 600 mm.

En cumplimiento de esta normativa, se procede al diseño del sistema de puesta a tierra empleando una malla conductora enterrada dentro de un área de 25 m^2 con un estimado de L_t de 10 m. Esta configuración permite optimizar la disipación de corriente de falla al terreno, asegurando tanto la protección de los equipos eléctricos como la seguridad de las personas, en concordancia con los estándares técnicos exigidos para instalaciones fotovoltaicas conectadas o aisladas teniendo así.

$$R_g = 10 \Omega m \left[\frac{1}{10m} + \frac{1}{\sqrt{20(25 \text{ m}^2)}} \left(1 + \frac{1}{1 + 0,6m \sqrt{\frac{20}{25 \text{ m}^2}}} \right) \right]$$
$$R_g = 1.74 \Omega$$

Teniendo como resultado que la resistencia es menor a 5 como es recomendable por la normativa. Para conocer el número de varillas a utilizar se conoce la resistencia de una sola varilla teniendo en cuenta que se ocupara de diámetro $5/8(0.016m)$ con un factor de acoplamiento de 0.8 en donde se obtiene:

$$R_1 = \frac{10}{2\pi(0.6)} \left[\ln \left(\frac{4(0.6)}{0.016} - 1 \right) \right]$$

$$R_1 = 13,27$$

Como se pudo evidenciar se tiene una resistencia de 13,27 y a continuación se conoce el número de varillas que se debería ocupar teniendo en cuenta que por normativa el sistema de ser igual o menor a 5Ω .

$$n = \frac{13,27}{5(0.8)} = 3.32 \approx 4 \text{ varillas}$$

El tamaño del conductor se establece en base la normativa NFPA® para puestas a tierra en sistemas fotovoltaicos poniendo como mínimo un calibre 6 AWG de cobre y la configuración que es

recomendable es un IT debido a que permite la continuidad del servicio y la seguridad. En la Figura 64 se observa la conexión de la malla de puesta a tierra.

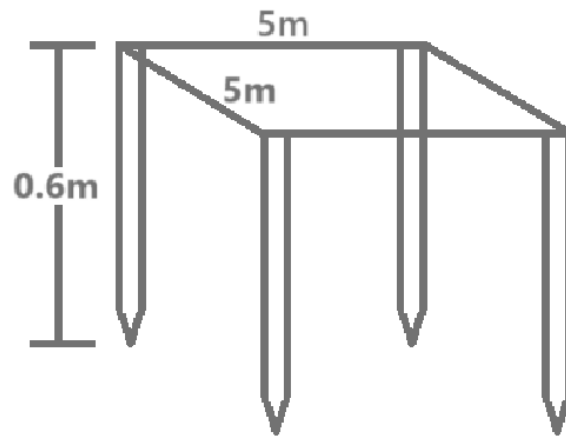


Figura 64. Conexión de la malla de puesta a tierra.

Tal como se especifica en la sección 4.6.4, y con base en los parámetros establecidos para el diseño del sistema de puesta a tierra, se obtuvieron los resultados presentados en la Figura 4.

Result Summary			
	Calculated	Tolerable	
	Volts	Volts	
Touch	196	226,3	
Step	84,9	239	
GPR	680	Volts	
		Rg	1,744 Ohm

Figura 65. Resultados del SPT en ETAP.

En la simulación realizada mediante el software ETAP se obtuvieron valores clave para la evaluación de seguridad del sistema de puesta a tierra en condiciones de falla a tierra. Los resultados indican que el voltaje de contacto calculado es de 196 V, mientras que el voltaje de contacto tolerable según las normas aplicables (como IEEE Std 80) es de 226,3 V, lo que implica que el valor calculado se encuentra dentro del rango de seguridad, evitando riesgos de electrocución por contacto directo durante una falla.

Por otro lado, el voltaje de paso calculado es de 84,9 V, igualmente inferior al límite tolerable de 239 V, lo cual garantiza que el personal en las inmediaciones del sistema de tierra no estará expuesto a voltajes peligrosos por desplazamiento durante una falla.

Adicionalmente, se reporta un GPR (Ground Potential Rise) de 680 V, lo que representa la elevación del potencial de tierra con respecto al potencial de referencia durante una falla. Este valor debe ser considerado al diseñar el aislamiento y la coordinación de protecciones. Finalmente, la resistencia de puesta a tierra (R_g) del sistema es de 1,744 ohmios, lo cual es un valor aceptable y adecuado en la mayoría de aplicaciones industriales, cumpliendo con los criterios de diseño para limitar los potenciales peligrosos. Validando así la simulación con los datos obtenidos con un margen de error del 0.01%.

Como último punto para la protección ante descargas eléctricas se recomienda una varilla alejada del panel a 0.7 m con las especificaciones de la Figura 66.

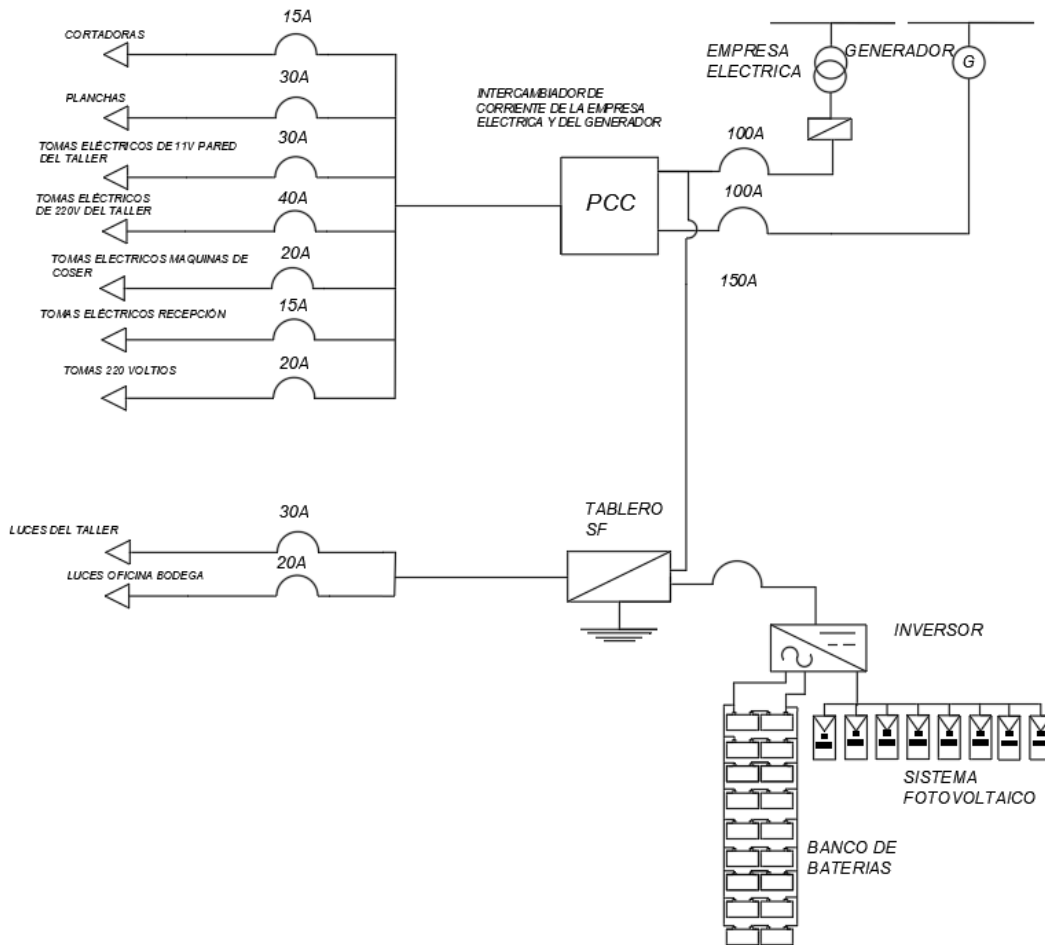


Figura 66. Sistema fotovoltaico con la puesta a tierra.

5.4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

A continuación, se presentan de forma detallada los resultados obtenidos a partir de las simulaciones realizadas. Estos resultados permiten evaluar la veracidad y fiabilidad del sistema fotovoltaico propuesto, al contrastar su desempeño frente a las condiciones reales de operación previamente analizadas.

La información generada a través del software de simulación valida la eficiencia energética y la capacidad de respuesta del sistema frente a la demanda específica, ofreciendo así una base sólida para confirmar la viabilidad técnica del diseño planteado.

5.4.1. PVsyst

Con base en los resultados obtenidos del diseño propuesto, se comienza presentando las características generales del sistema fotovoltaico. Esto incluye los parámetros clave como el consumo, el voltaje y la capacidad del banco de baterías, además de la potencia fotovoltaica necesaria. Estas especificaciones se resumen en la Figura 67, que ofrece una visualización clara de los elementos esenciales para dimensionar el sistema.

Parámetros generales	
Sistema independiente	Sistema independiente con baterías
Orientación #1 Plano fijo Inclinación/Azmut 15 / 0 °	Modelos usados Transposición Perez Difuso Perez, Meteonorm Circunsolar separado
	Necesidades del usuario Consumidores domésticos diarios Constante durante el año Promedio 18.1 kWh/Día

Características del generador FV	
Módulo PV Fabricante Generic Modelo CS7L-580MS 1500V (Definición de parámetros personalizados) Unidad Nom. Potencia 580 Wp Número de módulos FV 9 unidades Nominal (STC) 5.22 kWp Módulos 9 cadena x 1 En serie En cond. de funcionam. (50°C) Pmpp 4777 Wp U mpp 39 V I mpp 124 A	Controlador Fabricante Generic Modelo FLEXmax 80 - 24V Tecnología Convertidor MPPT Coef. temp. -5.0 mV/°C/Elem. Convertidor Eficiencias máxi y EURO 97.5 / 96.0 % Control de gestión de la batería Comandos de umbral como Cálculo SOC Cargando SOC = 0.90 / 0.75 aprox. 27.2 / 25.6 V Descarga SOC = 0.20 / 0.45 aprox. 23.9 / 24.9 V
Batería Fabricante Generic Modelo MPG 12V 200 Tecnología Plomo-ácido, sellado, Gel Núm. de unidades 9 en paralelo x 2 en serie Descarga mín. SOC 20.0 % Energía almacenada 35.6 kWh Características del paquete de baterías Voltaje 24 V Capacidad nominal 1800 Ah (C10) Temperatura Fijo 20 °C	
Potencia FV total Nominal (STC) 5 kWp Total 9 módulos Área del módulo 25.5 m²	

Figura 67. Características generales del diseño.

En este apartado, se presentan los resultados más destacados de la simulación del sistema fotovoltaico, tal como se ilustra en la Figura 68. Al analizar los datos de potencia, podemos identificar con precisión la energía disponible, la que realmente se ha utilizado, los excedentes generados y, si es el caso, los posibles déficits en el suministro.

Además, las gráficas generadas por el software de simulación nos brindan una visión clara del comportamiento mensual tanto de la producción como del consumo energético, lo que facilita la evaluación del rendimiento general del sistema. Uno de los indicadores clave que se ha analizado es el factor de rendimiento, que nos ayuda a valorar la eficiencia de la instalación en condiciones reales de operación, convirtiéndose en un criterio fundamental para validar la viabilidad del diseño propuesto.

Resultados principales			
Producción del sistema			
Energía solar utilizable	6111.5 W/año	Proporción rend. PR	76.55 %
Energía solar disponible	6796.5 W/año	Fracción solar (SF)	92.53 %
Exceso (sin usar)	488.8 W/año		
Pérdida de carga			
Fracción de tiempo	9.5 %	Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste)	
Energía faltante	493.5 W/año	Ciclos SOW	95.3 %
		SOW estático	91.7 %
		Duración de vida de batería	12.0 años
Evaluación económica			
Inversión		Costo anual	
Global	9816.48 USD	Anualidades	0.00 USD/año
Específico	1.88 USD/Wp	Costos de func.	150.00 USD/año
		Período de recuperación	12.9 años
		LCOE	
		Costo energético	0.02 USD/kWh

Figura 68. Resultados principales del sistema fotovoltaico.

Como se puede ver en la Figura 68, el sistema ha utilizado efectivamente 6111.5 kWh de energía solar al año. Este número se compara con la energía teórica estimada en la sección 5.2.1, lo que nos da un margen de error del 2.20 %, validando así el dimensionamiento realizado.

En cuanto a la energía que no se suministró a la carga, se registró una pérdida de 493.5 kWh al año. Esta pérdida se puede atribuir a condiciones climáticas adversas, como días nublados o lluviosos, que impactan la producción fotovoltaica. Sin embargo, esta cantidad representa una fracción relativamente pequeña del consumo anual, y dado que se trata de un sistema híbrido, esta deficiencia puede ser compensada de manera eficiente gracias al respaldo de la red eléctrica, asegurando así la continuidad del suministro.

Por otra parte, el estado de desgaste de las baterías se mantiene dentro de rangos aceptables, con indicadores de envejecimiento por ciclos y tiempo superiores al 90 %, lo cual sugiere una buena vida útil proyectada del banco de almacenamiento.

Desde el punto de vista económico, la inversión global estimada asciende a 9816.48 USD, la cual será desglosada y analizada en mayor detalle en el apartado 12.

Como se muestra en la Figura 69, se presenta la producción de energía normalizada por kWp instalado a lo largo de los doce meses del año. En la gráfica, se puede observar que la energía efectiva suministrada al usuario mantiene un valor constante y significativo en todos los meses, lo cual indica un abastecimiento continuo y confiable de la demanda energética prevista.

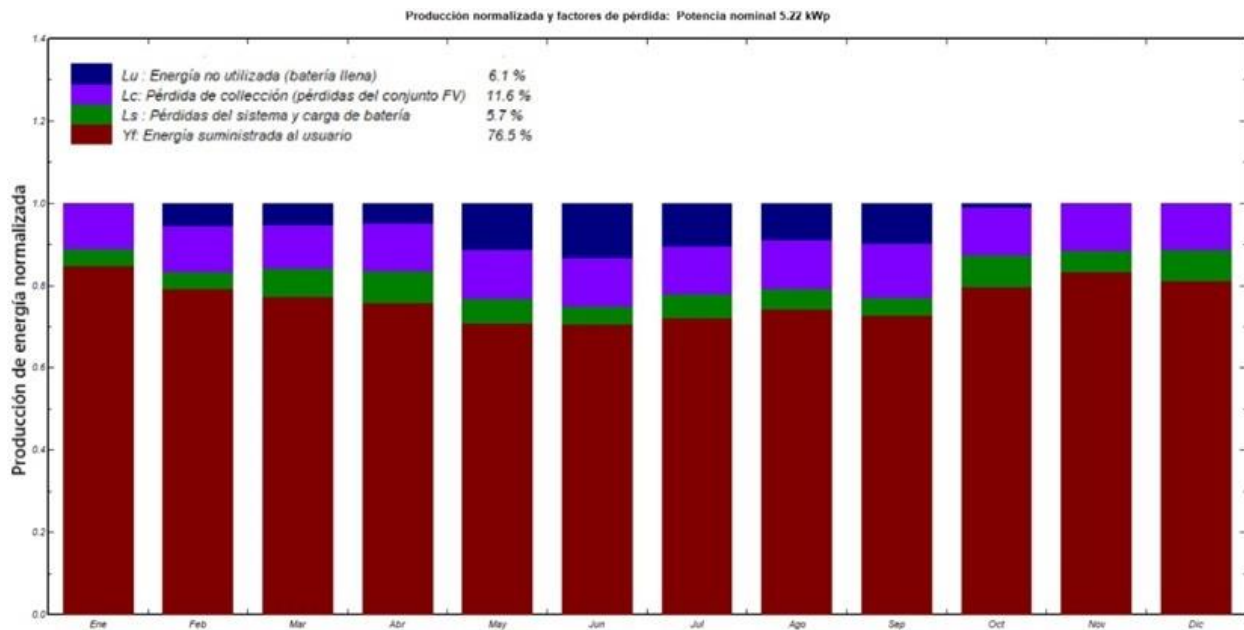


Figura 69. Distribución de energía.

Las pérdidas energéticas asociadas a diversos factores como la energía no utilizada por batería llenan (Lu), las pérdidas de colección del conjunto fotovoltaico (Lc) y las pérdidas en el sistema de carga y conversión (Ls) se presentan en niveles reducidos, lo que demuestra una alta eficiencia del sistema. Este comportamiento evidencia que el sistema fotovoltaico diseñado es altamente autosuficiente, maximizando el aprovechamiento de la energía solar disponible y reduciendo al mínimo los desperdicios energéticos, incluso en meses de menor irradiación.

En cuanto al rendimiento del sistema fotovoltaico, la Figura 70 muestra dos indicadores clave: el índice de proporción (PR) y la fracción solar (SF), los cuales permiten evaluar el desempeño mensual del sistema durante todo el año.

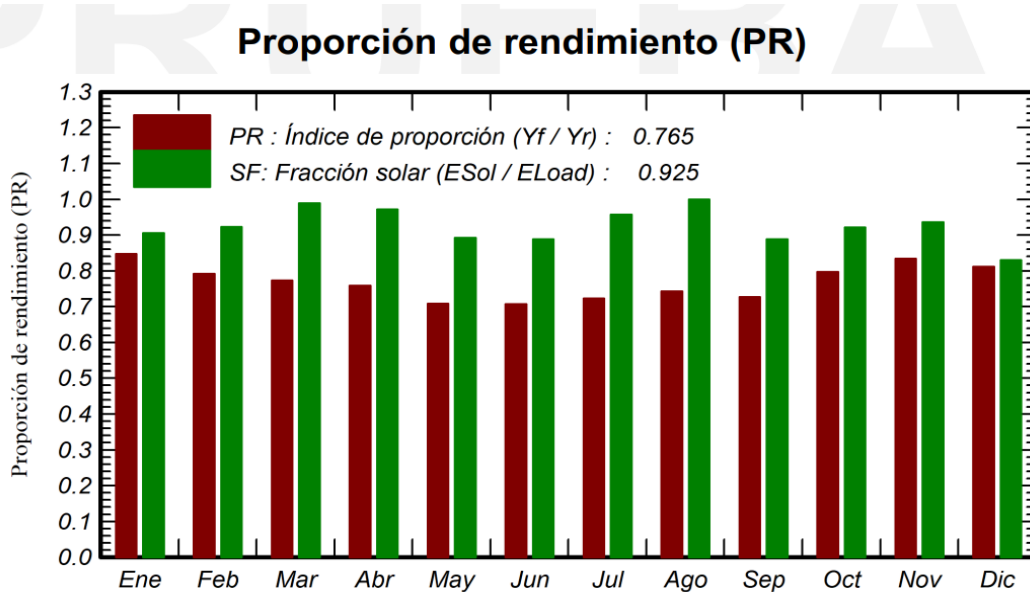


Figura 70. Rendimiento del sistema fotovoltaico.

El índice de proporción (PR), representado por las barras color vino, refleja la eficiencia global del sistema considerando pérdidas por temperatura, sombras, suciedad, entre otros factores. El valor promedio anual obtenido es de 0.765, lo cual se considera adecuado para sistemas fotovoltaicos en condiciones reales de operación, dado que valores entre 0.75 y 0.85 son típicos para instalaciones bien diseñadas y mantenidas.

Por otro lado, la fracción solar (SF), representada por las barras verdes, indica la proporción de la demanda energética cubierta por la energía solar generada. El valor promedio de 0.925 evidencia una alta cobertura solar, lo cual demuestra que el sistema ha sido correctamente dimensionado para satisfacer la mayor parte de la carga eléctrica mensual. Además, se observa que ambos indicadores mantienen un comportamiento estable durante todo el año, sin caídas significativas que puedan comprometer el desempeño del sistema. Esto sugiere que el diseño del sistema es robusto frente a variaciones estacionales y que se ha logrado un equilibrio adecuado entre generación y demanda.

La Tabla 15. Balances y resultados mensuales. presenta los principales indicadores mensuales relacionados con la irradiación solar, la energía disponible, la energía suministrada al usuario, y la fracción solar, todos los cuales son clave para evaluar el rendimiento y la eficiencia del sistema.

Tabla 15. Balances y resultados mensuales.

Balances y resultados principales								
	GlobHor	GlobEff	E_Avail	EUnused	E_Miss	E_User	E_Load	SolFrac
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	proporción
Enero	128.3	111.3	512.3	0.00	52.82	508.2	561.0	0.906
Febrero	121.8	110.1	504.9	31.99	39.29	467.4	506.7	0.922
Marzo	141.0	134.4	618.7	36.92	6.06	554.9	561.0	0.989
Abril	129.9	130.4	591.6	33.10	15.57	527.3	542.9	0.971
Mayo	127.7	132.7	601.2	80.41	60.55	500.4	561.0	0.892
Junio	120.6	128.3	580.4	90.69	60.39	482.5	542.9	0.889
Julio	132.4	139.6	634.9	76.88	24.20	536.8	561.0	0.957
Agosto	138.3	141.9	645.1	67.97	0.00	561.0	561.0	1.000
Septiembre	128.1	124.4	554.6	64.38	60.64	482.2	542.9	0.888
Octubre	131.4	121.1	550.5	6.46	43.79	517.2	561.0	0.922
Noviembre	129.0	113.5	516.3	0.00	34.74	508.1	542.9	0.936
Diciembre	123.4	106.5	486.1	0.00	95.48	465.5	561.0	0.830
Año	1552.0	1494.0	6796.5	488.80	493.55	6111.5	6605.0	0.925

Leyendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	E_User	Energía suministrada al usuario
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	E_Load	Necesidad energética del usuario (Carga)
E_Avail	Energía solar disponible	SolFrac	Fracción solar (EUtilizada / ECarga)
EUnused	Energía no utilizada (batería llena)		
E_Miss	Energía faltante		

La irradiación horizontal global anual (GlobHor) registrada es de 1552.0 kWh/m², mientras que la irradiación efectiva en el plano del generador (GlobEff) corregida por sombreados y ángulos de inclinación, alcanza los 1494.0 kWh/m². Esto representa una pérdida aproximada del 3.7%, atribuible a la orientación del sistema y a posibles sombras proyectadas, considerando que el sistema fotovoltaico está instalado en la azotea de la empresa (ver Figura 24).

Los meses con mayor irradiación efectiva son julio (139.5 kWh/m²) y marzo (134.4 kWh/m²), lo cual coincide con los periodos de mayor generación de energía solar, en concordancia con la disponibilidad de recurso solar en esas épocas del año.

En cuanto a la energía generada, el sistema fotovoltaico produce un total anual de 6796.5 kWh. De esta energía, 488.8 kWh no se aprovechan (representando el 7.2% del total disponible), debido principalmente a situaciones en las que las baterías están completamente cargadas o la demanda del usuario es baja. Aunque esta pérdida es aceptable, puede reducirse mediante mejoras en el dimensionamiento del sistema de almacenamiento o en la programación de las cargas.

La energía útil entregada al usuario asciende a 6111.5 kWh/año, lo que permite cubrir el 92.5% de la demanda anual total ($E_{Load} = 6605.0$ kWh). La energía no cubierta por el sistema, denominada E_{Miss} , es de 493.55 kWh/año, equivalente al 7.5% de la carga. Este déficit puede ser fácilmente suplido mediante conexión auxiliar a la red eléctrica convencional.

Uno de los indicadores clave de desempeño del sistema es la Fracción Solar (SolFrac), cuyo valor promedio anual es de 0.925, lo que indica que el 92.5% de la demanda energética del usuario fue cubierta exclusivamente por energía solar. Este resultado demuestra un dimensionamiento adecuado y eficiente del sistema fotovoltaico. Además, durante los meses de febrero, marzo, abril, julio, agosto, septiembre y octubre, la fracción solar supera el 93%, reflejando una operación estable y confiable a lo largo del año. Como se aprecia no existen pérdidas significantes en el diseño del sistema y esto se ve reflejado en la Figura 71.

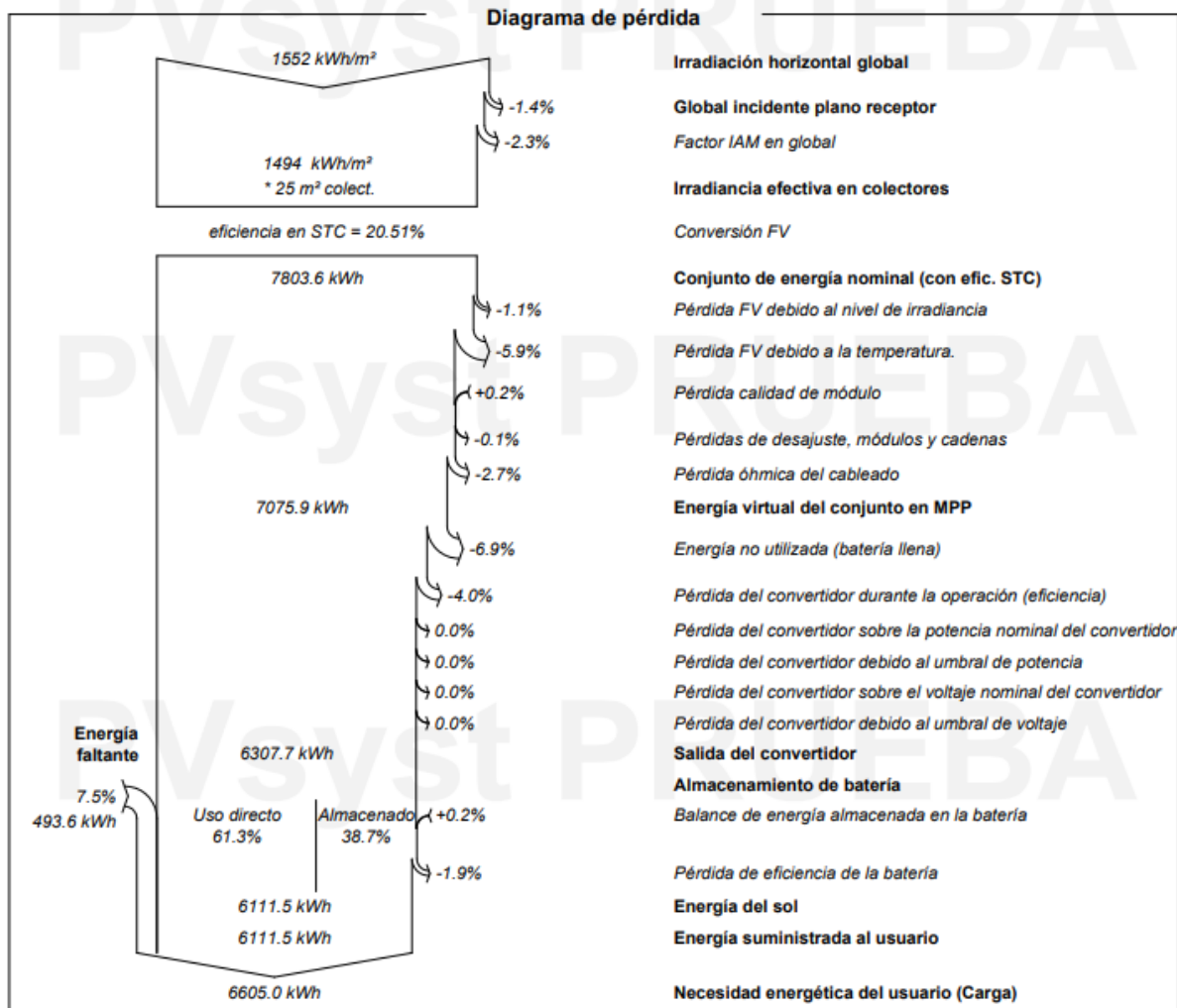


Figura 71. Diagrama de pérdida del sistema fotovoltaico.

El diagrama de pérdidas del sistema fotovoltaico muestra un comportamiento general eficiente, con una cobertura del 92.5% de la demanda energética anual del usuario mediante energía solar. A partir de una irradiación horizontal global de 1552 kWh/m², se obtiene una irradiación efectiva en el plano del generador de 1494 kWh/m², lo que implica pérdidas del 3.7% debido a factores como sombreados y orientación del sistema. A lo largo de la conversión y almacenamiento de energía, se identifican pérdidas en componentes como inversores, cableado y baterías, todas dentro de márgenes aceptables. La energía útil entregada al usuario es de 6111.5 kWh/año, con un excedente no aprovechado del 7.2% y una energía faltante del 7.5%, que será suministrada por la red de la empresa eléctrica. Este resultado respalda la viabilidad técnica del proyecto y refuerza su capacidad para operar de manera autónoma, cumpliendo con los requerimientos energéticos de la carga de iluminación sin comprometer su desempeño.

En cuanto al diagrama de entrada/salida diaria se analiza la energía útil, salida del sistema y el global incidente plano receptor como se muestra en la Figura 72.

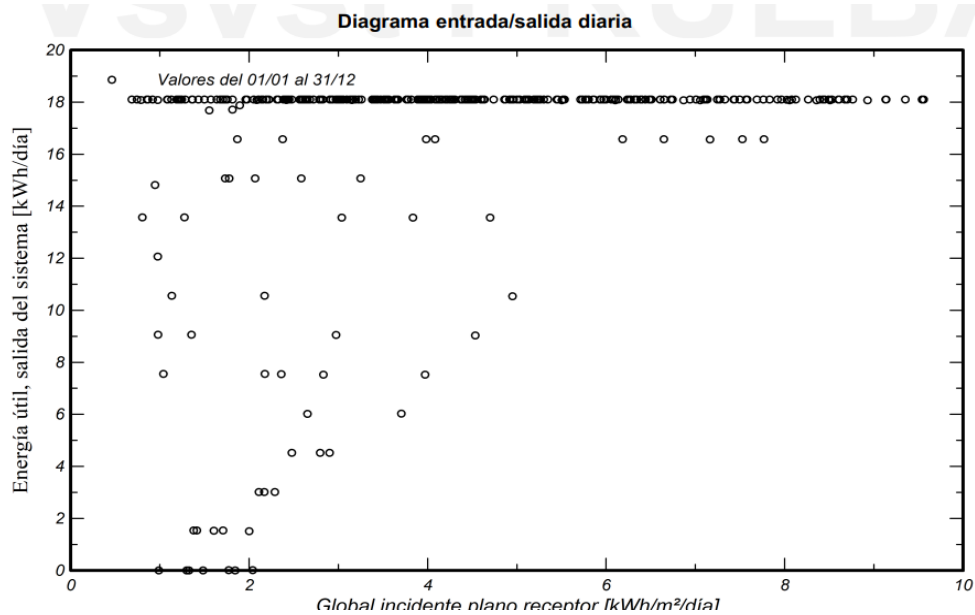


Figura 72. Diagrama entrada /salida diaria de energía.

Se observa una tendencia clara en la que, a partir de aproximadamente 4 kWh/m²/día de irradiancia, el sistema alcanza su límite de producción, entregando de forma constante alrededor de 18 kWh/día. Esto indica que el sistema está adecuadamente dimensionado para satisfacer la demanda diaria bajo condiciones normales de radiación solar. Sin embargo, también se evidencian algunos

días con baja producción, asociados a niveles bajos de irradiancia (por debajo de 2 kWh/m²/día), lo cual es esperable en días nublados o lluviosos.

Adicional en la Figura 73 se puede observar la curva de corriente de carga y descarga de las baterías a lo largo de un día.

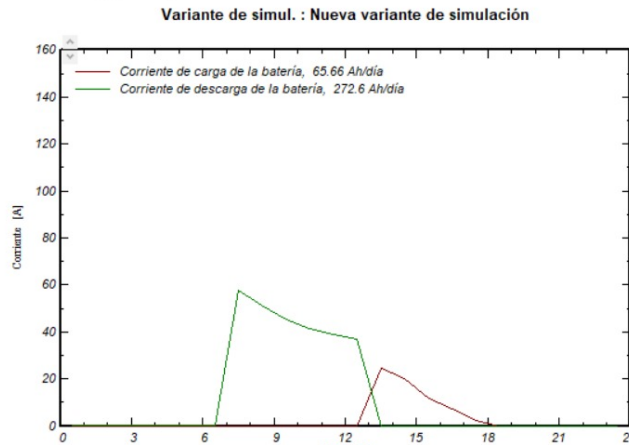


Figura 73. Corriente de carga y descarga de las baterías en un día.

Evidenciando que existe un promedio de corriente de descarga de la batería de 272.6 Ah/día desde las 4:00 am hasta cerca de las 12:00 pm con picos que alcanzan los 60 A indicando que cuando no hay generación solar, la carga es abastecida completamente por las baterías mientras que en la corriente de carga 65.66 Ah/día la batería empieza a cargarse aproximadamente a partir de las 12:00 (mediodía) hasta cerca de las 17:00 pm coincidiendo así con el periodo de mayor radiación en el día deduciendo así la dependencia e importancia de las baterías en lo largo de un día de funcionamiento del sistema fotovoltaico.

Por ende, para comprobar esta eficiencia de las baterías a lo largo del día se procede a detallar en la Figura 74 la corriente de carga y descarga de las baterías a lo largo de un mes.

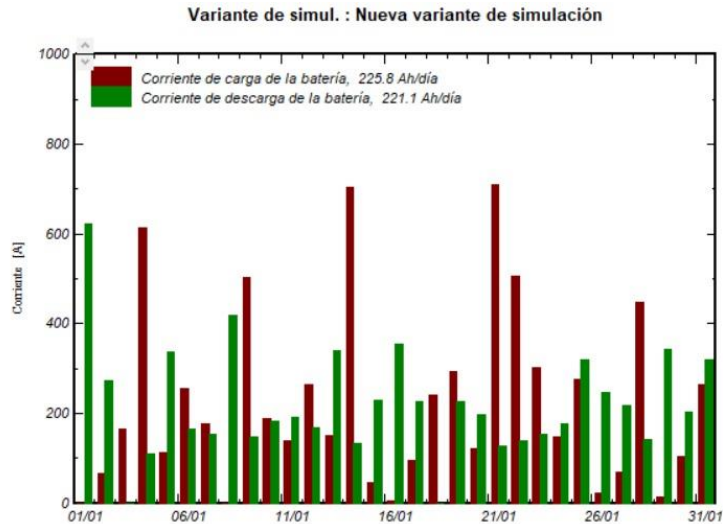


Figura 74. Corriente de carga y descarga de las baterías.

Identificando así que la carga diaria ronda los 225.8 Ah/día, mientras que la descarga se sitúa en 221.1 Ah/día, indicando un buen equilibrio energético. Observando el mes de enero, se aprecia cómo el sistema, casi siempre, repone la energía que se gasta cada día, lo cual garantiza un funcionamiento más estable y duradero. Los días con más sol se ven reflejados en subidas importantes de la corriente de carga, lo que ayuda a que las baterías se recuperen mejor. Este patrón deja claro que el sistema tiene el tamaño correcto, permitiendo satisfacer las demandas de energía diarias sin acortar la vida del almacenamiento. En conjunto, el comportamiento general demuestra un rendimiento estable y eficiente, con una respuesta proporcional y consistente frente a la variabilidad diaria de la radiación solar.

5.5. PRESUPUESTO PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para llevar a cabo el análisis de factibilidad económica del proyecto, se ha planteado la elaboración del presupuesto general del sistema fotovoltaico. Esta estrategia permite evaluar con mayor precisión el retorno de inversión y la viabilidad del sistema desde diferentes perspectivas económicas.

En el Primer escenario se realiza una comparación de cuanto se ahorrará la empresa en un año después de la implementación del sistema fotovoltaico.

Por otro lado, en el segundo escenario, se considera únicamente el valor monetario asociado a la energía eléctrica que será generada por el sistema fotovoltaico a lo largo de su vida útil. En este caso, se calcula el ahorro económico anual en función de la producción energética estimada, sin

considerar otros factores que afecten a la viabilidad del proyecto, por otro lado, para comprar los resultados obtenidos del análisis económico en este escenario se compara los resultados con el software PVsyst.

Tabla 16. Lista de materiales

Cantidad	Descripción	Valor unitario (USD)	Precio total (USD)
9	Panel Solar Monocristalino Halfcell TOPCON 580Wp/24VDC RESUN	250,00	2.250,00
18	BATERIA SELLADA 12V-200AH REF. FL122000GS	324,08	5.833,44
1	Inversor híbrido 3kW GROWATT SPF3000TL-LVM	528,04	528,04
9	infraestructura	25,00	225,00
20	cable solar	4,00	80,00
1	Gabinete de acero inoxidable IP 66 80*60*30 cm	80,00	80,00
1	Tablero en acero inoxidable IP 66 120*80*40 cm	65,00	65,00
4	Varillas de 0,6 m	5,50	22,00
35	cable de cobre	1,25	43,75
1	Mano de obra	500,00	500,00
1	otros	500,00	500,00
total			10.127,23

Escenario 1

Para ver cuánto se ahorra la empresa JBworker se realiza una comparación con las planillas eléctricas que nos facilita la empresa eléctrica Quito la cual es la empresa suministradora de energía eléctrica para JBworker y con los datos que se obtuvieron en la Tabla 14 la cual indica la energía que producirá el sistema fotovoltaico en un año y con la ecuación 34 se señala que en un año con la implementación del sistema este mismo genera 1645.59 USD .

Tabla 17. Consumo de energía en un año [40].

MES	ENERGÍA DEL AÑO (kWh)	CONSUMO DE ENERGÍA (USD)
enero	1872	87,79
febrero	1982	199,23
marzo	1687	168,55
abril	1498	148,89
mayo	1405	139,22
junio	1853	185,81
julio	1678	167,61

agosto	1987	199,75
septiembre	1654	165,12
octubre	1357	134,23
noviembre	1674	167,20
diciembre	1854	185,92
TOTAL	20501	2.049,30

Aquí se puede evidenciar que en un año el consumo de energía es de 2.049.30 USD restándole la energía que se genera con el sistema fotovoltaico propuesto de 1.645.9 USD, la energía que pasará a pagar la empresa es de 403.71 USD.

Escenario 2

En este escenario se contemplan como beneficios económicos las ganancias derivadas de la producción de energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico. Este ahorro se calcula en función del valor monetario de la energía que se dejará de consumir de la red. Como costos operativos se incluyen únicamente los gastos de mantenimiento anual del sistema, necesarios para asegurar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil. A partir de estos ingresos y egresos, se aplicaron las Ecuaciones 16, 17 para obtener los principales indicadores financieros del proyecto: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Los resultados del análisis económico se resumen en la Tabla 18, donde se presenta el flujo de caja anual del proyecto, considerando la producción de energía, los costos de mantenimiento y la vida útil estimada del sistema.

Tabla 18. Primer escenario.

Periodo	Inversión (USD)	Gastos (USD)	Ingresos Por Energía (USD)	Flujo De Caja Neta (USD)
0	10.127,23			- 10.127,23
1		150,00	1.645,59	1.495,59
2		150,00	1.645,59	1.495,59
3		150,00	1.645,59	1.495,59
4		150,00	1.645,59	1.495,59
5		150,00	1.645,59	1.495,59
6		150,00	1.645,59	1.495,59
7		150,00	1.645,59	1.495,59
8		150,00	1.645,59	1.495,59
9		150,00	1.645,59	1.495,59
10		150,00	1.645,59	1.495,59

11		150,00	1.645,59	1.495,59
12		150,00	1.645,59	1.495,59
13		150,00	1.645,59	1.495,59
14		150,00	1.645,59	1.495,59
15		150,00	1.645,59	1.495,59
16		150,00	1.645,59	1.495,59
17		150,00	1.645,59	1.495,59
18		150,00	1.645,59	1.495,59
19		150,00	1.645,59	1.495,59
20		150,00	1.645,59	1.495,59
21		150,00	1.645,59	1.495,59
22		150,00	1.645,59	1.495,59
23		150,00	1.645,59	1.495,59
24		150,00	1.645,59	1.495,59
25		150,00	1.645,59	1.495,59
			VAN	1.602,90
			TIR	14,24%
			TASA DE DESCUENTO	12%

Para el cálculo del tiempo de retorno de inversión se ocupada la ecuación 18.

$$PR_c = \frac{\ln\left(\frac{-1.495,59 \text{ USD}}{10.127,23 \text{ USD} * 12\% - 1.495.59 \text{ USD}}\right)}{(1 + 12\%)}$$

$$PR_c = 14.77$$

Los resultados del análisis financiero muestran un panorama alentador para la implementación del sistema fotovoltaico. El Valor Actual Neto (VAN) calculado es de 1.602,90 USD, lo que indica que el proyecto no solo recupera la inversión inicial, sino que también genera un valor adicional positivo a lo largo de su vida útil. Además, la Tasa Interna de Retorno (TIR) alcanza un 14.24%, superando la tasa de descuento comúnmente utilizada en proyectos de este tipo, lo que demuestra que la rentabilidad del sistema es mayor que el costo de oportunidad del capital invertido. Y un tiempo de recuperación de la inversión de 14.77 años

Para validar los resultados económicos obtenidos, se realizó una simulación utilizando el software especializado PVsyst. Esta simulación consideró parámetros reales del sitio, condiciones climáticas, características técnicas de los componentes y costos asociados al sistema. De esta manera, se pudo comparar los resultados calculados manualmente con los generados por PVsyst,

validando la consistencia y precisión del análisis. La coincidencia entre ambos enfoques refuerza la confiabilidad del estudio y la viabilidad económica del proyecto, asegurando que las estimaciones realizadas se basan en criterios técnicos sólidos y herramientas reconocidas en la industria.

En la Figura 75 se presentan los costos de instalación del sistema fotovoltaico, los cuales fueron obtenidos a partir de la Tabla 16, donde se detalla de forma desglosada cada componente que conforma el sistema, incluyendo la cantidad.

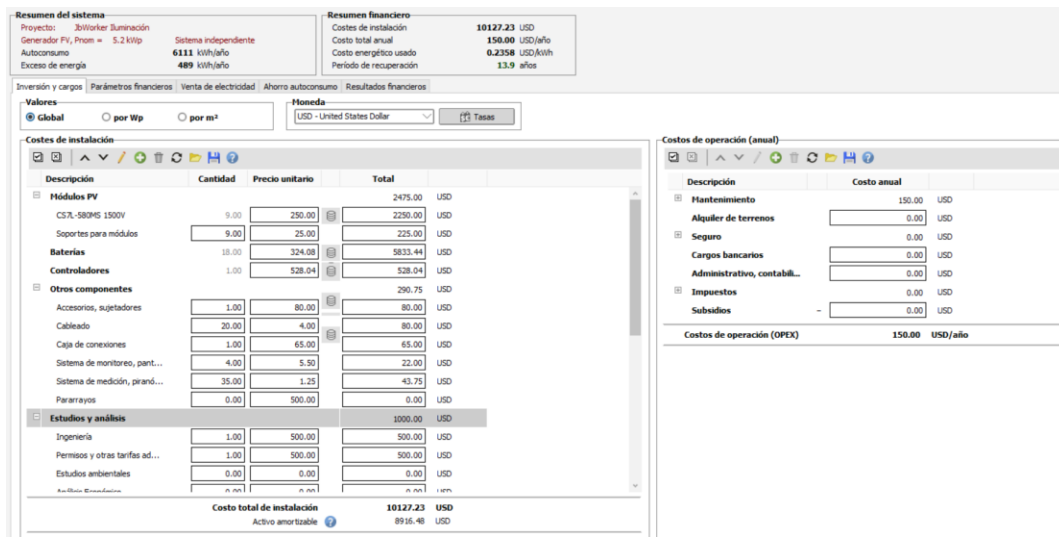


Figura 75. Costos de instalación de operación.

En la Figura 76 se introducen los parámetros financieros fundamentales para el análisis del proyecto, entre ellos la tasa de interés, la cual se ha fijado en un 12, asimismo, se incorpora la información relacionada con el financiamiento del sistema. Estos datos son esenciales para calcular con precisión indicadores como el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno y el tiempo de recuperación de la inversión, y permiten evaluar la viabilidad económica del proyecto bajo condiciones reales de inversión y financiamiento.

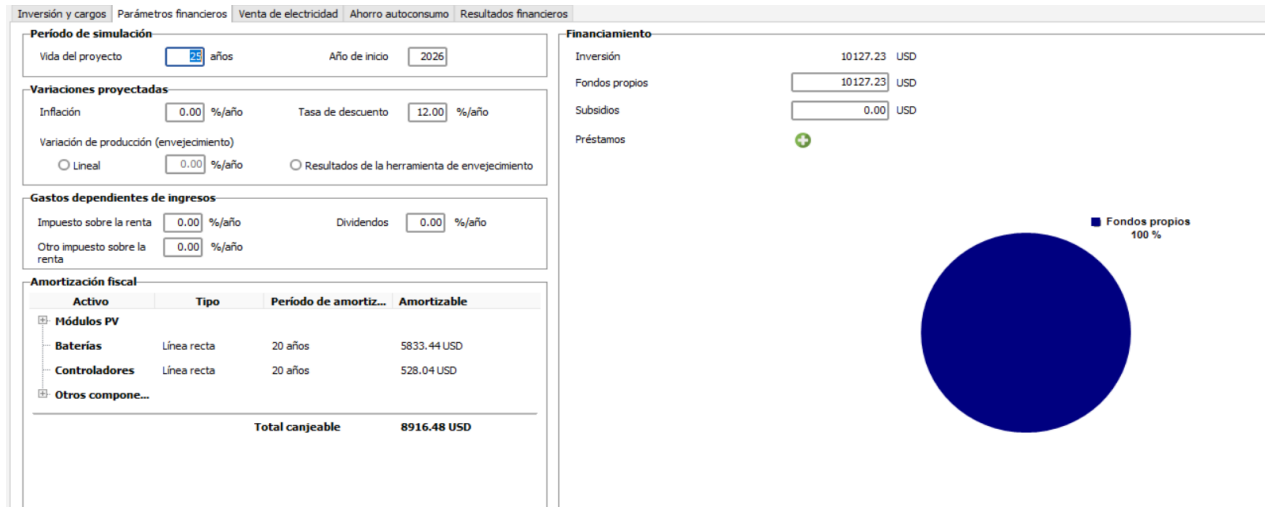


Figura 76. Tasa de interés y fondos.

A continuación, en la Figura 77 se introdujo el costo del kWh que es 0.2752 kWh.

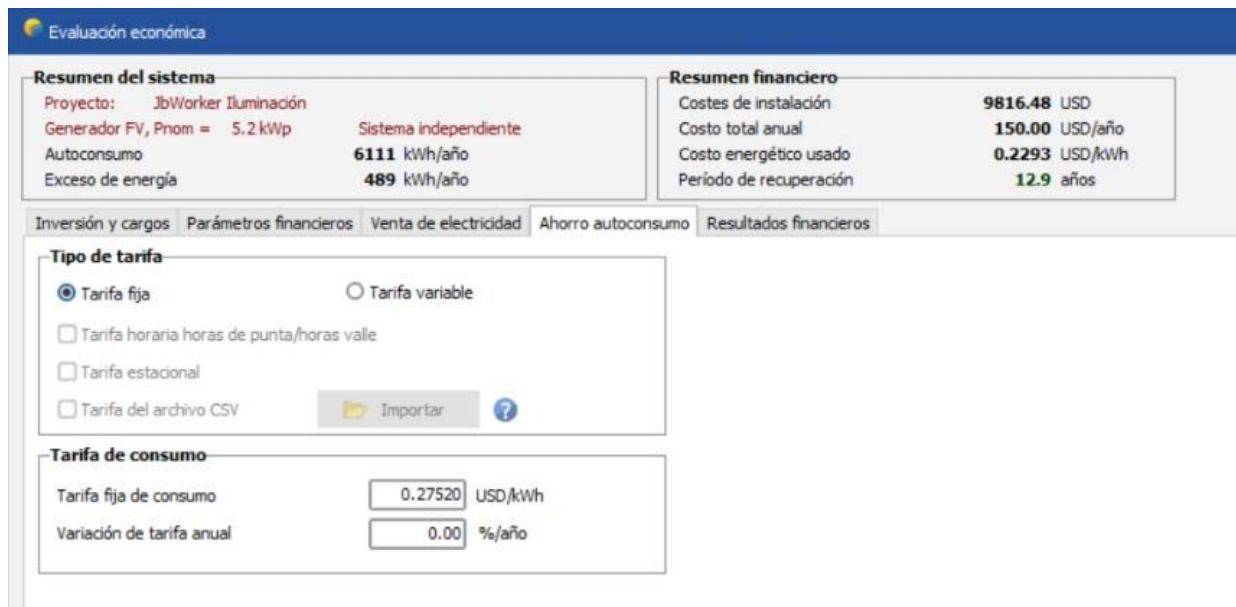


Figura 77. Costo del kWh.

En la Figura 78 se presentan los resultados del análisis financiero generados por el software PVsyst, los cuales permiten visualizar de manera clara y estructurada los principales indicadores económicos del proyecto. Entre estos se destacan el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el tiempo de recuperación de la inversión. Además, se incluye una tabla con los resultados detallados, que desglosa los flujos de caja anuales, los costos operativos, los ingresos por generación eléctrica y otros parámetros relevantes para una evaluación financiera integral.

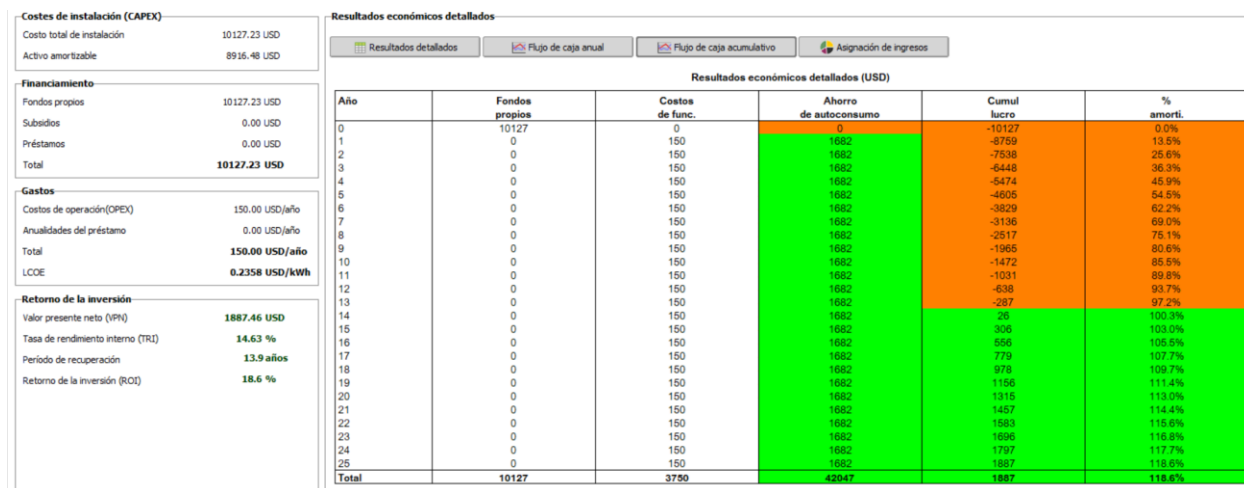


Figura 78. Resultados de Pvsyst.

Los resultados obtenidos a través de la simulación en PVsyst confirman la viabilidad económica del proyecto fotovoltaico. El software arrojó el VAN de 1887.46USD, lo cual indica que, descontando todos los costos asociados, el proyecto genera un excedente económico positivo al finalizar su vida útil. El TIR fue del 14.63%, superando la tasa de descuento considerada (12%) y demostrando que la inversión es financieramente rentable. Asimismo, el tiempo de recuperación de la inversión se estima en 13.9 años, lo que se encuentra dentro del rango aceptable considerando que la vida útil del sistema supera los 25 años.

En la Tabla 19 se observa una tabla comparativa entre los dos resultados además del margen de error entre los dos resultados.

Tabla 19. Comparación cálculos vs Pvsyst.

	Cálculos	PVsist	Margen de error (%)
VAN(USD)	1.602,90	1.887,46	17,75
TIR (%)	14,24	14,63	2,75
TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (AÑOS)	14,77	13,9	5,91
PRODUCCIÓN DE LA ENERGIA ANUAL EN DOLARES(USD)	1.645,59	1.682,00	2,21

La tabla comparativa refleja una alta concordancia entre los resultados obtenidos manualmente y los generados mediante el software PVsyst, tanto en los indicadores financieros como en la estimación de ingresos por producción energética. El VAN calculado manualmente fue de

1.602,90 USD, mientras que PVsyst arrojó un valor de 1.887,46USD, con un margen de error del 17.75%, lo que indica una diferencia mínima que puede deberse a aproximaciones propias del software en el cálculo de los flujos de caja. Este resultado positivo del VAN en ambos casos confirma que el proyecto no solo recupera la inversión inicial, sino que además genera beneficios económicos sostenibles a lo largo de su vida útil.

En cuanto al TIR los valores fueron prácticamente idénticos: 14.24% por cálculo manual y 14.63% según PVsyst, con un margen de error de solo 2.75%, demostrando una excelente coherencia en el análisis de rentabilidad. El tiempo de recuperación de la inversión también presentó una diferencia insignificante, siendo 14.77 años en el cálculo manual y 13.8 años en la simulación, con un margen de error del 5.91%. Finalmente, la producción anual de energía expresada en términos económicos fue de 1,6745.59 USD en el cálculo manual y 1,682 USD según PVsyst, con una diferencia de apenas 2.21%. Estos márgenes de error tan bajos validan la precisión de los cálculos realizados y confirman que el proyecto es económicamente viable, con resultados respaldados por un software ampliamente reconocido en el sector fotovoltaico.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El análisis del estado del arte ha demostrado que los sistemas fotovoltaicos son una opción viable y sostenible para el suministro eléctrico en la empresa. Se ha observado un avance significativo en la tecnología, tanto en eficiencia como en costos, lo que facilita su implementación en industrias como JBWorker.

A través del estudio de cargas y mediciones, se logró determinar la demanda eléctrica actual de la empresa, identificando que la potencia de la carga de iluminación es de 1500 W, lo cual es crucial para diseñar un sistema fotovoltaico eficiente. Además, el análisis de datos meteorológicos confirmó que la zona de Machachi tiene una irradiación solar adecuada para la instalación del sistema, asegurando así su rendimiento óptimo.

El diseño contempla un total de 9 paneles solares monocristalinos Halfcell TOPCON de 580 Wp a 24 VDC marca RESUN, capaces de generar la energía suficiente para abastecer la carga prevista. La acumulación de energía se realiza mediante 18 baterías selladas de 12 V - 200 Ah modelo FL122000GS, que proporcionan la autonomía requerida durante los periodos sin irradiación solar.

El sistema se encuentra centralizado y gestionado por un inversor híbrido GROWATT SPF3000TL-LVM de 5 kW, que cumple la doble función de inversor y controlador de carga, optimizando la conversión de energía y protegiendo los elementos del sistema. Asimismo, se incluyen 20 unidades de cable solar y elementos de infraestructura adecuados (9 unidades) para asegurar una instalación segura y eficiente. Para la protección y organización de los equipos eléctricos, se consideraron un gabinete de acero inoxidable IP66 de 80×60×30 cm y un tablero del mismo material de 120×80×40 cm, ambos con grado de protección adecuado para ambientes exteriores.

La simulación realizada con el software PVSyst permitió evaluar con precisión la eficiencia y viabilidad operativa del sistema fotovoltaico propuesto. Los resultados mostraron una alta concordancia entre la energía estimada y la energía producida, con un margen de error del 2,1 %, un valor que se considera aceptable para este tipo de proyectos. Se constató que las pérdidas energéticas dentro del sistema fotovoltaico son relativamente bajas, lo que reafirma la calidad del diseño y la correcta selección de los componentes. Se identificó una falta de cobertura del 7,5 % de la demanda anual, un valor mínimo y previsto dentro del diseño. Esta fracción será suministrada por la red eléctrica convencional, garantizando así un suministro energético continuo y confiable para la carga de iluminación de la empresa.

El análisis económico realizado concluye que el sistema fotovoltaico diseñado para JBWorker es rentable y técnicamente viable. Los indicadores financieros muestran un VAN de 1.602,90 USD, un TIR del 14.24% y un período de recuperación de la inversión de 14.77 años.

RECOMENDACIONES

Es recomendable realizar un estudio detallado sobre la calidad de la energía eléctrica en la empresa, ya que las mediciones hechas con el analizador de redes han mostrado algunas anomalías, como fluctuaciones en el voltaje. Este tipo de irregularidades puede impactar el rendimiento de los equipos eléctricos y electrónicos, e incluso causar fallos prematuros. Un análisis exhaustivo ayudará a identificar la causa raíz de estas variaciones y a proponer medidas correctivas que mejoren la estabilidad del suministro.

A partir del análisis de las curvas obtenidas por el equipo de medición, se observó un desequilibrio de carga entre las fases, siendo la línea 2 la que más carga soporta en comparación con la línea 1. Este desequilibrio puede provocar sobrecalentamientos, pérdidas de energía y una disminución en

la eficiencia operativa del sistema. Por lo tanto, se sugiere redistribuir las cargas de manera adecuada para optimizar el funcionamiento del sistema eléctrico y prevenir posibles daños a mediano y largo plazo.

Para asegurar la durabilidad y el rendimiento óptimo del sistema fotovoltaico implementado, se recomienda establecer un plan de mantenimiento preventivo periódico. Este plan debería incluir la limpieza de paneles, la inspección de conexiones eléctricas, la verificación del estado del inversor y la revisión de las estructuras de soporte, entre otros aspectos. Una buena planificación del mantenimiento contribuirá significativamente a prolongar la vida útil de los componentes y a garantizar la eficiencia energética del sistema a lo largo del tiempo.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] “Publicaciones Estadística del Sector Eléctrico – ARCONEL”. ARCONEL. Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://arconel.gob.ec/publicaciones-estadistica-del-sector-electrico-2/>
- [2] “Plan Maestro de Electricidad – Ministerio de Energía y Minas.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>
- [3] “Artículo - Ube.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://ube.edu.ec/Pericias/articulo/23/Crisis%20energ%C3%A9tica%20en%20Ecuador:%20Origen,%20actualidad%20y%20alternativas%20para%20esta%20problem%C3%A1tica>
- [4] “El Ministro de Energía y Minas informó sobre la situación energética actual y las acciones gubernamentales para alcanzar la estabilidad del sector – Ministerio de Energía y Minas.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/el-ministro-de-energia-y-minas-informo-sobre-la-situacion-energetica-actual-y-las-acciones-gubernamentales-para-alcanzar-la-estabilidad-del-sector/>
- [5] V. A. Carrasco y e. J. López. “Energía renovable y crecimiento económico en el Ecuador.” Universidad Nacional de Chimborazo. Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11441>
- [6] A. I. Flores Orquera, “Estudio de factibilidad para la aplicación de energía renovable fotovoltaica en el sistema del Campo Repsol-NPF,” 2013, Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6338>
- [7] P. El, I.-P. Gasgreen, I. De San, F.-P. Marisol, D. Espinoza, and P.-G. Ministerio De Turismo, “Paneles fotovoltaicos-Imbabura Gransolar Ruinas de Ingapirca-Cañar Ministerio de Turismo”.
- [8] “Radiación solar en Ecuador y cómo funciona.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://enercitysa.com/blog/radiacion-solar-en-ecuador/>
- [9] “Radiación infrarroja | El Correo.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.elcorreo.com/vivir/ciencia/radiacion-infrarroja-20210919114140->

- ntrc.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.elcorreo.com%2Fvivir%2Fciencia%2Fradiacion-infrarroja-20210919114140-ntrc.html
- [10] “Visible y ultravioleta — Cuaderno de Cultura Científica.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://culturacientifica.com/2016/09/13/visible-y-ultravioleta/>
- [11] “Radiación UV - Especiales CDC - CDC en Español.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/spanish/nceh/especiales/radiacionuv/index.html>
- [12] “Paneles solares ¿Cómo funcionan y qué son? | Celsia.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.celsia.com/es/blog-celsia/paneles-solares-como-funcionan-y-que-son/>
- [13] “Paneles Solares Vectores, Iconos, Gráficos y Fondos para Descargar Gratis.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://es.vecteezy.com/vectores-gratis/paneles-solares>
- [14] “RADIACIÓN DIRECTA, DIFUSA Y REFLEJADA – ARQUITECTURA EFICIENTE.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>
- [15] J. A. Naranjo y C. D. Suárez. “Diseño de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento de energía eléctrica para sistemas agrícolas aislados.” ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: Disponible: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22884>
- [16] K. B. BERMUDEZ y V. ROMERO. “ESTUDIO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UNA RED DE CARGA AUTÓNOMA EN EL ÁREA DE GUARDIANÍA DEL COMPLEJO UNIVERSITARIO”. Universidad Estatal del Sur de Manabí. . Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3027?mode=full>
- [17] S. A. Osorio Huertas and E. D. Romero Villamil, “Curva de demanda de energía eléctrica en sector residencial estrato tres de Bogotá D.C. mediante caracterización por redes neuronales artificiales,” 2021. Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/11349/26755>
- [18] “Sistema solar off grid, Tecnología solar aislada de la red.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://solarea.com.ar/sistema-solar-off-grid/>
- [19] “Consejos para instalación y cuidado de los módulos fotovoltaicos - Revista Infraestructura y Desarrollo en México.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.revistainfraestructura.com.mx/consejos-para-instalacion-y-cuidado-de-los-modulos-fotovoltaicos/>
- [20] “Estructura para Paneles Solares en Piso - 100% Aluminio - EMAT Chile.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://ematchile.com/producto/soporte-paneles-solares-suelo-hechos-en-aluminio/>
- [21] “INVERSOR SOLAR ALL IN ONE POWEST 12KVA ON-GRID - POWEST.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://powest.com/producto/inversor-solar-all-in-on-powest-12kva-on-grid/>
- [22] “Banco de baterías para sistema fotovoltaico: Cómo funciona - Quartux.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://quartux.com/blog/banco-de-baterias-para-sistema-fotovoltaico/>

- [23] “CONEXIONES DEL BANCO DE BATERÍAS: RECOMENDACIONES GENERALES. - CCEEA.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.cceea.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/conexiones-del-banco-de-baterias-recomendaciones-generales>
- [24] “El aplanamiento de la curva de demanda - Movilidad Eléctrica.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://movilidadelectrica.com/curva-demanda/>
- [25] “Cómo funciona la demanda de electricidad | Reliant Energy.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://www.reliant.com/es/business/small-business/help-support/small-business-resources/understanding-demand-charges>
- [26] “Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad | Factor de planta.” Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://energia.conahcyt.mx/planeas/electricidad/factor-planta>
- [27] F. De *et al.*, “Diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red en el bloque b de la universidad técnica de Cotopaxi.” 2019, *Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)*. Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5358>
- [28] C. De *et al.*, “Modelamiento de un módulo fotovoltaico para alimentar el sistema de comunicaciones en la empresa ‘Innovación en Redes y Telecomunicaciones Cotopaxi,’” 2024, *Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; (UTC)*. Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11975>
- [29] G. F. Baquero. “Diseño de un sistema fotovoltaico para la guardianía de la Mica de la Reserva Ecológica Antisana, cantón Archidona”. Universidad Politécnica Salesiana. Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: Disponible: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21890>
- [30] A. J. Morales y D. A. Gómez. “Dimensionamiento e implementación de paneles fotovoltaicos aplicados al área residencial en un sector costero de la provincia del Guayas, Ecuador”. Universidad Politécnica Salesiana. Accessed: Jan. 14, 2025. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22499>
- [31] M. de Desarrollo Urbano Vivienda Arq Leonel Chica Martínez, A. Gustavo Raúl Ordoñez, A. Jenny Lorena Arias Zambrano, and I. Miguel Iza Ing Franklin Medina Ing Carlos Parra Ing Diego Chimarro Ing Ramiro Rosero Ing Luis Fernando Bonifaccini Ing Sofía Terán Ing Mentor Poveda Ing Francisco Parra Textos Edición, “Normas Ecuatorianas de la construcción,” 2018, Accessed: Jul. 25, 2025. [Online]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>
- [32] “Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, ‘Resolución Nro. ARCERNNR-003/2023’, 2023”, Accessed: Jul. 25, 2025. [Online]. Available: www.controlrecursosyenergia.gob.ec
- [33] “PODER | DAV.” Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- [34] “Panel Solar Monocristalino Halfcell TOPCON 580Wp/24VDC RESUN.” Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: <https://proviento.com.ec/paneles-solares/296-panel-solar-monocristalino-halfcell-topcon-580wp24vdc-resun.html>
- [35] I. Eléctrica and | Septiembre, “Puesta a tierra | Artículo técnico,” 2018.

- [36] L. G. Méndez Páez y A. M. Sigcha. “Elaboración de un plan de manejo ambiental para la conservación de la microcuenca de la quebrada Cumbiteo, parroquia Aloasí, cantón Mejía, provincia de Pichincha”. Universidad Politécnica Salesiana. Accessed: Jan. 25, 2025. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24419>
- [37] P. S. GARAY y C. M. TOLEDO. “ANÁLISIS DE NORMATIVA DE PUESTA A TIERRA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS”. Universidad Politécnica Salesiana. Accessed: Jan. 25, 2025. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24679/1/UPS-CT010460.pdf>
- [38] “(NFPA) National Fire Protection Association - National Electrical Code 2017 .pdf: INSTALACIONES ELÉCTRICAS - II PAO 2022.” Accessed: Jul. 28, 2025. [Online]. Available: <https://aulavirtual.espol.edu.ec/courses/13191/files/2634643>
- [39] “Servicio Público de Energía Eléctrica – SPEE – ARCONEL.” Accessed: Feb. 18, 2025. [Online]. Available: <https://controlelectrico.gob.ec/servicio-publico-de-energia-electrica-spee/>
- [40] “Consulte su factura en línea - Empresa Eléctrica Quito - Empresa Electrica Quito.” Accessed: Jul. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.eeq.com.ec/consulte-su-factura>

8. ANEXOS

Anexo 1. Estudio de cargas de la empresa JBWorker.

	EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA(KW)	POTENCIA TOTAL (kW)
AREA DE CORTE	LAMPARAS DOBLES	7	0,045	0,315
	TOMACORRIENTES	4	0,2	0,8
	MAQUINAS DE COSER	4	0,55	2,2
	CORTADORAS	4	0,616	2,464
	IMPRESORA DE PLOTTER	1	0,15	0,15
	COMPUTADORAS	2	0,12	0,24
AREA DE PLANCHADO, EMPACADO Y CONTROL DE CALIDAD	MICROONDAS	1	0,8	0,8
	LAMPARAS DOBLES	8	0,045	0,36
	ESTAMPADORA Y SUBLIMADORA	1	0,25	0,25
	COMPUTADORAS	1	0,12	0,12
	TOMACORRIENTES	3	0,2	0,6
	BORDADORAS	3	0,24	0,72
AREA DE BORDADO	BORDADORAS	2	0,24	0,48
	COMPUTADORAS	1	0,12	0,12
	LAMPARAS DOBLES	3	0,045	0,135
BODEGA DE INSUMOS	LAMPARAS DOBLES	3	0,2	0,6
BODEGA 1	LAMPARAS DOBLES	3	0,2	0,6
BODEGA DE PRODUCTOS TERMINADOS	LAMPARAS DOBLES	3	0,2	0,6
BAÑO	TOMACORRIENTES	1	0,2	0,2
	FOCO	1	0,045	0,045
RECIBIDOR	TOMACORRIENTES	2	0,2	0,4
	LAMPARAS DOBLES	6	0,045	0,27
	COMPUTADORAS	1	0,12	0,12
SALA DE REUNIONES	TOMACORRIENTES	2	0,2	0,4
	LAMPARAS DOBLES	5	0,045	0,225
OFICINAS	COMPUTADORAS	3	0,12	0,36
	LAMPARAS DOBLES	3	0,045	0,135
	TOMACORRIENTES	2	0,2	0,4
TOTAL				14,109

Anexo 2. Resistividad según el tipo de suelo [35]

Tipo de suelo	Condiciones climáticas			
	A. Precipitaciones normales y abundantes (más de 500 mm por año)	B. Precipitaciones escasas y condiciones desérticas (menos de 500 mm año)	C. Aguas subterráneas salinas	
	Valor más probable	Gama de valores medidos	Gama de valores medidos	Gama de valores medidos
Aluvial y arcillas livianas	5 Ω m	*	*	1 a 5 Ω m
Arcillas (excluyendo el aluvial)	10 Ω m	5 a 20 Ω m	10 a 100 Ω m	3 a 10 Ω m
Gredas (por ejemplo, greda Keuper)	20 Ω m	10 a 20 Ω m	50 a 300 Ω m	3 a 10 Ω m
Tierra calcárea porosa (por ejemplo, greda)	50 Ω m	30 a 100 Ω m	50 a 300 Ω m	10 a 30 Ω m
Arenisca porosa (por ejemplo, arenisca Keuper y esquistos arcillosos)	100 Ω m	30 a 300 Ω m	> 1000 Ω m	30 a 100 Ω m
Cuarzo y piedra caliza compacta y cristalina (por ejemplo, carboníferos, mármol, etc.)	300 Ω m	100 a 1000 Ω m	> 1000 Ω m	30 a 100 Ω m
Pizarras arcillosas y esquistos pizarrosos	1000 Ω m	300 a 3000 Ω m	> 1000 Ω m	30 a 100 Ω m
Granito	1000 Ω m	300 a 3000 Ω m	> 1000 Ω m	30 a 100 Ω m
Pizarras rajadizas, esquistos gnéisicos rocas ígneas	2000 Ω m	> 1000 Ω m	> 1000 Ω m	30 a 100 Ω m

Anexo 3. Datos tomados de voltaje de línea-neutro y línea-línea

HORA	DIA1 (14/03/35)			DIA2 (15/03/35)			DIA3 (16/03/35)			DIA4 (17/03/35)			DIA5 (18/03/35)			DIA6 (19/03/35)			DIA7 (20/03/25)			DIA8 (21/03/25)		
	L1- N	L2- N	L-L	L1- N	L2- N	L-L	L1- N	L2- N	L-L	L1- N	L2- N	L-L	L1- N	L2- N	L-L	L1- N	L2- N	L-L	L1- N	L2- N	L-L	L1- N	L2- N	L-L
0:00:0 1				12 3	12 2	24 6	12 6	12 6	25 2	12 2	12 3	24 5	12 4	12 2	24 7	12 5	12 5	25 0	12 5	12 4	24 8	12 4	12 4	24 8
0:15:0 1				12 3	12 3	24 7	12 5	12 5	25 0	12 3	12 3	24 6	12 5	12 2	24 7	12 2	12 3	24 5	12 4	12 4	24 9	12 3	12 5	24 7
0:30:0 1				12 3	12 3	24 6	12 5	12 5	25 1	12 3	12 3	24 7	12 6	12 2	24 8	12 2	12 4	24 6	12 5	12 5	24 9	12 3	12 5	24 9
0:45:0 1				12 3	12 3	24 6	12 5	12 5	25 0	12 4	12 3	24 7	12 5	12 3	24 8	12 4	12 2	24 6	12 5	12 4	24 9	12 4	12 4	24 8
1:00:0 1				12 3	12 4	24 7	12 5	12 5	25 0	12 3	12 3	24 7	12 4	12 2	24 7	12 4	12 2	24 7	12 4	12 5	24 9	12 3	12 5	24 8
1:15:0 1				12 3	12 4	24 7	12 6	12 4	25 1	12 3	12 3	24 6	12 4	12 4	24 8	12 3	12 3	24 5	12 5	12 4	24 9	12 3	12 5	24 8
1:30:0 1				12 3	12 4	24 8	12 6	12 6	25 1	12 4	12 2	24 6	12 4	12 3	24 7	12 3	12 2	24 5	12 1	12 5	24 6	12 5	12 5	24 9
1:45:0 1				12 4	12 4	24 8	12 6	12 5	25 1	12 4	12 4	24 7	12 5	12 4	24 9	12 2	12 2	24 5	12 2	12 4	24 6	12 5	12 4	24 9
2:00:0 1				12 4	12 4	24 8	12 6	12 5	25 1	12 3	12 3	24 6	12 4	12 5	24 9	12 2	12 2	24 5	12 4	12 4	24 8	12 4	12 3	24 8
2:15:0 1				12 4	12 4	24 8	12 6	12 5	25 1	12 4	12 3	24 7	12 4	12 4	24 8	12 3	12 2	24 5	12 4	12 3	24 8	12 4	12 4	24 8
2:30:0 1				12 4	12 4	24 8	12 5	12 5	25 0	12 3	12 4	24 7	12 3	12 4	24 7	12 2	12 3	24 5	12 4	12 4	24 8	12 2	12 5	24 7
2:45:0 1				12 4	12 4	24 8	12 6	12 5	25 1	12 3	12 3	24 6	12 4	12 4	24 8	12 3	12 2	24 5	12 4	12 4	24 8	12 4	12 4	24 9
3:00:0 1				12 3	12 5	24 8	12 5	12 5	25 0	12 3	12 3	24 6	12 4	12 4	24 8	12 2	12 3	24 5	12 4	12 4	24 9	12 4	12 4	24 8

3:15:0 1				12 4	12 2	24 7	12 6	12 4	25 0	12 4	12 2	24 6	12 5	12 2	24 7	12 3	12 2	24 4	12 5	12 2	24 7	12 5	12 3	24 8
3:30:0 1				12 5	12 2	24 7	12 7	12 4	25 1	11 8	12 4	24 2	12 5	12 2	24 6	12 3	12 1	24 4	12 4	12 2	24 6	12 4	12 3	24 7
3:45:0 1				12 5	12 3	24 7	12 7	12 3	24 9	11 8	12 4	24 2	12 4	12 2	24 6	12 3	12 1	24 4	12 3	12 3	24 6	12 4	12 2	24 7
4:00:0 1				12 4	12 2	24 7	12 7	12 3	25 0	11 8	12 4	24 2	12 5	12 1	24 6	12 3	12 1	24 3	12 4	12 3	24 6	12 4	12 3	24 7
4:15:0 1				12 3	12 2	24 5	12 6	12 3	25 0	12 3	12 0	24 3	12 4	12 2	24 6	12 3	12 0	24 3	12 4	12 2	24 6	12 4	12 2	24 6
4:30:0 1				12 4	12 2	24 5	12 6	12 3	24 9	12 1	12 1	24 3	12 4	12 1	24 5	12 2	12 0	24 2	12 3	12 2	24 6	12 4	12 2	24 5
4:45:0 1				12 3	12 1	24 4	12 6	12 3	25 0	12 1	12 2	24 3	12 4	12 1	24 5	12 2	12 0	24 2	12 5	12 2	24 6	12 4	12 2	24 6
5:00:0 1				12 4	12 1	24 5	12 6	12 3	24 9	12 1	12 2	24 2	12 3	12 2	24 5	12 3	12 0	24 3	12 5	12 2	24 7	12 6	11 6	24 2
5:15:0 1				12 5	11 7	24 2	12 6	12 4	25 0	11 6	12 5	24 0	12 2	12 2	24 4	11 6	12 5	24 0	12 2	12 2	24 4	12 2	12 2	24 4
5:30:0 1				12 3	12 3	24 6	12 6	12 4	25 0	12 2	12 1	24 3	12 2	12 2	24 4	11 3	12 6	23 9	12 2	12 2	24 4	11 8	12 3	24 1
5:45:0 1				12 3	12 3	24 6	12 5	12 4	24 9	11 8	12 4	24 2	12 3	12 3	24 5	12 0	12 3	24 2	12 6	11 7	24 3	12 0	12 3	24 3
6:00:0 1				12 2	12 2	24 4	12 5	12 4	24 9	12 1	12 2	24 2	12 0	12 3	24 3	12 2	12 3	24 5	12 3	12 2	24 5	11 8	12 2	24 1
6:15:0 1				12 2	12 3	24 5	12 8	11 9	24 7	11 7	12 5	24 1	12 3	12 3	24 5	12 4	12 3	24 7	11 9	12 3	24 2	12 1	12 4	24 5
6:30:0 1				12 4	12 4	24 7	12 7	12 5	25 2	12 4	12 4	24 8	11 9	12 5	24 4	12 6	12 1	24 7	12 5	12 0	24 4	12 7	11 8	24 5
6:45:0 1				12 4	12 4	24 8	12 5	12 4	24 9	12 7	11 9	24 6	12 4	12 0	24 4	12 5	12 2	24 7	12 4	12 1	24 5	12 8	11 5	24 3
7:00:0 1				12 6	12 4	25 1	12 5	12 3	24 8	12 3	12 3	24 6	12 4	12 0	24 4	12 4	12 4	24 8	12 4	12 1	24 5	12 5	12 1	24 7
7:15:0 1				12 5	12 2	24 7	12 5	12 2	24 7	12 5	12 0	24 5	12 5	11 8	24 3	12 5	12 1	24 7	12 5	12 0	24 5	12 4	12 1	24 4

7:30:0 1				12 6	12 1	24 6	12 3	12 3	24 6	12 5	12 2	24 7	12 5	11 9	24 4	12 5	12 2	24 7	12 4	12 0	24 4	12 5	11 9	24 4
7:45:0 1				12 4	12 1	24 6	12 3	12 4	24 7	12 6	12 2	24 7	12 4	12 0	24 4	12 4	12 2	24 6	12 4	12 0	24 4	12 6	11 8	24 4
8:00:0 1				12 6	12 2	24 8	12 3	12 2	24 5	12 8	11 6	24 4	12 4	11 8	24 2	12 7	11 6	24 2	12 6	11 5	24 1	12 8	11 2	24 0
8:15:0 1				12 4	12 3	24 7	12 4	12 0	24 4	12 8	11 7	24 5	11 7	12 2	24 0	12 8	11 3	24 0	12 4	11 9	24 3	12 5	11 8	24 3
8:30:0 1				12 4	12 2	24 6	12 4	12 0	24 4	12 4	12 1	24 5	12 4	11 8	24 2	12 8	11 3	24 1	12 3	11 9	24 1	12 5	11 6	24 1
8:45:0 1				12 5	12 3	24 9	12 3	12 0	24 3	12 1	12 2	24 3	12 3	12 0	24 2	12 2	12 2	24 4	12 5	11 8	24 3	12 5	11 8	24 2
9:00:0 1				12 8	11 7	24 5	12 3	12 0	24 3	12 6	11 9	24 5	12 4	11 9	24 3	12 1	12 1	24 2	11 8	12 0	23 8	12 6	11 7	24 2
9:15:0 1				12 3	12 2	24 6	12 3	12 0	24 2	12 6	11 7	24 4	12 2	11 9	24 1	12 4	11 9	24 3	12 5	11 7	24 2	12 5	11 8	24 3
9:30:0 1				12 6	12 1	24 7	12 3	11 9	24 2	11 5	12 4	23 9	12 4	11 8	24 2	12 5	11 9	24 4	12 5	11 7	24 2	12 6	11 8	24 3
9:45:0 1				12 6	12 1	24 8	12 4	12 0	24 4	12 6	11 8	24 4	12 4	11 8	24 2	12 0	12 2	24 2	12 4	11 8	24 2	12 8	11 2	24 0
10:00: 01				12 7	11 8	24 5	12 4	12 0	24 4	12 5	11 9	24 4	12 5	11 9	24 4	12 3	12 0	24 3	12 4	11 9	24 3	12 5	11 8	24 3
10:15: 01				12 6	11 9	24 4	12 4	12 1	24 5	12 1	12 0	24 1	12 9	11 2	24 1	12 6	11 7	24 3	12 9	11 0	23 9	12 7	11 6	24 3
10:30: 01				12 0	12 4	24 5	12 4	11 9	24 3	12 6	11 6	24 2	12 2	12 0	24 2	12 4	11 8	24 2	12 9	11 0	23 8	12 5	11 7	24 3
10:45: 01				12 4	12 1	24 5	12 4	11 9	24 3	12 8	11 6	24 3	12 4	11 8	24 2	12 8	11 0	23 8	12 6	11 6	24 2	12 5	11 6	24 2
11:00: 01				11 9	12 4	24 3	12 4	12 0	24 3	12 7	11 6	24 3	12 4	12 0	24 4	12 5	11 8	24 3	12 5	11 6	24 1	12 5	11 7	24 2
11:15: 01				11 6	12 7	24 3	12 4	11 9	24 3	12 6	12 0	24 5	12 4	11 9	24 3	12 5	11 8	24 3	12 5	11 7	24 2	12 6	11 7	24 2
11:30: 01				12 4	12 3	24 6	12 4	12 0	24 3	12 5	11 9	24 4	12 2	12 0	24 2	12 4	11 8	24 1	12 6	11 5	24 1	12 6	11 5	24 1

11:45:01				12 1	11 8	23 9	12 0	11 7	23 7	12 6	11 8	24 5	12 3	12 0	24 3	12 4	11 9	24 3	12 5	11 7	24 3	12 4	11 7	24 1
12:00:01				11 8	12 6	24 4	12 3	12 0	24 3	12 4	12 1	24 5	12 8	11 3	24 1	12 5	11 9	24 4	12 5	11 8	24 2	12 5	11 6	24 1
12:15:01				12 7	11 9	24 6	12 3	12 0	24 3	12 4	12 0	24 4	12 4	11 9	24 3	12 9	11 1	24 0	12 5	12 0	24 5	12 4	11 8	24 2
12:30:01				12 6	12 1	24 8	12 3	12 1	24 5	12 5	11 8	24 2	12 4	12 0	24 4	13 0	11 2	24 2	12 5	11 9	24 4	12 4	11 8	24 2
12:45:01				12 6	12 0	24 7	12 3	12 0	24 4	12 9	11 3	24 1	12 5	11 9	24 4	13 1	11 2	24 3	12 8	11 6	24 4	12 6	11 7	24 3
13:00:01				12 6	12 1	24 7	12 3	12 1	24 4	12 6	11 9	24 5	12 9	11 3	24 2	12 6	12 0	24 6	12 6	12 0	24 5	12 8	11 1	23 9
13:15:01				12 7	12 0	24 6	12 2	12 1	24 4	12 6	11 9	24 5	12 4	12 0	24 4	12 0	12 3	24 2	12 5	11 8	24 4	12 5	11 7	24 2
13:30:01				12 7	11 8	24 4	12 4	12 1	24 5	12 7	11 8	24 5	12 0	12 3	24 3	12 6	11 8	24 5	12 3	12 0	24 3	12 4	11 8	24 2
13:45:01				12 6	12 2	24 8	12 3	12 2	24 5	12 7	11 8	24 5	12 4	12 0	24 4	12 5	11 8	24 4	12 3	12 0	24 3	12 6	11 5	24 2
14:00:01				12 5	12 0	24 6	12 3	12 3	24 6	12 7	11 9	24 6	12 5	11 9	24 5	12 4	12 0	24 4	12 4	11 8	24 2	12 0	12 0	23 9
14:15:01				12 4	12 2	24 6	12 3	12 2	24 5	12 6	12 0	24 6	12 4	12 0	24 4	12 8	11 3	24 1	12 5	11 8	24 3	12 6	11 7	24 3
14:30:01				12 4	11 9	24 3	12 4	12 0	24 4	12 5	12 0	24 5	12 4	12 0	24 3	12 2	12 0	24 2	12 5	11 9	24 3	12 6	11 6	24 2
14:45:01				12 7	11 3	24 0	12 4	12 0	24 4	12 5	12 0	24 5	12 5	11 9	24 3	12 4	11 8	24 2	12 8	10 9	23 7	12 6	11 8	24 3
15:00:01	12 5	12 0	24 5	12 5	12 0	24 5	12 4	12 1	24 4	12 6	11 7	24 3	12 3	11 3	23 6	12 8	11 3	24 1	12 8	11 1	23 9			
15:15:01	12 5	12 1	24 5	12 5	12 1	24 5	12 5	11 9	24 4	12 4	11 7	24 2	12 9	11 2	24 0	12 6	11 4	24 0	12 4	11 8	24 2			
15:30:01	12 5	12 1	24 5	12 6	11 8	24 4	12 7	11 4	24 1	11 8	12 2	24 0	12 5	11 8	24 3	12 7	11 4	24 1	12 4	11 8	24 3			
15:45:01	12 4	11 9	24 3	12 7	11 8	24 5	12 7	11 4	24 1	11 9	12 1	24 0	12 8	11 1	23 9	12 3	11 7	24 0	12 4	11 9	24 3			

16:00:01	12 6	11 7	24 3	12 5	12 0	24 5	12 3	12 0	24 3	12 0	12 1	24 1	12 7	11 5	24 1	12 4	11 9	24 3	12 6	11 7	24 3			
16:15:01	12 9	11 2	24 1	12 6	11 9	24 5	12 4	11 9	24 2	12 1	12 1	24 1	12 6	11 7	24 3	12 3	11 9	24 2	12 6	11 6	24 2			
16:30:01	12 6	11 9	24 5	12 5	12 1	24 6	12 4	11 9	24 3	12 0	12 0	24 0	12 3	11 8	24 2	12 3	11 9	24 2	12 5	11 8	24 3			
16:45:01	12 7	11 8	24 5	12 5	12 2	24 7	12 7	11 4	24 1	12 5	11 4	23 8	12 6	11 8	24 4	12 5	12 0	24 5	12 5	11 8	24 3			
17:00:01	12 5	11 8	24 4	12 4	12 3	24 8	12 3	12 0	24 4	12 1	12 2	24 3	12 6	11 8	24 4	12 2	12 0	24 1	12 5	11 9	24 4			
17:15:01	12 6	11 7	24 3	12 5	12 2	24 7	12 5	11 9	24 3	12 1	12 0	24 1	12 7	11 7	24 4	12 6	11 6	24 2	12 0	12 0	23 9			
17:30:01	13 0	11 1	24 1	12 6	12 2	24 8	12 4	11 9	24 4	11 6	12 5	24 1	12 1	12 1	24 2	12 7	11 7	24 4	12 5	11 9	24 3			
17:45:01	13 2	10 9	24 0	12 6	12 3	24 9	12 4	11 9	24 3	12 2	12 1	24 3	12 0	11 9	24 0	12 6	11 8	24 4	12 8	11 7	24 5			
18:00:01	12 7	11 6	24 2	12 6	12 2	24 8	12 7	11 3	24 0	12 1	12 1	24 2	12 5	11 5	24 0	12 7	11 7	24 4	12 6	11 7	24 3			
18:15:01	12 3	11 9	24 2	12 0	12 5	24 4	12 4	11 8	24 2	12 1	12 1	24 1	12 3	11 7	24 0	12 1	12 1	24 1	12 4	11 8	24 3			
18:30:01	12 3	11 7	24 0	12 5	12 0	24 5	12 6	11 3	23 8	12 0	12 0	24 0	12 0	11 9	24 0	12 5	11 7	24 1	12 4	11 7	24 1			
18:45:01	12 2	11 7	23 9	12 4	12 1	24 4	12 5	11 4	23 9	12 3	11 8	24 1	12 8	11 0	23 9	12 0	11 8	23 8	12 1	11 2	23 3			
19:00:01	12 7	11 6	24 3	12 5	12 1	24 5	12 2	11 9	24 1	12 5	11 8	24 3	12 3	12 0	24 3	12 4	11 7	24 1	12 5	11 4	23 9			
19:15:01	12 4	11 8	24 3	12 5	11 9	24 4	11 8	11 8	23 6	12 3	12 1	24 5	12 3	12 0	24 3	12 5	11 6	24 1	12 5	11 8	24 3			
19:30:01	12 4	11 7	24 2	12 5	12 0	24 5	12 2	11 8	24 0	12 3	12 1	24 4	12 2	12 0	24 2	12 6	11 4	24 0	12 5	11 7	24 2			
19:45:01	12 4	12 0	24 4	13 2	10 3	23 5	12 1	12 1	24 2	12 3	12 0	24 3	12 4	12 0	24 4	12 9	10 9	23 8	12 5	11 7	24 2			
20:00:01	12 3	12 2	24 5	12 4	12 1	24 5	12 2	12 1	24 3	12 4	12 1	24 5	12 8	11 3	24 1	12 7	11 4	24 1	12 9	11 2	24 1			

20:15: 01	12 4	11 8	24 2	12 5	12 1	24 6	12 1	12 0	24 1	12 4	12 1	24 5	12 4	12 1	24 5	12 4	11 4	23 8	12 1	12 0	24 1			
20:30: 01	12 4	12 1	24 5	12 6	12 1	24 7	12 2	12 0	24 2	12 4	12 0	24 4	12 3	12 2	24 5	12 2	10 9	23 1	12 0	12 1	24 1			
20:45: 01	12 4	12 3	24 7	12 6	12 2	24 8	12 5	11 4	23 9	12 4	12 0	24 3	12 4	12 2	24 5	12 5	11 2	23 7	12 6	11 6	24 2			
21:00: 01	12 3	12 2	24 5	12 6	12 2	24 8	12 3	11 9	24 2	12 3	12 1	24 4	11 9	12 6	24 4	12 4	11 3	23 7	12 3	12 0	24 3			
21:15: 01	12 4	12 3	24 7	12 5	12 4	24 9	12 2	12 2	24 4	11 8	12 5	24 3	12 4	12 3	24 7	12 2	11 5	23 7	11 6	12 7	24 3			
21:30: 01	12 0	12 5	24 5	12 8	11 8	24 6	12 3	12 2	24 5	12 4	12 2	24 6	11 8	12 5	24 3	12 3	11 7	24 0	11 7	12 6	24 3			
21:45: 01	12 2	12 2	24 4	12 6	12 1	24 7	12 3	12 2	24 5	12 3	12 3	24 6	12 7	11 8	24 5	12 3	11 8	24 0	12 2	12 3	24 5			
22:00: 01	12 6	11 7	24 2	12 8	11 8	24 6	12 3	12 2	24 5	12 4	12 3	24 7	12 4	12 3	24 7	12 5	11 9	24 4	12 4	12 4	24 7			
22:15: 01	12 6	11 6	24 1	12 5	12 4	24 9	12 3	12 2	24 5	12 4	12 3	24 8	12 4	12 3	24 7	12 3	12 2	24 5	12 4	12 3	24 6			
22:30: 01	12 6	11 6	24 2	12 4	12 4	24 8	12 2	12 3	24 5	12 4	12 4	24 7	12 4	12 4	24 8	12 1	12 1	24 2	12 4	12 4	24 8			
22:45: 01	12 5	11 8	24 3	12 6	12 5	25 1	12 2	12 2	24 5	12 3	12 3	24 6	12 4	12 3	24 7	12 2	12 3	24 6	12 4	12 4	24 8			
23:00: 01	12 2	12 3	24 6	12 6	12 5	25 1	12 3	12 3	24 6	12 4	12 3	24 6	12 4	12 4	24 8	12 2	12 3	24 5	12 5	12 4	24 9			
23:15: 01	12 2	12 3	24 6	12 5	12 4	25 0	12 2	12 2	24 4	12 3	12 3	24 6	12 4	12 3	24 7	12 4	12 3	24 7	12 4	12 4	24 8			
23:30: 01	12 5	11 8	24 3	12 5	12 4	25 0	12 3	12 3	24 5	12 5	12 1	24 6	12 4	12 4	24 7	12 3	12 4	24 7	12 4	12 4	24 8			
23:45: 01	12 2	12 3	24 6	12 6	12 6	25 1	12 3	12 2	24 5	12 5	12 2	24 7	12 5	12 3	24 8	12 3	12 4	24 7	12 4	12 4	24 8			

Anexo 4. Datos tomados de corriente de línea-neutro

HORA	DIA1 (14/03/35)		DIA2 (15/03/35)		DIA3 (16/03/35)		DIA4 (17/03/35)		DIA5 (18/03/35)		DIA6 (19/03/35)		DIA7 (20/03/25)		DIA8 (21/03/25)	
	L1- N	L2- N	L1-N	L2-N	L1- N	L2- N	L1- N	L2- N	L1- N	L2- N	L1- N	L2-N	L1- N	L2- N	L1- N	L2-N
0:00:01			1	0,4	0,9	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
0:15:01			1	0,5	0,9	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
0:30:01			1	0,5	0,9	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
0:45:01			1	0,5	0,9	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,5
1:00:01			1	0,4	0,9	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
1:15:01			1	0,4	0,9	0,5	1	0,4	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
1:30:01			1	0,4	0,9	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,5	1,3	0,4
1:45:01			1	0,4	0,9	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,5	1,3	0,4
2:00:01			1	0,4	0,9	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
2:15:01			1	0,4	0,9	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
2:30:01			1	0,4	0,9	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
2:45:01			1	0,4	0,9	0,5	1	0,4	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
3:00:01			1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
3:15:01			1	3,1	0,9	3,1	0,9	3,1	1	3,2	1,3	3,1	1,3	3,1	1,3	3
3:30:01			1	3,1	0,9	3,1	1	3,1	1	3,2	1,3	3,1	1,3	3,1	1,4	3
3:45:01			1	3,1	0,9	3,1	1	3,1	1	3,2	1,3	3,1	1,3	3	1,3	3,1
4:00:01			1	3,1	1	3,1	1	3,1	1	3,3	1,3	3,1	1,3	3,1	1,3	3,1
4:15:01			1	3,1	0,9	3,1	1	3,1	1	3,2	1,3	3,1	1,3	3,1	1,3	3,1
4:30:01			1	3,1	0,9	3,1	0,9	3,1	1	3,3	1,3	3,1	1,3	3,1	1,3	3,1
4:45:01			1	3,1	0,9	3,1	0,9	3,1	1	3,3	1,3	3,1	1,2	3,1	1,3	3,1
5:00:01			1	3,1	0,9	3,1	0,9	3,1	1	3,2	1,3	3,1	1,3	3,1	1,3	3,2
5:15:01			1	0,4	0,9	0,5	1	0,4	1	0,6	1,4	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
5:30:01			1	0,4	0,9	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,4	0,5	1,3	0,4	1,3	0,4
5:45:01			1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
6:00:01			1	0,4	1	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4
6:15:01			1	0,5	0,9	0,4	1	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,5

6:30:01			1	0,5	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5	5,9	0,3	5,8	0,4	2	1,2	0,4
6:45:01			1	0,4	0,9	0,5	0,9	0,4	0,6	6,1	0,3	5,8	0,3	2,1	1,2	0,4
7:00:01			0,3	4,9	0,9	0,5	0,3	5,8	0,6	6	0,3	5,7	0,3	2,1	0,5	5,9
7:15:01			0,4	6	0,9	0,5	0,3	6,3	0,6	8	0,3	7,4	0,5	5,8	0,5	5,9
7:30:01			0,4	7,9	1	0,4	0,3	6,2	0,7	10,2	0,4	5,8	0,6	7	0,6	9
7:45:01			0,4	7,8	0,9	0,5	0,3	6,3	0,6	10,5	1,2	5,8	0,5	9,3	1,5	12,3
8:00:01			0,4	7,8	0,9	0,5	0,6	8,2	1,8	13,7	0,9	6,1	0,5	7,4	1	11,4
8:15:01			0,4	7,8	0,9	0,5	0,5	7	1,8	10,7	0,8	8,7	0,5	8,7	0,9	12,8
8:30:01			0,4	7,8	0,9	0,5	0,5	11	2,1	12,1	1,6	12,2	0,5	10,4	0,9	12,2
8:45:01			0,4	7,4	0,9	0,5	15,3	14,8	2,5	9,1	1,6	7,4	0,5	11,2	0,7	11,7
9:00:01			0,5	7,7	0,9	0,5	0,5	13	1,7	10,9	2,1	10,1	0,6	11,2	0,8	13
9:15:01			0,4	7,4	0,9	0,5	1	17,9	0,6	10,2	1,6	10,4	0,6	13,3	0,5	10,9
9:30:01			1,4	8,3	0,9	0,5	20,1	14,8	0,7	11,1	1,5	13,1	0,5	11,4	0,6	10,6
9:45:01			0,7	8	0,9	0,4	0,5	13,6	0,5	13,5	2,1	12,4	0,5	10,3	0,8	11,3
10:00:01			0,7	13,3	0,9	0,4	1	13,7	0,5	11,2	1,6	10,2	0,5	10,2	0,7	10,7
10:15:01			0,7	10,7	0,9	0,5	1	13,5	0,7	12,9	1,5	12,4	0,5	13,6	0,7	10,9
10:30:01			0,7	9,2	0,9	0,5	1,2	14	0,6	9,6	2	12,3	0,5	13,7	0,4	11,8
10:45:01			0,4	8,5	0,9	0,4	1	17,9	0,6	11,6	1,5	12,5	0,5	13,3	0,5	13,1
11:00:01			0,4	8,3	0,9	0,5	1	18	0,6	9,5	1,5	12,7	0,5	13,1	0,4	12,9
11:15:01			14,7	4,7	0,9	0,5	1	11,4	0,6	9,6	1,6	12	0,5	12,6	0,5	12,6
11:30:01			0,8	5,9	0,9	0,5	1	11,8	0,6	10,3	2,1	12,1	0,5	14,6	0,5	13,7
11:45:01			15,8	6,7	1	0,4	1	12,2	3,3	9,5	3,5	11	0,5	13,8	0,6	12,2
12:00:01			14	5,6	0,9	0,4	1,7	11,5	0,6	10,4	1	11,1	0,5	12,9	0,5	12,8
12:15:01			0,3	5,8	0,9	0,4	1,4	12	0,9	9,9	2,5	10,9	0,5	11,2	0,6	10,5
12:30:01			0,3	5,8	0,9	0,4	2	12,3	0,9	9,8	1	12,7	0,5	11,3	0,5	11,4
12:45:01			0,3	5,8	0,9	0,5	2	13,9	0,9	11,2	1,5	12,1	0,5	13,9	0,6	13,9
13:00:01			0,3	5,7	0,9	0,5	2,4	12,2	15	12,5	1,5	11,6	0,5	12	2,4	12,7
13:15:01			0,3	5,8	1	0,5	2,3	12,8	0,5	10,2	1,6	11,1	0,5	11,1	2,8	13,1
13:30:01			0,3	5,9	0,9	0,4	2,3	12,8	14,9	10,3	1,6	11,9	0,5	13,4	1,6	13,5
13:45:01			0,3	5,7	0,9	0,5	1,7	11,6	0,4	10,7	1,5	11,4	0,5	11,7	1,7	15,1
14:00:01			0,3	8,8	0,9	0,5	1,4	12,4	0,4	12,1	1,4	9,6	0,5	11	1,5	14,3

14:15:01			0,3	6,6	0,9	0,5	0,8	10,1	0,4	9,9	2	10,7	0,5	11,8	0,5	12,8
14:30:01			0,3	5,9	0,9	0,4	0,7	9,8	0,4	11,2	1,4	9,9	0,5	11,7	0,5	13,7
14:45:01			0,3	6,2	0,9	0,5	0,6	10,1	0,4	11,2	1,7	9,9	0,5	15,5	0,5	12,5
15:00:01	1,4	7,4	0,3	2,1	0,9	0,5	0,6	12,9	24	11,9	1,9	12,3	0,5	13,9		
15:15:01	1,5	7,5	0,3	2,1	0,9	0,4	0,6	12,9	0,8	14,5	2,5	10,5	0,5	10,3		
15:30:01	1,5	8,1	0,3	2,1	0,9	0,4	15	12,2	0,8	12	1,3	11,5	0,5	11,4		
15:45:01	1,4	10,4	0,3	2,1	0,9	0,4	15,2	12,3	0,8	12,4	2,4	12,5	0,5	11,3		
16:00:01	1,4	10,7	0,3	2,1	0,9	0,4	15,4	12,7	0,8	15,5	2,1	9,8	1,6	13,5		
16:15:01	1,3	11,9	0,3	3	0,9	0,4	15,5	13,8	0,5	14,6	2,7	9,2	1,3	15,8		
16:30:01	1,4	12,1	0,3	3	0,9	0,4	15,1	14,9	0,5	13,8	2,5	10,7	1,6	11,4		
16:45:01	1,8	12	0,3	3	0,9	0,4	16	16,1	0,5	15,4	1,8	8,9	1	13,7		
17:00:01	1,9	13,9	0,3	0,5	0,9	0,5	15,2	12,6	0,5	14,2	2	8,9	1,7	11,1		
17:15:01	2,1	16,4	0,3	3,2	0,9	3,1	15,2	14,7	1,3	16,7	2,5	14,1	1,7	15,7		
17:30:01	1,7	18,1	0,3	3,2	0,9	3,1	14,3	13,4	1,3	15,9	1,6	13,1	1	13,3		
17:45:01	1,7	18,8	0,3	3,2	0,9	3,1	15,3	14,6	0,5	15,2	2,2	12,5	1	15,6		
18:00:01	3,1	14,8	0,3	3,2	0,9	3,4	15,2	16,6	0,5	18,5	0,9	12,4	1	17,1		
18:15:01	15,5	13,3	0,3	3,2	0,9	3,2	15,1	16,1	0,5	15,9	1	12,9	0,5	14,6		
18:30:01	14,5	13,4	0,3	3,3	0,9	3,5	15,1	15,4	0,5	15,7	0,9	13,2	0,5	16,2		
18:45:01	0,4	14,5	0,3	3,3	0,9	3,3	1,1	13,4	0,9	13	1,7	13,3	1,3	15,6		
19:00:01	1	10,3	0,3	3,3	0,9	3,2	1	8,7	1,6	3,1	4	13,1	1,3	13,6		
19:15:01	1	8,6	0,3	3,3	0,9	3,2	1	3,4	1,5	3,1	1,3	14,1	1,3	13,1		
19:30:01	1,9	8,7	0,3	3,3	0,9	3,2	1	3,3	1,4	3,1	1,5	14,6	1,3	13,2		
19:45:01	1,8	8,4	0,9	38,6	0,9	3,1	1	3,4	1,2	3,1	1,5	14,5	1,3	13,1		
20:00:01	0,9	3,2	0,9	3,1	0,9	3,2	1	3,4	1,2	3,3	1,3	13,8	1,2	13,8		
20:15:01	0,9	3,3	0,9	3,1	0,9	3,2	1	3,3	1,2	3,1	1,3	10	1,3	14,1		
20:30:01	0,9	3,2	0,9	3,1	0,9	3,2	0,9	3,3	1,2	3,1	1,3	14	1,3	12,7		
20:45:01	0,9	3,2	0,9	3,1	0,9	3,3	0,9	3,3	1,2	3,1	1,3	12,3	1,7	14,9		
21:00:01	0,9	3,2	0,9	3,1	0,9	3,2	1	3,3	1,3	3	1,3	11,9	1,2	8,5		
21:15:01	0,9	0,7	0,9	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,2	0,5	1,2	6,1	1,3	0,5		
21:30:01	1	0,6	0,9	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,3	0,5	1,2	0,5	1,3	0,5		
21:45:01	1	0,5	0,9	0,7	0,9	0,5	1	0,6	1,2	0,4	1,2	0,5	1,2	0,5		

22:00:01	0,9	0,6	0,9	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,2	0,5	1,2	0,5	1,2	0,5		
22:15:01	0,9	0,5	0,9	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,2	0,5	1,2	0,5	1,2	0,5		
22:30:01	0,9	0,4	0,9	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,2	0,4	1,2	0,4		
22:45:01	0,9	0,4	0,9	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,2	0,4	1,3	0,4		
23:00:01	1	0,5	0,9	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,2	0,4	1,2	0,4		
23:15:01	1	0,5	0,9	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,2	0,5	1,3	0,4		
23:30:01	0,9	0,4	0,9	0,5	0,9	0,4	1	0,6	1,3	0,4	1,2	0,4	1,3	0,4		
23:45:01	1	0,5	0,9	0,5	0,9	0,5	1	0,6	1,3	0,4	1,3	0,4	1,3	0,4		

Anexo 5. Datos tomados de potencia de línea1 y 2 como la potencia total.

Hora	DIA1 (14/03/35)			DIA2 (15/03/35)			DIA3 (16/03/35)			DIA4 (17/03/35)			DIA5 (18/03/35)			DIA6 (19/03/35)			DIA7 (20/03/25)			DIA8 (21/03/25)		
	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T
0:00:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
0:15:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
0:30:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
0:45:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
1:00:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
1:15:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
1:30:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
1:45:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
2:00:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
2:15:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
2:30:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
2:45:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
3:00:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
3:15:01				100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450
3:30:01				100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450
3:45:01				100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450
4:00:01				100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450
4:15:01				100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450
4:30:01				100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450
4:45:01				100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450
5:00:01				100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	350	450	100	350	450
5:15:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
5:30:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
5:45:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
6:00:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
6:15:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150
6:30:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	50	600	600	50	600	600	50	200	300	100	50	150

6:45:01				100	50	150	100	50	150	100	50	150	50	600	600	50	600	600	0	200	300	100	50	150
7:00:01				50	500	600	100	50	150	0	600	600	50	600	600	50	600	600	0	200	300	50	600	600
7:15:01				50	650	600	100	50	150	0	600	600	50	800	900	50	700	750	50	550	600	50	600	600
7:30:01				50	850	900	100	50	150	0	600	600	50	1100	1200	50	600	600	50	700	750	50	1000	1050
7:45:01				50	850	900	100	50	150	50	600	600	50	1100	1200	100	600	750	50	1000	1050	150	1400	1500
8:00:01				50	850	900	100	50	150	50	750	750	150	1450	1650	100	550	600	50	750	750	100	1200	1350
8:15:01				50	850	900	100	50	150	50	700	750	150	1150	1350	100	850	900	50	950	1050	100	1450	1500
8:30:01				50	850	900	100	50	150	50	1200	1200	150	1300	1500	150	1300	1500	50	1150	1200	100	1350	1500
8:45:01				50	800	900	100	50	150	1100	1650	2700	200	950	1200	150	800	900	50	1250	1350	50	1300	1350
9:00:01				50	800	900	100	50	150	50	1400	1500	150	1150	1350	200	1100	1350	50	1250	1350	100	1450	1500
9:15:01				50	800	900	100	50	150	50	1950	1950	50	1100	1200	150	1150	1200	50	1450	1500	50	1200	1200
9:30:01				150	900	1050	100	50	150	1700	1750	3450	50	1150	1200	150	1500	1650	50	1250	1350	50	1200	1200
9:45:01				50	900	900	100	50	150	50	1450	1500	50	1400	1500	150	1400	1650	50	1150	1200	100	1200	1350
10:00:01				50	1500	1500	100	50	150	100	1500	1500	50	1150	1200	150	1150	1350	50	1150	1200	50	1150	1200
10:15:01				50	1200	1200	100	50	150	50	1500	1500	50	1300	1350	150	1400	1500	50	1450	1500	50	1150	1200
10:30:01				50	1050	1200	100	50	150	100	1500	1650	50	1050	1050	150	1350	1500	50	1450	1500	50	1300	1350
10:45:01				50	950	1050	100	50	150	100	1950	1950	50	1250	1350	150	1300	1500	50	1450	1500	50	1450	1500
11:00:01				50	950	1050	100	50	150	100	1950	1950	50	1050	1050	150	1400	1500	50	1450	1500	50	1400	1500
11:15:01				1050	500	1500	100	50	150	100	1250	1350	50	1050	1050	150	1350	1500	50	1350	1350	50	1400	1500
11:30:01				100	600	750	100	50	150	100	1300	1350	50	1100	1200	150	1350	1500	50	1600	1650	50	1500	1500
11:45:01				1150	650	1800	100	50	150	100	1350	1350	300	1050	1350	300	1200	1500	50	1500	1500	50	1350	1350
12:00:01				950	600	1500	100	50	150	150	1300	1350	50	1050	1050	100	1250	1350	50	1400	1500	50	1400	1500
12:15:01				50	600	600	100	50	150	100	1350	1500	100	1050	1200	200	1150	1350	50	1250	1350	50	1150	1200
12:30:01				0	600	600	100	50	150	150	1350	1500	100	1050	1200	100	1350	1500	50	1250	1350	50	1250	1350
12:45:01				50	600	600	100	50	150	150	1500	1650	100	1250	1350	150	1300	1500	50	1550	1500	50	1500	1500
13:00:01				0	600	600	100	50	150	200	1350	1500	1100	1400	2550	150	1300	1500	50	1350	1350	200	1350	1500
13:15:01				0	600	600	100	50	150	200	1450	1650	50	1150	1200	150	1250	1350	50	1250	1200	250	1450	1650
13:30:01				50	600	600	100	50	150	200	1400	1650	1050	1150	2250	150	1300	1500	50	1550	1500	100	1500	1650
13:45:01				0	600	600	100	50	150	150	1300	1500	50	1200	1200	150	1250	1350	50	1300	1350	100	1650	1800
14:00:01				0	850	900	100	50	150	100	1400	1500	50	1350	1350	100	1050	1200	50	1200	1200	100	1600	1800
14:15:01				0	650	750	100	50	150	50	1100	1200	50	1050	1050	150	1150	1350	50	1300	1350	50	1400	1350

14:30:01				0	600	600	100	50	150	50	1100	1200	50	1200	1200	150	1100	1200	50	1300	1350	50	1450	1500
14:45:01				0	600	600	100	50	150	50	1100	1200	50	1200	1200	150	1100	1200	50	1600	1650	50	1350	1350
15:00:01	100	850	900	0	200	300	100	50	150	50	1450	1500	1550	1200	2700	150	1300	1500	50	1450	1500			
15:15:01	150	850	1050	0	200	300	100	50	150	50	1450	1500	100	1500	1500	200	1100	1350	50	1150	1200			
15:30:01	150	950	1050	50	200	300	100	50	150	1100	1400	2550	100	1300	1350	100	1200	1350	50	1250	1350			
15:45:01	150	1200	1350	0	200	300	100	50	150	1150	1400	2550	100	1300	1350	200	1350	1500	50	1250	1350			
16:00:01	100	1200	1350	50	200	300	100	50	150	1150	1450	2550	100	1700	1800	200	1050	1200	100	1500	1650			
16:15:01	100	1250	1350	0	300	300	100	50	150	1150	1550	2700	50	1600	1650	250	1000	1200	100	1750	1800			
16:30:01	100	1350	1500	0	300	300	100	50	150	1100	1700	2850	50	1550	1650	200	1150	1350	100	1250	1350			
16:45:01	150	1350	1500	50	300	300	100	50	150	1150	1750	2850	50	1700	1800	150	1000	1200	100	1550	1650			
17:00:01	200	1550	1800	0	50	0	100	50	150	1100	1450	2550	50	1600	1650	150	1000	1200	100	1250	1350			
17:15:01	200	1850	2100	0	350	450	100	350	450	1100	1700	2850	100	1900	1950	200	1550	1800	100	1800	1950			
17:30:01	150	1900	2100	50	350	450	100	350	450	1050	1600	2550	100	1850	1950	150	1400	1650	50	1500	1650			
17:45:01	150	1950	2100	0	350	450	100	350	450	1100	1700	2700	50	1750	1800	200	1400	1650	100	1750	1800			
18:00:01	300	1600	1950	0	350	450	100	350	450	1050	1950	3000	50	2050	2100	100	1350	1500	100	1950	1950			
18:15:01	1100	1450	2550	0	350	450	100	350	450	1050	1850	3000	50	1750	1800	100	1450	1500	50	1650	1650			
18:30:01	900	1450	2400	0	350	450	100	350	450	1050	1750	2850	50	1800	1800	100	1450	1500	50	1800	1800			
18:45:01	50	1550	1650	0	350	450	100	350	450	100	1500	1650	100	1300	1350	150	1450	1650	100	1650	1800			
19:00:01	100	1050	1200	0	350	450	100	350	450	100	950	1050	150	350	450	400	1450	1800	100	1500	1650			
19:15:01	100	900	1050	0	350	450	100	350	450	100	400	450	150	350	450	150	1550	1650	100	1450	1650			
19:30:01	200	900	1050	0	350	450	100	350	450	100	400	450	150	350	450	150	1600	1800	100	1450	1650			
19:45:01	150	900	1050	100	3950	4050	100	350	450	100	400	450	100	350	450	150	1500	1650	100	1450	1650			
20:00:01	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	1500	1650	100	1450	1650			
20:15:01	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	1100	1200	100	1600	1800			
20:30:01	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	1450	1500	100	1450	1650			
20:45:01	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	1300	1350	150	1650	1800			
21:00:01	100	350	450	100	350	450	100	350	450	100	400	450	100	350	450	100	1250	1350	100	900	1050			
21:15:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	600	750	100	50	150			
21:30:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150			
21:45:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150			
22:00:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150			

22:15:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150			
22:30:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150			
22:45:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150			
23:00:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150			
23:15:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150			
23:30:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150			
23:45:01	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150			

Anexo 6. Datos tomados de energía de línea 1 y 2 como la energía total.

HORA	DIA1 (14/03/35)			DIA2 (15/03/35)			DIA3 (16/03/35)			DIA4 (17/03/35)			DIA5 (18/03/35)			DIA6 (19/03/35)			DIA7 (20/03/25)			DIA8 (21/03/25)		
	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T	L1	L2	T
0:00:01				1756	7386	9142	3662	17372	21034	5648	10240	25887	11637	38957	50593	14947	56668	71615	18232	75222	93455	20265	95517	115783
0:15:01				1777	7395	9173	3683	17382	21064	5668	10249	25917	11658	38970	50628	14974	56677	71651	18259	75232	93491	20293	95527	115820
0:30:01				1799	7405	9204	3703	17392	21095	5689	10259	25948	11680	38983	50664	15002	56686	71688	18287	75241	93528	20320	95536	115856
0:45:01				1820	7415	9235	3724	17402	21125	5710	10269	25979	11702	38997	50699	15030	56695	71725	18314	75251	93565	20347	95546	115893
1:00:01				1842	7424	9266	3744	17412	21156	5730	10279	26009	11724	39010	50734	15058	56705	71762	18341	75260	93601	20375	95555	115930
1:15:01				1863	7434	9297	3764	17422	21186	5751	10289	26040	11746	39024	50770	15085	56714	71799	18368	75270	93638	20402	95565	115967
1:30:01				1885	7443	9328	3785	17432	21217	5772	10298	26070	11768	39037	50805	15113	56723	71836	18396	75279	93675	20429	95575	116004
1:45:01				1906	7453	9360	3806	17442	21248	5792	10308	26101	11790	39051	50840	15141	56732	71873	18423	75289	93712	20457	95584	116041
2:00:01				1928	7463	9391	3827	17452	21279	5813	10318	26131	11811	39065	50876	15169	56741	71910	18450	75298	93748	20484	95593	116078
2:15:01				1950	7472	9422	3847	17462	21309	5834	10328	26162	11833	39078	50911	15196	56750	71946	18477	75308	93785	20512	95603	116115
2:30:01				1971	7482	9453	3868	17472	21340	5855	10338	26192	11855	39092	50947	15224	56759	71983	18505	75317	93822	20539	95612	116152
2:45:01				1993	7492	9484	3889	17482	21371	5875	10348	26223	11877	39105	50982	15251	56768	72020	18532	75327	93859	20567	95622	116189
3:00:01				2014	7501	9515	3910	17492	21402	5896	10357	26254	11899	39119	51018	15279	56777	72056	18559	75336	93895	20594	95631	116225
3:15:01				2035	7559	9594	3930	17550	21481	5917	10415	26332	11921	39181	51102	15306	56835	72141	18586	75394	93980	20622	95688	116310
3:30:01				2057	7649	9706	3951	17640	21592	5937	10505	26442	11943	39275	51218	15334	56923	72257	18613	75483	94097	20649	95777	116426
3:45:01				2078	7738	9817	3972	17730	21702	5958	10595	26553	11965	39369	51334	15361	57012	72373	18641	75573	94213	20676	95867	116543
4:00:01				2100	7828	9928	3995	17820	21815	5979	10685	26663	11987	39463	51450	15389	57101	72489	18668	75662	94330	20703	95956	116659
4:15:01				2121	7918	10038	4016	17909	21926	5999	10774	26773	12009	39556	51565	15416	57189	72606	18695	75751	94446	20731	96045	116776
4:30:01				2142	8007	10149	4037	17999	22036	6020	10864	26883	12031	39650	51681	15444	57278	72722	18722	75840	94562	20758	96134	116892
4:45:01				2164	8096	10260	4057	18089	22146	6040	10953	26993	12052	39744	51796	15471	57367	72838	18749	75929	94678	20785	96223	117008
5:00:01				2185	8186	10371	4078	18179	22256	6060	11043	27103	12074	39838	51912	15499	57455	72954	18776	76018	94794	20812	96313	117125
5:15:01				2207	8227	10434	4098	18221	22319	6081	11084	27165	12096	39884	51979	15527	57496	73023	18803	76059	94862	20840	96354	117193
5:30:01				2228	8236	10464	4119	18230	22350	6102	11094	27196	12118	39897	52015	15555	57505	73061	18830	76067	94898	20868	96363	117230
5:45:01				2250	8246	10496	4140	18242	22382	6122	11104	27227	12140	39910	52050	15584	57515	73098	18857	76075	94933	20895	96372	117267
6:00:01				2271	8255	10527	4161	18254	22415	6143	11114	27257	12162	39924	52086	15612	57524	73135	18885	76084	94969	20923	96381	117304
6:15:01				2293	8265	10558	4182	18265	22447	6164	11124	27288	12184	39939	52123	15640	57533	73173	18912	76093	95005	20950	96390	117341
6:30:01				2314	8275	10589	4203	18275	22478	6185	11133	27318	12201	40003	52204	15667	57544	73211	18939	76103	95042	20978	96400	117377

6:45:01				2336	8284	10620	4224	18285	22509	6206	21143	27348	12213	40154	52367	15674	57691	73365	18945	76155	95100	21005	96408	117414
7:00:01				2343	8407	10750	4245	18295	22540	6216	21252	27468	12225	40304	52530	15681	57837	73518	18951	76207	95158	21014	96542	117556
7:15:01				2350	8535	10886	4266	18305	22570	6222	21401	27622	12238	40458	52697	15688	57999	73686	18960	76333	95293	21023	96689	117713
7:30:01				2359	8730	11089	4287	18315	22601	6228	21556	27784	12253	40722	52975	15695	58159	73854	18970	76490	95460	21048	96923	117970
7:45:01				2368	8945	11313	4308	18324	22632	6234	21712	27946	12267	41018	53285	15705	58305	74010	18981	76713	95694	21061	97198	118260
8:00:01				2377	9160	11537	4328	18334	22663	6243	21871	28114	12298	41343	53640	15722	58453	74175	18992	76947	95939	21097	97520	118617
8:15:01				2386	9377	11764	4349	18344	22693	6253	22051	28304	12338	41649	53988	15746	58642	74388	19002	77186	96189	21118	97829	118946
8:30:01				2395	9594	11989	4370	18354	22723	6262	22304	28566	12384	41960	54345	15777	58883	74660	19012	77476	96488	21135	98153	119289
8:45:01				2404	9808	12211	4390	18363	22754	6308	22627	28935	12423	42244	54667	15818	59136	74954	19023	77782	96805	21155	98487	119642
9:00:01				2412	10011	12424	4411	18373	22784	6475	23051	29526	12454	42524	54977	15859	59387	75246	19034	78091	97125	21175	98824	119998
9:15:01				2421	10215	12636	4432	18382	22814	6594	23477	30071	12489	42813	55302	15901	59657	75558	19045	78407	97453	21185	99176	120361
9:30:01				2434	10424	12858	4453	18391	22844	6714	23914	30628	12501	43105	55606	15945	60024	75969	19056	78726	97782	21195	99492	120688
9:45:01				2461	10640	13101	4473	18401	22874	6831	24318	31149	12512	43438	55950	15982	60420	76402	19067	79029	98096	21211	99821	121031
10:00:01				2478	10928	13406	4494	18410	22905	6945	24689	31634	12524	43753	56277	16011	60727	76738	19077	79313	98390	21230	100135	121365
10:15:01				2494	11229	13723	4515	18420	22935	7063	25065	32128	12535	44076	56611	16049	61032	77081	19087	79610	98697	21248	100428	121676
10:30:01				2510	11510	14020	4536	18430	22965	7180	25440	32620	12548	44373	56921	16086	61375	77460	19097	79956	99053	21260	100725	121985
10:45:01				2524	11769	14293	4557	18439	22996	7299	25865	33164	12560	44669	57230	16136	61695	77832	19107	80289	99396	21269	101061	122331
11:00:01				2533	12007	14540	4577	18449	23026	7422	26341	33762	12573	44957	57530	16175	62038	78213	19118	80633	99751	21279	101410	122689
11:15:01				2618	12144	14762	4598	18458	23056	7541	26726	34267	12595	45219	57813	16215	62381	78596	19128	80963	100091	21288	101782	123070
11:30:01				2725	12283	15007	4618	18467	23086	7660	27050	34711	12606	45493	58099	16255	62712	78967	19138	81350	100488	21299	102135	123434
11:45:01				2759	12439	15198	4639	18477	23116	7779	27372	35151	12651	45771	58422	16301	63033	79335	19148	81748	100896	21310	102475	123785
12:00:01				2992	12591	15584	4660	18486	23146	7906	27716	35622	12679	46046	58725	16354	63337	79691	19158	82133	101292	21320	102808	124129
12:15:01				3116	12737	15853	4680	18495	23176	8036	28063	36099	12700	46329	59029	16407	63642	80049	19169	82503	101672	21331	103142	124473
12:30:01				3122	12882	16004	4701	18505	23206	8166	28407	36574	12722	46603	59325	16465	63945	80410	19180	82858	102038	21341	103464	124805
12:45:01				3128	13027	16156	4722	18514	23236	8296	28743	37038	12744	46884	59628	16498	64276	80774	19190	83215	102406	21352	103839	125191
13:00:01				3135	13173	16308	4742	18524	23266	8447	29080	37527	12920	47216	60135	16530	64590	81120	19201	83563	102764	21371	104199	125569
13:15:01				3141	13318	16459	4763	18534	23297	8594	29433	38026	12988	47533	60520	16570	64912	81482	19211	83915	103126	21416	104551	125967
13:30:01				3147	13463	16610	4784	18543	23327	8741	29764	38505	13010	47759	60769	16610	65235	81844	19221	84266	103487	21455	104899	126354
13:45:01				3153	13609	16762	4804	18553	23357	8874	30100	38974	13187	48084	61271	16647	65550	82197	19268	84608	103877	21490	105284	126774
14:00:01				3159	13779	16938	4825	18562	23387	9000	30434	39435	13328	48389	61717	16679	65850	82529	19281	84928	104209	21525	105688	127212
14:15:01				3165	13940	17105	4846	18572	23418	9151	30729	39880	13505	48658	62163	16782	66121	82903	19291	85245	104536	21584	106063	127647

14:30:01				3171	14091	17262	4866	18582	23448	9261	31002	40263	13624	48929	62553	16816	66394	83210	19300	85577	104877	21594	106424	128018
14:45:01				3177	14235	17413	4887	18591	23478	9367	31272	40639	13737	49223	62960	16848	66669	83516	19310	85948	105258	21604	106770	128374
15:00:01	16	176	192	3183	14372	17555	4908	18601	23508	9473	31576	41049	13858	49518	63375	16888	66947	83836	19320	86318	105638			
15:15:01	38	390	428	3189	14425	17614	4928	18610	23538	9577	31921	41497	14019	49871	63890	16932	67235	84167	19329	86638	105967			
15:30:01	75	608	683	3196	14477	17672	4949	18619	23568	9695	32250	41945	14155	50222	64377	16976	67530	84506	19339	86962	106301			
15:45:01	119	889	1007	3202	14529	17730	4969	18629	23599	9814	32592	42405	14174	50566	64741	17019	67849	84869	19349	87301	106650			
16:00:01	149	1186	1335	3208	14581	17789	4990	18638	23628	9933	32950	42884	14193	50937	65131	17069	68144	85212	19370	87638	107009			
16:15:01	180	1536	1716	3214	14637	17851	5011	18648	23658	10054	33345	43399	14205	51355	65561	17126	68407	85533	19394	87991	107385			
16:30:01	211	1891	2102	3220	14707	17927	5031	18657	23688	10166	33740	43906	14217	51772	65989	17177	68689	85865	19417	88336	107753			
16:45:01	244	2262	2506	3226	14779	18005	5052	18666	23718	10275	34142	44417	14227	52169	66397	17226	68963	86190	19440	88665	108105			
17:00:01	291	2650	2940	3232	14825	18058	5073	18675	23748	10386	34504	44890	14238	52572	66810	17271	69212	86484	19465	89011	108476			
17:15:01	340	3123	3463	3238	14885	18124	5093	18734	23827	10499	34906	45404	14263	52994	67258	17319	69553	86873	19488	89396	108884			
17:30:01	382	3628	4009	3244	14977	18222	5114	18823	23937	10623	35343	45965	14294	53452	67746	17368	69901	87268	19512	89820	109332			
17:45:01	425	4099	4524	3251	15069	18320	5134	18912	24046	10747	35784	46531	14306	53889	68195	17408	70242	87649	19535	90228	109763			
18:00:01	491	4555	5046	3257	15161	18418	5155	19001	24156	10857	36241	47099	14315	54337	68653	17439	70585	88024	19558	90671	110229			
18:15:01	701	4932	5633	3263	15254	18517	5176	19091	24267	10978	36696	47674	14325	54783	69108	17460	70930	88390	19612	91096	110708			
18:30:01	936	5312	6248	3269	15346	18616	5196	19183	24379	11087	37149	48236	14334	55210	69544	17483	71275	88757	19621	91513	111134			
18:45:01	1121	5680	6800	3275	15439	18715	5217	19274	24491	11174	37569	48743	14354	55595	69949	17522	71636	89158	19650	91912	111562			
19:00:01	1288	6031	7319	3281	15532	18814	5237	19365	24602	11198	37866	49064	14379	55804	70184	17628	72011	89638	19680	92323	112003			
19:15:01	1312	6291	7602	3288	15625	18913	5258	19455	24712	11220	38088	49309	14414	55894	70308	17672	72377	90049	19710	92690	112400			
19:30:01	1344	6520	7864	3294	15718	19012	5278	19545	24823	11242	38185	49428	14447	55983	70430	17713	72779	90492	19739	93059	112798			
19:45:01	1389	6750	8138	3312	16459	19771	5298	19635	24933	11264	38282	49546	14476	56072	70549	17751	73155	90906	19769	93425	113194			
20:00:01	1411	6860	8271	3333	16682	20015	5319	19725	25044	11286	38379	49665	14504	56162	70666	17784	73527	91311	19799	93793	113592			
20:15:01	1433	6952	8385	3353	16773	20126	5339	19815	25154	11308	38474	49782	14532	56251	70783	17814	73851	91665	19828	94173	114001			
20:30:01	1454	7045	8499	3374	16864	20238	5359	19906	25265	11330	38569	49898	14559	56341	70900	17845	74142	91988	19858	94600	114458			
20:45:01	1476	7137	8612	3395	16954	20348	5380	19996	25375	11352	38663	50015	14587	56431	71018	17875	74497	92372	19903	95004	114907			
21:00:01	1497	7230	8726	3415	17216	20631	5400	20086	25486	11373	38758	50131	14615	56521	71135	17906	74820	92725	19938	95339	115277			
21:15:01	1518	7275	8793	3436	17259	20695	5420	20128	25549	11395	38804	50200	14642	56563	71205	17935	75047	92982	19965	95410	115375			
21:30:01	1540	7287	8827	3457	17269	20726	5441	20139	25580	11417	38819	50236	14670	56573	71243	17962	75127	93089	19993	95420	115413			
21:45:01	1562	7300	8861	3478	17280	20757	5462	20149	25611	11439	38833	50272	14698	56583	71281	17989	75136	93126	20020	95430	115451			
22:00:01	1583	7310	8893	3498	17291	20789	5482	20160	25642	11461	38848	50308	14725	56593	71318	18016	75146	93163	20048	95441	115488			

22:15:01	1605	7320	8925	3519	17301	20820	5503	20171	25674	11483	38862	50345	14753	56603	71356	18043	75156	93200	20075	95451	115526			
22:30:01	1626	7329	8955	3539	17312	20851	5524	20181	25704	11505	38876	50381	14781	56612	71393	18070	75166	93236	20102	95461	115562			
22:45:01	1648	7338	8986	3560	17322	20882	5544	20190	25735	11527	38890	50416	14808	56622	71430	18097	75175	93273	20129	95470	115599			
23:00:01	1670	7348	9017	3581	17332	20912	5565	20200	25765	11549	38903	50452	14836	56631	71467	18124	75185	93309	20156	95480	115636			
23:15:01	1691	7357	9048	3601	17342	20943	5586	20210	25795	11571	38917	50488	14864	56640	71504	18151	75194	93345	20183	95489	115673			
23:30:01	1713	7367	9079	3622	17351	20973	5606	20220	25826	11593	38930	50523	14891	56649	71541	18178	75203	93382	20211	95499	115709			
23:45:01	1734	7376	9110	3642	17362	21003	5627	20230	25856	11615	38943	50558	14919	56659	71578	18205	75213	93418	20238	95508	115746			

Anexo 7. Datos de irradiancia del mes de enero.

FECHA HORA	1/1/2023	2/1/2023	3/1/2023	4/1/2023	5/1/2023	6/1/2023	7/1/2023	8/1/2023	9/1/2023	10/1/2023	11/1/2023	12/1/2023	13/1/2023	14/1/2023	15/1/2023	16/1/2023	17/1/2023	18/1/2023	19/1/2023	20/1/2023	21/1/2023	22/1/2023	23/1/2023	24/1/2023	25/1/2023	26/1/2023	27/1/2023	28/1/2023	29/1/2023	30/1/2023	31/1/2023		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	20	10	12	25	16	20	13	18	19	18	9,4	14	17	10	13	16	13	14	14	12	16	14	18	15	17	17	16	18	16	14	13		
7	171	71	107	223	122	144	101	93	77	101	75	141	167	78	114	115	98	131	113	123	134	101	162	128	147	188	213	222	195	149	151		
8	360	130	227	472	290	339	225	216	198	258	165	317	394	231	288	271	264	308	263	266	302	234	340	315	330	422	481	481	460	342	375		
9	467	202	417	685	415	507	227	304	322	362	331	408	569	472	424	437	384	436	383	432	411	396	476	325	446	613	701	690	713	518	565		
10	482	323	443	758	498	581	320	428	465	433	482	578	658	642	550	496	469	439	496	549	532	577	651	456	536	737	856	842	883	645	687		
11	481	305	551	766	536	609	435	446	588	456	495	432	670	616	555	574	514	385	490	630	521	499	607	440	613	720	833	981	894	598	592		
12	387	381	502	705	451	473	401	413	439	452	466	422	676	337	492	512	479	385	471	566	439	447	628	482	576	685	800	831	838	644	521		
13	334	449	436	607	428	276	260	408	411	434	318	362	586	272	352	543	368	353	318	455	400	353	461	436	507	613	664	696	719	558	476		
14	323	499	384	401	302	313	328	395	301	315	272	356	391	146	311	509	217	333	244	263	293	436	369	342	425	429	529	567	509	435	298		
15	168	341	263	348	229	167	170	281	246	261	153	244	293	277	293	324	116	235	73	294	205	370	280	204	297	356	366	427	379	286	261		
16	114	184	149	195	125	98	115	154	135	144	102	130	88	82	181	183	87	127	131	175	134	228	143	141	169	195	204	260	229	132	143		
17	44	62	61	63	52	52	52	50	51	43	43	46	44	39	64	67	24	45	46	73	30	84	74	56	62	73	77	106	87	43	29		
18	2,5	1,9	3,7	3,4	3,1	3,8	4,1	3,6	3,5	3,9	3,1	4,4	5,2	4,2	4,4	4,6	4	4,7	6,1	7	5,9	7,6	7,5	7,4	6,9	7,2	8,9	8,1	7,3	5,8	5,5		
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 8. Datos de irradiancia del mes de febrero.

FECHA HORA	1/2/2023	2/2/2023	3/2/2023	4/2/2023	5/2/2023	6/2/2023	7/2/2023	8/2/2023	9/2/2023	10/2/2023	11/2/2023	12/2/2023	13/2/2023	14/2/2023	15/2/2023	16/2/2023	17/2/2023	18/2/2023	19/2/2023	20/2/2023	21/2/2023	22/2/2023	23/2/2023	24/2/2023	25/2/2023	26/2/2023	27/2/2023	28/2/2023
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	13	14	15	13	13	14	14	13	14	14	13	14	13	15	13	13	12	13	16	15	13	11	11	13	14	14	14	14
7	84	160	162	160	139	103	142	165	174	133	116	128	118	126	122	131	70	83	164	144	93	79	94	184	164	175	104	116
8	202	355	359	367	287	256	303	362	378	275	245	292	257	231	222	298	149	220	362	315	235	226	214	426	340	416	268	295
9	309	467	582	526	473	372	327	484	478	346	278	329	361	274	313	485	338	374	509	460	328	366	350	563	546	600	530	465
10	375	583	764	702	535	574	577	594	574	364	329	470	453	468	444	543	531	504	565	607	346	398	393	747	731	652	622	481
11	411	628	752	704	539	497	589	596	671	403	374	439	463	548	517	600	673	573	646	539	479	454	471	788	751	682	559	502
12	436	597	766	657	532	490	537	630	591	360	415	428	492	439	508	613	724	522	659	562	495	441	492	701	779	515	517	518
13	305	535	709	621	410	462	500	491	572	284	445	330	338	385	491	505	524	307	671	472	418	322	367	519	729	579	480	462
14	352	465	501	478	224	391	439	400	452	293	382	346	242	346	398	335	499	368	476	379	269	252	300	402	505	450	327	431
15	241	374	342	362	226	333	341	276	344	347	312	276	219	288	269	312	390	313	325	287	213	225	272	349	396	311	251	316
16	137	225	203	221	132	208	208	142	203	195	173	162	136	127	144	183	252	172	189	163	128	128	167	217	240	196	152	190
17	54	103	84	103	72	105	98	65	74	72	56	69	57	45	58	62	91	100	69	56	37	48	58	93	95	95	52	67
18	5,1	8,5	8,1	9,4	8,5	9,5	9,8	7,1	7,6	9,1	8,3	7,9	7,6	7,7	7,9	9,5	9,1	10	8,8	6,7	5,2	6,2	7,3	8,3	7,2	8,9	5,8	7,9
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 9. Datos de irradiancia del mes de marzo.

FECHA HORA	1/3/2023	2/3/2023	3/3/2023	4/3/2023	5/3/2023	6/3/2023	7/3/2023	8/3/2023	9/3/2023	10/3/2023	11/3/2023	12/3/2023	13/3/2023	14/3/2023	15/3/2023	16/3/2023	17/3/2023	18/3/2023	19/3/2023	20/3/2023	21/3/2023	22/3/2023	23/3/2023	24/3/2023	25/3/2023	26/3/2023	27/3/2023	28/3/2023	29/3/2023	30/3/2023	31/3/2023	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	15	15	14	9,4	12	8,3	11	13	10	13	13	14	14	14	14	18	18	12	17	18	12	15	10	11	22	20	14	20	18	23	17	
7	149	133	102	96	98	99	105	165	87	154	82	147	140	92	153	186	218	83	184	172	105	133	71	83	151	139	90	189	82	176	93	
8	324	320	232	232	241	223	252	343	224	333	174	345	322	228	341	373	456	223	402	388	232	315	173	179	331	305	250	376	157	344	195	
9	436	411	282	372	342	331	346	541	317	437	278	541	431	295	528	566	651	396	585	499	466	505	307	284	486	436	375	528	304	458	251	
10	505	516	414	426	490	368	313	683	424	644	284	626	545	350	671	733	761	432	505	577	652	642	382	440	534	527	506	547	446	483	165	
11	533	533	484	460	468	475	335	678	528	627	418	688	628	349	750	767	818	652	420	662	675	688	503	459	609	557	512	585	513	438	358	
12	574	596	415	524	560	518	421	606	465	612	488	651	635	214	758	770	810	832	279	704	651	669	528	489	594	529	519	496	521	379	405	
13	532	504	402	455	518	401	406	346	280	324	259	420	471	181	570	285	543	602	320	561	450	418	423	255	427	411	350	287	409	355	301	
14	451	357	377	396	400	348	316	150	273	306	319	162	373	198	353	411	482	527	385	407	395	420	294	238	294	320	334	294	318	339	198	
15	365	298	331	331	339	261	258	86	157	123	222	127	156	132	300	147	380	399	226	289	300	188	274	147	269	318	257	193	279	292	196	
16	223	220	207	192	187	156	159	100	69	70	141	72	98	86	163	109	224	232	107	201	172	113	78	97	145	205	144	109	157	174	109	
17	104	97	90	74	77	46	63	37	32	19	56	33	37	46	43	35	84	80	45	61	65	43	23	29	55	56	60	29	48	68	61	
18	7,8	8,2	7,1	6,5	6,9	5,9	5,4	5,7	4,9	3,5	5,1	4,6	3,6	4,2	4,9	4,2	5,2	4,9	3,6	4	3,9	3,5	2,6	3,5	4,1	3,7	3,5	2,7	2,8	3,2	3	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 10. Datos de irradiancia del mes de abril.

FECHA HORA	1/4/2023	2/4/2023	3/4/2023	4/4/2023	5/4/2023	6/4/2023	7/4/2023	8/4/2023	9/4/2023	10/4/2023	11/4/2023	12/4/2023	13/4/2023	14/4/2023	15/4/2023	16/4/2023	17/4/2023	18/4/2023	19/4/2023	20/4/2023	21/4/2023	22/4/2023	23/4/2023	24/4/2023	25/4/2023	26/4/2023	27/4/2023	28/4/2023	29/4/2023	30/4/2023	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	24	24	24	19	23	19	25	14	31	25	30	18	24	22	21	18	16	14	24	14	23	28	15	34	29	34	23	30	27	30	
7	172	186	195	170	184	141	132	103	216	206	202	117	154	137	130	134	101	86	157	82	153	206	110	240	196	208	113	199	165	168	
8	364	373	392	361	385	309	288	244	395	417	389	272	346	298	282	283	310	107	348	216	334	412	215	482	404	426	256	398	340	353	
9	347	532	547	531	509	426	423	346	551	526	577	428	455	545	488	455	445	257	536	269	457	644	332	664	493	636	427	571	445	462	
10	465	549	678	603	580	460	476	547	659	621	634	547	624	602	620	531	562	410	662	375	527	710	436	739	678	734	545	604	504	513	
11	565	567	649	579	690	472	550	624	770	578	628	604	642	464	641	438	722	531	617	466	588	620	432	855	671	664	598	607	617	506	
12	593	519	589	484	586	477	561	601	705	567	605	576	519	485	580	469	617	640	537	355	514	547	411	811	638	539	555	628	545	449	
13	476	449	508	477	440	355	484	386	572	477	527	458	403	412	405	389	368	576	477	360	442	418	225	601	514	448	442	525	497	437	
14	389	377	424	385	273	269	457	212	368	441	446	427	347	359	318	258	324	551	313	337	264	265	291	465	416	353	350	403	382	378	
15	302	189	267	244	185	239	338	103	238	332	305	267	285	247	204	174	150	379	230	283	116	135	120	282	287	225	264	298	287	224	
16	158	105	116	138	73	101	212	112	136	200	195	132	140	144	125	80	107	207	132	181	55	67	54	119	140	120	132	119	161	124	
17	63	44	51	48	23	41	63	46	42	58	62	45	41	38	40	22	31	59	48	53	25	21	14	47	55	43	48	48	52	41	
18	3,6	2,2	2	2,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 11. Datos de irradiancia del mes de mayo.

FECHA HORA	1/5/2023	2/5/2023	3/5/2023	4/5/2023	5/5/2023	6/5/2023	7/5/2023	8/5/2023	9/5/2023	10/5/2023	11/5/2023	12/5/2023	13/5/2023	14/5/2023	15/5/2023	16/5/2023	17/5/2023	18/5/2023	19/5/2023	20/5/2023	21/5/2023	22/5/2023	23/5/2023	24/5/2023	25/5/2023	26/5/2023	27/5/2023	28/5/2023	29/5/2023	30/5/2023	31/5/2023
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	22	30	23	28	32	30	34	37	20	32	31	33	27	20	22	28	37	40	28	22	29	33	19	29	16	24	24	0	33	29	24
7	112	190	147	189	189	194	248	234	106	190	227	215	152	116	130	162	234	222	186	115	140	235	110	182	113	164	168	0	223	195	122
8	262	363	269	391	362	388	466	421	168	350	422	386	322	250	284	303	406	388	298	263	270	430	245	344	249	333	315	0	414	355	264
9	369	469	449	520	521	554	590	607	246	478	564	507	508	275	424	411	576	473	334	333	276	547	301	466	363	391	361	0	609	446	288
10	542	662	545	622	605	655	723	695	299	523	637	576	551	407	503	485	703	553	482	372	422	644	284	489	578	506	385	0	639	483	464
11	624	690	571	576	589	578	763	792	289	517	637	571	578	510	539	490	739	572	452	433	428	583	490	537	581	561	376	0	604	461	528
12	450	674	532	526	494	401	681	684	352	511	504	552	559	458	467	509	729	474	469	436	375	566	370	574	557	546	508	0	552	516	367
13	462	597	499	445	442	390	554	530	372	452	448	454	498	363	443	468	625	426	498	375	430	481	360	510	427	431	473	0	462	450	234
14	373	476	414	406	402	382	408	404	408	195	339	322	376	330	388	399	497	397	405	315	338	406	384	365	369	377	380	0	322	381	265
15	283	355	267	261	290	276	305	316	316	93	126	239	291	224	269	310	335	286	259	185	204	273	218	259	230	312	277	0	241	259	218
16	176	203	180	173	179	151	125	217	160	40	74	129	174	104	166	165	214	191	121	72	102	142	111	137	149	177	181	0	137	171	132
17	55	90	55	53	52	66	31	76	39	12	34	30	56	46	46	55	76	60	42	29	36	43	37	36	49	57	66	0	47	67	47
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 12. Datos de irradiancia del mes de junio.

FECHA HORA	1/6/2023	2/6/2023	3/6/2023	4/6/2023	5/6/2023	6/6/2023	7/6/2023	8/6/2023	9/6/2023	10/6/2023	11/6/2023	12/6/2023	13/6/2023	14/6/2023	15/6/2023	16/6/2023	17/6/2023	18/6/2023	19/6/2023	20/6/2023	21/6/2023	22/6/2023	23/6/2023	24/6/2023	25/6/2023	26/6/2023	27/6/2023	28/6/2023	29/6/2023	30/6/2023
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	18	23	26	18	23	24	26	24	22	21	28	31	34	30	26	25	28	30	31	29	29	28	20	18	13	18	19	24	21	25
7	130	147	162	111	154	147	169	151	137	151	190	233	220	180	142	84	178	214	236	213	193	190	127	132	94	141	171	189	155	176
8	288	306	319	228	309	249	344	304	287	308	366	444	430	356	298	193	345	400	467	410	360	369	272	287	229	291	349	370	318	331
9	333	436	487	397	412	362	336	450	423	435	493	589	588	449	433	307	496	606	613	603	469	518	394	378	342	372	509	498	447	380
10	428	519	656	529	459	444	519	489	457	466	568	696	712	630	493	407	544	769	746	751	586	577	482	547	441	490	559	590	490	466
11	487	542	674	620	561	453	456	455	434	485	559	683	669	589	474	470	644	810	811	739	606	702	543	540	454	469	529	590	580	448
12	412	396	665	593	540	432	410	419	444	474	523	577	590	509	472	521	617	706	818	684	582	677	446	512	453	444	481	542	561	396
13	390	436	574	474	427	376	436	476	452	467	474	546	526	462	416	461	542	751	729	623	507	587	494	444	430	368	430	457	503	356
14	304	380	426	409	381	350	367	388	345	428	371	428	437	350	363	378	478	613	643	500	422	483	384	349	319	330	356	396	417	311
15	185	260	293	298	300	248	265	258	250	274	253	301	346	250	219	263	354	441	452	352	301	272	271	276	265	231	257	323	338	232
16	105	145	137	186	178	149	145	119	146	159	136	172	231	152	116	153	212	273	331	207	185	157	147	170	155	143	165	199	217	131
17	37	58	42	65	67	44	61	39	62	45	59	67	89	58	39	55	85	101	117	76	77	56	52	57	50	51	70	85	90	48
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 13. Datos de irradiancia del mes de julio.

FECHA HORA	1/7/2023	2/7/2023	3/7/2023	4/7/2023	5/7/2023	6/7/2023	7/7/2023	8/7/2023	9/7/2023	10/7/2023	11/7/2023	12/7/2023	13/7/2023	14/7/2023	15/7/2023	16/7/2023	17/7/2023	18/7/2023	19/7/2023	20/7/2023	21/7/2023	22/7/2023	23/7/2023	24/7/2023	25/7/2023	26/7/2023	27/7/2023	28/7/2023	29/7/2023	30/7/2023	31/7/2023	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	15	19	16	23	19	18	12	16	12	21	16	20	15	19	18	18	15	16	23	21	19	17	18	17	18	17	21	18	17	18	19	
7	101	148	139	212	178	124	97	112	127	142	102	155	132	136	126	153	114	139	204	158	169	161	159	128	164	183	175	159	152	162	175	
8	238	299	305	424	358	242	225	241	285	266	224	312	316	285	270	309	247	299	402	325	346	335	316	295	349	403	357	334	312	321	352	
9	314	542	453	568	509	312	318	419	423	378	346	463	427	411	377	424	376	386	557	373	437	453	467	475	403	623	517	447	438	417	512	
10	433	645	476	669	558	474	426	563	528	528	416	540	631	517	489	428	378	621	681	580	515	567	542	591	583	731	618	552	566	544	609	
11	504	632	442	560	501	478	464	583	532	584	522	575	660	497	566	496	497	729	686	624	646	650	590	612	605	800	667	612	607	591	629	
12	535	439	469	479	515	539	456	596	326	527	467	544	578	398	593	547	434	760	685	539	638	557	585	603	495	800	634	626	625	586	551	
13	468	361	455	502	427	488	424	521	392	459	481	433	539	375	494	525	407	720	563	554	621	553	501	516	441	700	568	519	529	428	438	
14	432	342	374	443	252	395	375	408	398	398	401	416	526	355	380	452	354	625	494	467	590	445	445	409	408	489	451	412	417	418	359	
15	317	219	245	324	121	277	274	268	273	296	294	366	427	290	328	280	241	474	386	416	397	342	349	289	292	336	267	305	270	314	301	
16	204	135	121	196	101	152	166	169	156	188	176	225	245	170	188	166	143	308	252	315	228	198	225	185	179	192	143	198	186	212	202	
17	84	61	37	73	40	47	60	58	50	76	81	84	88	53	81	59	67	107	93	108	81	77	92	73	61	63	50	77	67	67	86	
18	0	0	2,8	2,9	2,6	2,3	2,6	2,9	2,9	3,4	3,7	3,8	3,8	2,9	3,8	3,5	3,5	4,2	4,2	4,6	4	3,8	4	3,5	3,8	3,6	3	4,2	4	3,9	3,9	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 14. Datos de irradiancia del mes de agosto.

FECHA HORA	1/8/2023	2/8/2023	3/8/2023	4/8/2023	5/8/2023	6/8/2023	7/8/2023	8/8/2023	9/8/2023	10/8/2023	11/8/2023	12/8/2023	13/8/2023	14/8/2023	15/8/2023	16/8/2023	17/8/2023	18/8/2023	19/8/2023	20/8/2023	21/8/2023	22/8/2023	23/8/2023	24/8/2023	25/8/2023	26/8/2023	27/8/2023	28/8/2023	29/8/2023	30/8/2023	31/8/2023
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	19	19	19	23	24	15	14	11	12	23	17	26	22	19	17	23	25	26	26	12	18	18	22	18	20	27	35	23	25	34	35
7	134	156	196	183	178	111	129	82	97	181	151	195	167	123	143	183	213	228	220	98	98	87	196	129	165	225	260	159	184	257	228
8	266	344	390	354	358	277	287	192	221	382	341	378	358	251	326	367	427	476	477	237	238	231	420	293	351	480	525	340	402	520	409
9	315	462	548	510	505	401	419	326	345	629	436	515	423	393	425	534	617	673	676	372	323	358	641	472	408	702	743	357	522	710	571
10	555	588	714	602	632	578	531	477	425	809	586	619	556	504	456	625	788	761	810	495	400	375	732	668	540	875	859	563	695	891	650
11	597	646	771	614	665	635	518	530	451	873	660	675	562	636	493	809	827	833	763	599	487	386	795	732	472	923	952	615	787	949	723
12	568	662	675	525	516	634	498	587	467	829	633	669	554	737	452	817	763	826	775	582	447	423	763	716	568	833	931	594	806	906	748
13	442	559	539	389	532	544	402	509	350	784	513	616	429	635	419	641	586	715	612	462	471	377	695	525	477	795	763	498	739	723	542
14	349	475	503	462	433	421	376	474	358	645	367	448	362	428	339	448	476	532	498	411	368	231	536	420	365	557	605	380	558	660	439
15	282	367	380	319	298	248	266	356	206	469	294	362	251	299	269	346	366	372	282	277	203	226	396	262	299	354	388	313	411	455	313
16	164	235	241	208	206	165	118	197	113	285	191	226	156	146	136	211	246	245	172	148	104	143	225	145	158	219	251	171	232	286	205
17	69	95	99	120	79	47	48	64	60	108	62	87	54	65	49	73	85	101	43	40	36	46	80	53	62	98	79	69	94	102	89
18	3,6	4,6	4,2	4,6	3,7	3,6	3,3	3,1	3,3	4,2	3,2	3,8	3,3	3,3	2,7	3,3	3,4	3,7	2,3	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 15. Datos de irradiancia del mes de septiembre.

FECHA HORA	1/9/2023	2/9/2023	3/9/2023	4/9/2023	5/9/2023	6/9/2023	7/9/2023	8/9/2023	9/9/2023	10/9/2023	11/9/2023	12/9/2023	13/9/2023	14/9/2023	15/9/2023	16/9/2023	17/9/2023	18/9/2023	19/9/2023	20/9/2023	21/9/2023	22/9/2023	23/9/2023	24/9/2023	25/9/2023	26/9/2023	27/9/2023	28/9/2023	29/9/2023	30/9/2023	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	33	35	30	27	19	36	44	39	29	29	26	49	40	32	27	33	39	40	30	31	40	52	46	36	40	51	57	55	53	38	
7	236	222	227	188	136	255	267	251	174	146	136	277	249	172	162	198	274	165	160	178	237	237	249	166	215	287	305	268	216	169	
8	445	470	465	406	292	508	497	496	341	283	291	539	481	357	317	409	530	326	323	362	477	428	466	326	431	542	580	509	397	338	
9	589	639	618	426	372	731	734	695	383	444	441	763	690	551	452	514	739	306	470	524	606	594	555	400	586	736	811	696	511	336	
10	695	712	671	502	425	839	904	838	589	512	625	940	818	623	547	781	870	579	602	681	781	680	799	419	747	794	940	837	607	611	
11	819	708	626	499	536	922	967	932	616	567	744	###	920	793	573	817	926	590	715	671	797	720	897	503	778	760	995	809	724	627	
12	765	658	564	526	540	912	989	988	642	528	637	955	916	681	557	780	896	653	695	611	700	596	852	576	634	648	797	750	770	480	
13	640	566	393	372	482	820	845	851	491	334	681	784	738	418	442	633	729	504	606	579	483	612	646	395	404	540	659	503	554	354	
14	507	380	392	349	438	716	622	689	438	294	530	588	536	371	364	504	496	394	524	522	420	476	378	365	142	441	454	231	426	320	
15	316	322	235	299	350	532	504	510	324	202	374	366	346	320	287	329	325	256	319	366	239	364	320	324	67	251	225	94	322	244	
16	187	145	140	164	198	326	300	301	185	130	209	185	197	220	148	173	179	135	164	189	96	231	158	171	80	145	101	47	193	155	
17	61	48	48	74	62	109	101	110	67	41	67	71	61	50	39	57	56	42	55	55	42	85	58	63	31	52	52	32	74	48	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 16. Datos de irradiancia del mes de octubre.

FECHA HORA	1/10/2023	2/10/2023	3/10/2023	4/10/2023	5/10/2023	6/10/2023	7/10/2023	8/10/2023	9/10/2023	10/10/2023	11/10/2023	12/10/2023	13/10/2023	14/10/2023	15/10/2023	16/10/2023	17/10/2023	18/10/2023	19/10/2023	20/10/2023	21/10/2023	22/10/2023	23/10/2023	24/10/2023	25/10/2023	26/10/2023	27/10/2023	28/10/2023	29/10/2023	30/10/2023	31/10/2023	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	44	49	53	59	43	54	55	42	35	36	43	46	58	27	63	50	42	42	58	47	53	60	32	71	56	39	37	35	27	71	41	
7	231	243	283	302	203	249	199	187	155	186	187	203	255	116	226	193	186	163	252	199	214	257	169	288	224	166	144	158	134	250	174	
8	456	469	556	564	410	460	398	336	295	336	350	402	498	214	410	362	384	318	464	370	384	477	265	529	423	298	273	302	259	503	340	
9	652	666	649	781	540	690	604	436	503	517	526	651	680	310	519	469	530	501	621	490	587	677	372	710	626	400	372	385	332	740	499	
10	741	760	761	885	662	836	720	517	533	677	734	721	777	376	643	573	784	670	661	533	671	750	439	755	656	464	547	464	523	825	534	
11	686	739	762	964	686	787	793	551	601	586	757	732	750	493	545	653	812	651	689	505	650	763	640	711	598	503	497	482	790	753	604	
12	549	683	702	920	631	777	719	571	668	501	798	582	553	671	387	572	722	550	621	483	578	741	609	626	516	363	500	485	565	609	493	
13	380	573	555	686	547	654	540	510	522	217	638	506	457	871	354	447	601	495	544	441	476	646	497	501	421	297	396	310	475	487	435	
14	352	396	365	493	397	375	395	386	332	193	502	353	201	553	359	384	450	412	320	291	387	468	340	404	239	296	332	249	439	243	318	
15	221	250	282	311	259	252	331	283	246	133	370	92	133	299	246	287	274	345	247	237	257	292	166	212	145	196	236	147	261	124	158	
16	120	137	144	161	120	105	177	124	105	127	184	113	75	133	132	157	101	192	111	139	127	127	88	96	77	64	101	72	116	68	68	
17	56	52	39	42	35	41	37	37	34	28	45	30	28	50	31	50	36	62	42	31	38	32	36	32	27	27	29	28	32	25	25	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0


Anexo 17. Datos de irradiancia del mes de noviembre.

FECHA HORA	1/11/2023	2/11/2023	3/11/2023	4/11/2023	5/11/2023	6/11/2023	7/11/2023	8/11/2023	9/11/2023	10/11/2023	11/11/2023	12/11/2023	13/11/2023	14/11/2023	15/11/2023	16/11/2023	17/11/2023	18/11/2023	19/11/2023	20/11/2023	21/11/2023	22/11/2023	23/11/2023	24/11/2023	25/11/2023	26/11/2023	27/11/2023	28/11/2023	29/11/2023	30/11/2023
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	59	66	85	45	60	52	63	56	54	56	56	56	74	68	34	47	75	64	73	34	45	37	65	20	49	52	43	53	45	50
7	237	290	337	170	267	198	227	213	202	220	211	231	260	267	155	168	276	257	294	164	190	156	280	103	205	231	193	190	192	220
8	442	543	582	301	470	395	406	413	372	405	381	399	458	447	275	312	481	485	498	336	374	353	529	237	405	429	390	330	350	337
9	644	712	715	493	637	559	560	491	519	524	560	515	588	527	448	427	616	672	671	572	495	622	678	396	479	591	457	474	458	447
10	667	779	828	539	738	604	651	631	580	579	581	673	661	602	548	558	762	793	762	710	458	753	745	453	489	671	616	557	450	500
11	700	737	801	569	691	452	642	657	596	629	658	553	612	574	524	803	749	818	832	753	528	719	670	459	461	685	570	521	468	640
12	639	654	690	432	612	395	557	589	508	644	577	465	586	403	536	781	716	817	716	742	535	644	549	508	414	610	469	529	469	513
13	430	546	531	380	481	363	484	555	442	548	414	349	456	421	448	564	440	686	553	675	428	395	377	348	338	528	396	406	443	500
14	356	373	438	254	271	363	419	425	401	409	406	357	373	347	333	491	321	569	361	464	247	350	341	232	255	315	396	356	403	385
15	133	209	288	231	154	243	256	291	251	322	294	228	281	295	252	316	241	375	196	319	207	208	207	170	183	299	268	217	261	302
16	52	113	141	89	77	109	148	155	134	180	153	114	149	102	141	147	122	206	68	170	88	122	73	111	96	197	149	114	145	193
17	26	36	39	29	28	41	54	50	35	55	58	52	66	38	31	44	46	58	35	46	46	29	31	35	32	76	60	36	59	66
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

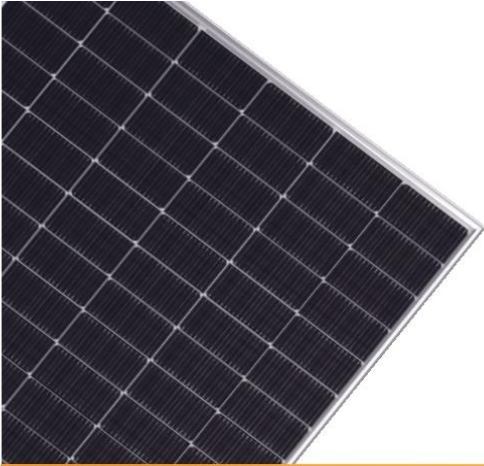
Anexo 18. Datos de irradiancia del mes de diciembre.

FECHA HORA	1/12/2023	2/12/2023	3/12/2023	4/12/2023	5/12/2023	6/12/2023	7/12/2023	8/12/2023	9/12/2023	10/12/2023	11/12/2023	12/12/2023	13/12/2023	14/12/2023	15/12/2023	16/12/2023	17/12/2023	18/12/2023	19/12/2023	20/12/2023	21/12/2023	22/12/2023	23/12/2023	24/12/2023	25/12/2023	26/12/2023	27/12/2023	28/12/2023	29/12/2023	30/12/2023	31/12/2023	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	42	55	57	56	50	33	37	52	49	49	51	46	46	47	31	22	19	29	26	39	36	22	18	29	22	21	30	21	26	31	17	
7	172	236	255	224	217	157	153	229	192	198	207	167	121	209	117	115	46	160	129	234	246	134	70	181	114	107	174	161	196	201	127	
8	354	411	480	437	400	317	312	416	335	407	365	328	220	423	266	217	174	327	300	448	494	287	197	373	260	238	331	343	413	420	302	
9	460	502	638	542	452	417	337	499	307	507	481	384	315	516	366	295	246	494	503	607	578	460	299	507	383	389	410	469	616	627	426	
10	504	705	759	673	512	344	483	586	493	576	489	487	338	553	471	430	268	524	503	717	725	578	327	684	461	500	435	570	693	764	549	
11	484	744	706	711	459	412	517	603	561	542	602	524	412	492	469	490	388	541	532	679	760	580	314	662	463	497	386	571	735	728	568	
12	436	687	636	642	468	226	452	529	528	481	532	515	444	375	421	528	423	444	581	572	678	541	336	567	447	451	463	448	654	643	507	
13	467	485	613	540	393	236	416	423	516	454	531	447	369	296	368	408	416	161	493	448	474	504	298	467	388	308	440	405	486	537	349	
14	361	441	513	423	324	235	295	385	439	363	469	327	339	272	352	302	378	221	519	403	355	360	162	446	315	223	349	213	413	435	247	
15	295	285	330	296	232	214	247	265	299	268	330	227	246	232	201	240	325	218	359	209	288	295	189	321	255	119	223	170	279	304	123	
16	159	140	164	185	123	116	129	142	163	162	192	125	135	105	127	125	171	123	192	104	141	104	103	165	142	92	130	39	166	167	87	
17	62	55	69	73	63	35	61	60	74	57	85	72	70	51	45	56	51	39	49	34	37	44	32	61	57	28	43	24	56	55	26	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,8	2,6
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

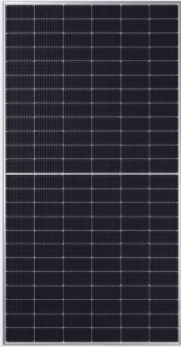
Anexo 19.Datos del panel solar (hoja 1)



RESUN
RESUN SOLAR ENERGY CO.,LTD.



WWW.RESUNSOLAR.COM



144 Cells
Mono N-Type/Topcon 16BB


565-590W
Power Output

22.84%
The Highest Efficiency


0~+5W
Tolerance

RS81-M (N-TYPE/TOPCON)


RS81-M HALF-CELL series is produced with N-Type high efficiency SMBB cells, which can reduce the module internal power loss to improve its conversion efficiency, as well as lower the failure risk caused by cracks and broken busbar to enhance the module reliability. Combined with half-cell technology, the module is highly resistant to hot-spot crisis caused by shadow effect.

- 


High Reliability

SMBB technology can effectively reduce the reliability risk caused by cells cracks and broken busbar.
- 


Anti-PID Resistance

Prominent anti-PID performance reduces the power degradation, leading to higher energy yield and lower LCOE.
- 


Durability Against Extreme Conditions

Certified to resist high salt mist and ammonia conditions.
- 

High Efficiency

SMBB technology can reduce the module internal power loss to improve the module conversion efficiency significantly.
- 







Low-Light Performance

With high transmittance and anti-reflective 3.2mm tempered glass, the module has stronger performance under low light circumstances.
- 


High Mechanical Strength

Certified to withstand: high wind load(2400Pa) and snow load(5400Pa).

Full range of products and certification systems
ISO 9001/14001 TUV PID-FREE CE IEC 61215/61730/61701/62716

0.5% Annual Degradation over 30 years



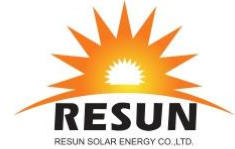
LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

15 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

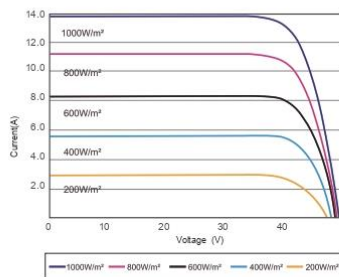
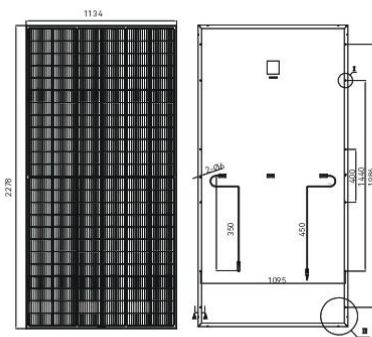
Anexo 20. Datos del panel solar (hoja 2)

RS81-M (N-TYPE/TOPCON)

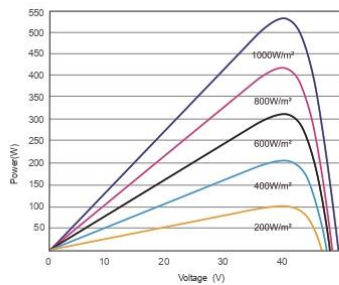


GLOBAL PROFESSIONAL PV PRODUCTS INTEGRATED SOLUTIONS SUPPLIER

Dimension of PV Modules Unit: mm



I-V CURVES OF PV MODULE(550W)



P-V CURVES OF PV MODULE(550W)

Address: Room 606, No.13, Yongshang Garden, Jinfeng Road,
Mudu Town, Wuzhong District, Suzhou, Jiangsu Province, China
E-mail: info@resunsolar.com
Tel: +86 512-66292101

Electrical Data(STC)

	565	570	575	580	585	590
Rated Power In Watts-Pmax(Wp)	565	570	575	580	585	590
Open Circuit Voltage-Voc(V)	50.20	50.35	50.50	50.65	50.80	50.95
Short Circuit Current-Isc(A)	14.14	14.21	14.28	14.35	14.42	14.49
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	42.26	42.42	42.57	42.72	42.87	43.01
Maximum Power Current-Imp(A)	13.37	13.44	13.51	13.58	13.65	13.72
Module Efficiency(%)	21.87%	22.07%	22.26%	22.45%	22.65%	22.84%

STC: irradiance 1000W/m², component temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3

Electrical Data(NOCT)

	428	432	436	440	444	448
Rated Power In Watts-Pmax(Wp)	428	432	436	440	444	448
Open Circuit Voltage-Voc(V)	46.98	47.11	47.33	47.46	47.59	47.72
Short Circuit Current-Isc(A)	11.28	11.32	11.36	11.40	11.44	11.48
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	39.88	40.09	40.30	40.51	40.62	40.83
Maximum Power Current-Imp(A)	10.73	10.78	10.82	10.87	10.93	10.97

NMOT: irradiance 800W/m², ambient temperature 20°C, Air Mass AM1.5, wind speed 1m/s

Mechanical Data

Solar Cells	Mono N-type 182*91mm, 16 BB
Cell Configuration	144cells(6*24)
Module Dimensions	2278 *1134*35mm/30mm
Weight	28.6kg/27.2kg
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
J-Box	IP68,3 diodes
Cable	4mm ² (IEC)/12AWG(UL), 1400mm or customized length
Connectors	MC4 or MC4 Compatible

Temperature & Maximum ratings

Nominal Operating Cell Temperature(NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.26%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.048%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.32%/°C
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V(IEC)/1500V(UL)
Max Series Fuse Rating	25A
Limiting Reverse Current	25A

Packaging Configuration

	40HQ
Number of modules per container	620/720pcs
Package	31/36pcs/pallet
Package Number	20pallets
Package Dimension	2310*1130*1270mm/pallet

Anexo 21. Datos de las baterías (hoja 1)

BATERIA SELLADA 12V-200AH REF. FL122000GS

POWEST®

Especificaciones



Aplicaciones

- De uso múltiple.
- Fuente de alimentación. Ininterrumpida (UPS).
- Sistema de potencia Eléctrica (EPS).
- Alimentación de reserva de emergencia.
- Luz de emergencia.
- Señal ferroviaria.
- Señal de aeronaves.
- Alarma y sistema de seguridad.
- Aparatos y equipos electrónicos.
- Fuente de alimentación comunicación.
- Fuente de alimentación DC.
- Sistema de control automático.

Voltaje Nominal	12V
Capacidad Nominal (20 Hr)	200.0 Ah
Dimensiones	Longitud 522.0±3mm (20.55 ") Ancho 240±2mm (9.45 ") Altura 218.0±3mm (8.58 ") Altura Total 224.0±3mm (8.81 ")
Peso Aproximado	Aprox. 59.8 kg (131.9 lbs)
Terminal	T11-M8
Material del Envase	ABS UL 94-HB (retardante de llama UL94V-0)
Rango de Operación	208.0 AH/10.4 A (20hr, 1.80V/Celda, 25° C/77°F) 200.0 AH/20.0A (10hr, 1.80V/Celda, 25° C/77°F) 172.0 AH/34.4A (5hr, 1.75V/Celda, 25° C/77°F) 156.0 AH/52.0A (3hr, 1.75V/Celda, 25° C/77°F) 122.0 AH/122.0A (1hr, 1.60V/Celda, 25° C/77°F)
Máxima Corriente de Descarga	2000A(5s)
Resistencia Interna	Aprox. 2.7mΩ
Rango de Temperatura de Operación	Descarga -15~50°C (5~122°F) Carga 0~40°C (32~104°F) Almacenamiento -15~40°C (5~104°F)
Rango Nominal de Temp. de Operación	25±3°C (77±5°F)
Ciclo de Uso	Corriente de carga inicial de menos de 60.0A. Voltage. 14.4V ~ 15.0V a 25° C (77° F) de temperatura. Coeficiente -30mV/°C
Modo Espera	No hay límite en la carga inicial de tensión actual. 13.5V ~ 13.8V a 25°C (77°F) Temp. Coeficiente -20mV/°C
Capacidad Afectada por la temperatura	40°C (104°F) 103% 25°C (77°F) 100% 0°C (32°F) 86%
Auto- descarga	Las Baterías de la serie POWEST GS se pueden almacenar durante un máximo de 6 meses a 25°C (77°F) y luego se requiere una carga de reposición. Para temperaturas más altas del intervalo de tiempo será más corto.

Corriente Constante de Descarga (Amperios) a 25 °C (77 °F)

V/Tiempo	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85WCelda	278,4	240,0	204,6	154,8	115,1	94,3	60,1	46,2	37,6	31,3	27,2	22,1	18,9	10,3
1.80WCelda	343,9	282,4	235,8	179,5	133,9	105,6	65,5	50,6	40,6	33,6	29,2	23,4	20,0	10,4
1.75WCelda	377,8	302,0	250,2	189,2	139,0	110,5	68,0	52,0	41,7	34,5	30,0	23,8	20,2	10,5
1.70WCelda	411,8	322,5	264,0	196,4	144,5	114,0	70,7	53,5	42,7	35,3	30,6	24,2	20,4	10,7
1.65WCelda	444,4	342,9	281,4	204,6	148,1	117,8	72,7	55,8	44,2	36,3	31,3	24,7	20,8	10,8
1.60WCelda	476,4	366,7	297,6	216,0	154,4	122,0	75,1	57,5	45,5	37,3	32,0	25,1	21,0	10,9

Potencia Constante de Descarga (Vatios/celda) a 25 °C (77°F)

V/Tiempo	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85WCelda	514,3	447,8	385,7	295,0	221,3	181,9	116,6	90,1	73,4	61,3	53,5	43,6	37,4	20,4
1.80WCelda	627,7	519,9	438,0	336,9	255,4	202,6	126,4	98,1	78,9	65,5	57,2	46,1	39,5	20,6
1.75WCelda	678,7	549,2	460,2	352,2	262,5	211,0	130,6	100,5	80,7	67,2	58,6	46,8	39,9	20,7
1.70WCelda	723,0	578,2	482,0	363,5	272,0	217,0	135,6	103,1	82,6	68,6	59,7	47,4	40,2	21,1
1.65WCelda	773,1	610,1	509,9	375,7	276,3	222,7	138,5	107,0	85,1	70,2	60,8	48,4	41,0	21,4
1.60WCelda	809,8	641,7	533,4	393,8	286,4	229,4	142,5	109,8	87,3	72,0	61,9	49,0	41,4	21,5

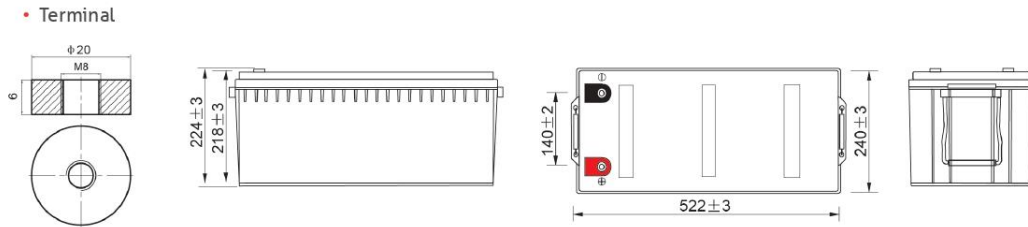
www.powest.com

Anexo 22. Datos de las baterías (hoja 2)

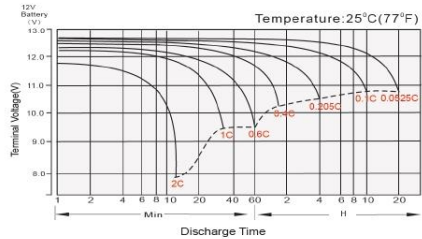
BATERIA SELLADA 12V-200AH REF. FL122000GS



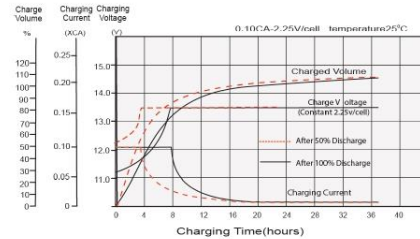
Dimensiones (mm)



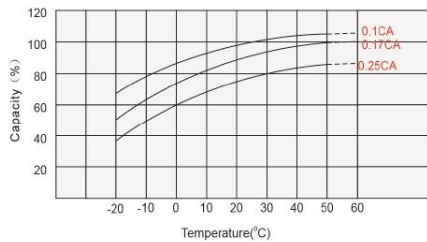
Características de Descarga



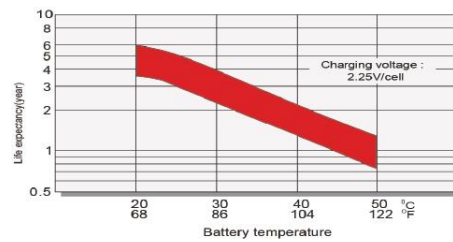
Características de Carga en flotación



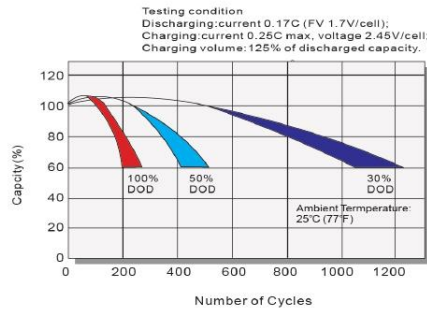
Efectos de la temperatura en relación con la capacidad de la batería



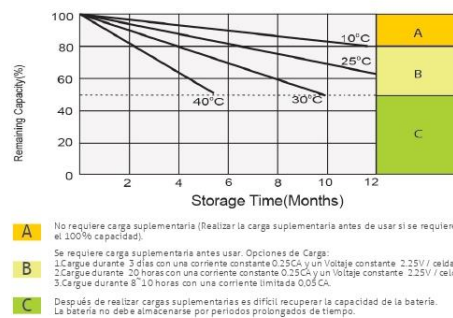
Efecto de la temperatura sobre la vida útil de la batería en flotación



Ciclo de vida en relación a la profundidad de descarga



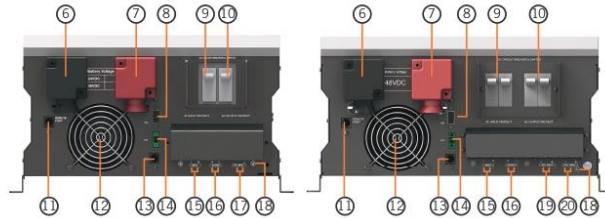
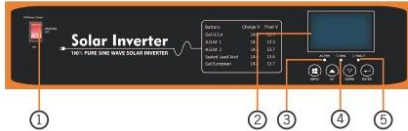
Características de Auto-descarga



Anexo 23. Datos del inversor

MUST®

PV3500 PRO Series (4KW-12KW)
Low Frequency Solar Inverter



1. Switch ON/OFF
2. LCD display
3. AC/Inverter indicator
4. Charging indicator
5. Fault indicator
6. BAT-
7. BAT+

8. WIFI/USB communication port
9. AC input/Bypass breaker
10. AC output breaker
11. Remote control port
12. Fan
13. BTS
14. AGS

15. AC input
16. AC output
17. PV input
18. Ground
19. PV2 input (optional)
20. PV1 input

MODEL		PV35 PRO-4K		PV35 PRO-5K		PV35 PRO-6K		PV35 PRO-8K		PV35 PRO-10K		PV35 PRO-12K	
Nominal Battery System Voltage		24V	48V	24V	48V	48V	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC	48VDC
INVERTER OUTPUT	Rated power	4KW	5KW	6KW	8.0KW	10.0KW	12.0KW	12.0KW	12.0KW	12.0KW	12.0KW	12.0KW	12.0KW
	Surge rating(20ms)	12KW	15KW	18KW	24KW	30KW	36KW	36KW	36KW	36KW	36KW	36KW	36KW
	Capable of starting electric motor	2HP	2HP	3HP	4HP	5HP	6HP	6HP	6HP	6HP	6HP	6HP	6HP
	Waveform	Pure sine wave / same as input (bypass mode)											
	Nominal output voltage RMS	220V / 230V / 240VAC (+/-10%RMS)											
	Output frequency	50Hz / 60Hz +/- 0.3Hz											
	Inverter efficiency(peak)	>85%						>88%					
	Line mode efficiency	>95%											
	Power factor	1.0											
	Typical transfer time	20ms(max)											
AC INPUT	Voltage	230VAC											
	Selectable voltage range	90-280 VAC (APL)											
BATTERY	Frequency range	50Hz / 60Hz											
	Low battery voltage cutoff	20-24VDC for 24VDC mode (40-48VDC for 48VDC mode)											
	Low battery voltage recover	21-25VDC for 24VDC mode (42-50VDC for 48VDC mode)											
	High battery voltage cutoff	30VDC for 24VDC mode (60VDC for 48VDC mode)											
AC CHARGER	High battery voltage recover	28.5VDC for 24VDC mode (57VDC for 48VDC mode)											
	Idle consumption-search mode	<30W when power saver on						<60W when power saver on					
	Output voltage	Depends on battery type											
	Charger AC input breaker rating	40A	40A	50A	80A	80A	80A	80A	80A	80A	80A	80A	80A
BTS	Overcharge protection S.D.	31.4VDC for 24VDC mode (62.8VDC for 48VDC mode)											
	Maximum charge current	80A	60A	100A	70A	80A	100A	120A	140A	140A	140A	140A	140A
BYPASS & PROTECTION	Continuous output power	Yes Variances in charging voltage & S.D. voltage base on the battery temperature											
	Input voltage waveform	Sine wave (grid or generator)											
	Nominal input frequency	50Hz or 60Hz											
	Overload protection (SMPS Load)	Circuit breaker											
SOLAR CHARGER	Output short circuit protection	Circuit breaker											
	Bypass breaker rating	40A						63A					
	Max bypass current	40Amp						80Amp					
	Maximum PV charge current	80A						100A(200A optional)					
MECHANICAL SPECIFICATIONS	DC voltage	24V/48V Auto work											
	Maximum PV array power	2000W	4000W	2000W	4000W	4000W	5000W(10000W for 200A optional)	48V					
	MPPT range @ operating voltage(VDC)	32-145VDC for 24V mode,64-147V for 48V mode											
	Maximum PV array open circuit voltage	147VDC											
	Maximum efficiency	>98%											
	Standby power consumption	<2W											
OTHER	Mounting	Wall mount											
	Dimensions (W*H*D)	620*385*215mm						670*410*215mm					
	Net weight (solar CHG) (kg)	36	41	41	41	69+2.5	75.75+2.5	75.75+2.5	75.75+2.5	75.75+2.5	75.75+2.5	75.75+2.5	75.75+2.5
	Shipping dimensions (W*H*D)	755*515*455mm						884*618*443mm					
	Shipping weight (Solar CHG) (kg)	56	61	61	64	82.5+2.5	89+2.5	89+2.5	92+2.5	92+2.5	92+2.5	92+2.5	92+2.5
OTHER	Operation temperature range	0°C to 40°C											
	Storage temperature	-15°C to 60°C											
	Audible noise	60dB MAX											
	Display	LED+LCD											
Loading (20GP/40GP/40HQ)	140pcs / 280pcs / 320pcs												