



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN
FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA
DEMANDA DE ENERGÍA”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros
Electromecánicos

Autores:

Alvarez Agama Andrés Sebastián

Heredia Páez Hugo Vinicio

Tutor:

Ing. Ms.C Cruz Panchi Luis Rolando

Latacunga – Ecuador

2022



DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros, Alvarez Agama Andrés Sebastián y Heredia Páez Hugo Vinicio, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”**, siendo el Ing. Ms.C Cruz Panchi Luis Rolando tutor del presente trabajo; eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Alvarez Agama Andrés Sebastián

C.C.: 050361354-9

.....
Heredia Páez Hugo Vinicio

C.C: 050345004-1



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”, de Alvarez Agama Andrés Sebastián y Heredia Páez Hugo Vinicio, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnico suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2022

.....
Ing. Ms.C Cruz Panchi Luis Rolando
C.C. 050259517-6



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, el o los postulantes Alvarez Agama Andrés Sebastián y Heredia Páez Hugo Vinicio, con el título de Proyecto de Titulación “**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA**” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2022

Para constancia firman:

.....

Lector 1 (Presidente)

PhD. Enrique Torres Tamayo

C.C. 175712194-0

.....

Lector 2

Ing. Ms.C Edwin Moreano Martínez

C.C. 050260750-0

.....

Lector 3

Ing. Ms.C Cristian Gallardo Molina

C.C. 050284769-2



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente pongo a consideración que, los señores: Álvarez Agama Andrés Sebastián y Heredia Páez Hugo Vinicio, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, realizaron su trabajo de PROPUESTA TECNOLÓGICA, aportando a la Universidad Técnica de Cotopaxi con su tema: “**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA**”, y realizaron la entrega de una estación meteorológica para el laboratorio de energías renovables cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Latacunga, agosto 2022

Atentamente,

.....
Director de la Carrera de Ingeniería Electromecánica

Ing. Ms.C Cristian Fabian Gallardo Molina

C.C. 050284769-2

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, Jesucristo y a la Virgen por haberme dado la vida, salud y las fuerzas necesarias para poder culminar cada una de las metas y propósitos que me he planteado en la vida, y en esta ocasión la de alcanzar mi título universitario.

Agradezco a nuestro tutor Ing. Ms.C Cruz Panchi Luis Rolando quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en esta investigación.

Finalmente, a todos y cada uno de mis familiares y amigos, que en su momento me brindaron su apoyo y motivación en cada una de las etapas de mi vida.

Andrés

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios, Jesucristo y a la Virgen que siempre están conmigo y me protegen.

Dedico a mis padres y hermanos, pilares fundamentales en mi vida. Que siempre me han mostrado su amor y apoyo incondicional. Sin ellos, no hubiera alcanzado cada una de mis metas.

Finalmente, dedico este logro a la memoria de cada uno de mis familiares que desde el cielo me guían, cuidan y me dan las fuerzas necesarias para salir adelante.

Andrés

AGRADECIMIENTO

Los resultados de este trabajo, merece expresar un profundo agradecimiento aquellas personas que de alguna forma son parte de esta culminación, quienes con su ayuda, apoyo y comprensión me alentaron a lograr esta hermosa realidad. Mi agradecimiento va dirigido especialmente a mi familia quienes me han apoyado arduamente día tras día. A mis profesores quienes han impartido sus conocimientos y experiencias para formarme como un profesional, al Ing. Ms.C Luis Rolando Cruz Panchi quien fue mi tutor de tesis quien supo creer en mi capacidad y orientarme sin interés alguno, para culminar con éxito esta investigación con cariño agradecimiento y respeto.

Vinicio

DEDICATORIA

La concepción de esta propuesta tecnología está dedicada a Dios, a mis padres, a mi esposa y a mi hijo, por permanecer a mi lado en los duros momentos guiándome, cuidándome y fortaleciéndome cada día a lo largo de mi vida, velaron por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su confianza en mi y cada uno de los retos que se han presentado me ayudaron a resolverlo a lo largo de mi carrera, sin dudar en mi capacidad, por eso he podido cumplir uno de mis metas.

Vinicio

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA	i
--------------------------------	---

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xix
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2 INTRODUCCIÓN.....	2
2.1 EL PROBLEMA.....	2
2.1.1 Situación problemática.....	2
2.1.2 Matriz de identificación del problema.....	3
2.1.3 Formulación del problema.....	4
2.1.4 Declaración de variables.....	4
2.2 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	5
2.3 BENEFICIARIOS.....	5
2.4 JUSTIFICACIÓN.....	5
2.5 HIPÓTESIS.....	6
2.6 OBJETIVOS.....	6
2.6.1 General.....	6
2.6.2 Específicos.....	6
2.7 SISTEMAS DE TAREAS.....	7
3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9

3.1	Antecedentes	9
3.2	Energías renovables	11
3.3	Energías no renovables	11
3.4	Energía solar	12
3.5	Energía solar fotovoltaica	12
3.6	Radiación Solar	12
3.6.1	Irradiancia.....	13
3.6.2	Irradiación.....	13
3.7	Hora solar pico.....	14
3.8	Datos de radiación solar en el Cantón Latacunga.....	15
3.9	Sistemas fotovoltaicos	17
3.10	Autoconsumo	17
3.11	Sistema fotovoltaico Off-Grid o Aislados de autoconsumo.....	17
3.12	Componentes de un sistema fotovoltaico de autoconsumo sin baterías.....	18
3.12.1	Módulo o panel fotovoltaico.....	18
3.12.2	Celda o célula fotovoltaica	19
3.12.3	Efecto fotoeléctrico.....	19
3.12.4	Radiación en la celda o célula fotovoltaica	19
3.12.4	Tipos de módulos o paneles fotovoltaicos.....	20
3.12.6	Diodos de protección	21
3.12.7	Parámetros eléctricos	22
3.13	Factores que afectan el rendimiento del panel fotovoltaico	23
3.13.1	Energía de la luz incidente.....	23
3.13.2	Reflexión	23
3.13.3	Efecto de sombras.....	23
3.13.4	Efecto de la orientación e inclinación.....	24
3.14	Inversor.....	25

3.15	Tipos de Inversores	27
3.15.1	Inversor centralizado	27
3.15.2	Microinversor	27
3.16	Protecciones en corriente directa (D.C)	27
3.17	Protecciones en corriente alterna (A.C)	28
3.18	Cableado.....	28
3.19	Analizador de redes Fluke 435 series II.....	28
3.20	Conexiones de entrada	29
3.21	Software de simulación PVsyst.....	29
3.22	Programa RETScreen.....	29
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
4.1	Tipos de investigación	31
4.1.1	Investigación bibliográfica	31
4.1.2	Investigación de campo	31
4.2	Métodos y técnicas de investigación.....	31
4.2.1	Método deductivo	31
4.2.2	Método científico.....	31
4.2.3	Técnicas de investigación.....	31
4.3	Instrumentos.....	32
4.4	Metodología de diseño del sistema fotovoltaico.....	32
4.5	Información de lugar de estudio	33
4.5.1	Condiciones metereológicas.....	34
4.6	Demanda eléctrica del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.....	37
4.7	Orientación e inclinación	40
4.7.1	Ángulo de inclinación.....	41
4.7.2	Cálculo de pérdidas inclinación.....	42
4.8	Cálculo del número de paneles solares	42

4.8.1	Potencia del sistema fotovoltaico	44
4.8.2	Cantidad de paneles solares en serie o paralelo.....	45
4.8.3	Cantidad de paneles solares en serie o paralelo.....	46
4.9	Selección del inversor	47
4.10	Cálculo de las protecciones eléctricas	48
4.10.1	Cálculo de las protecciones grupo 1 de panes solares	48
4.10.2	Cálculo de las protecciones grupo 2 de panes solares	49
4.10.3	Cálculo de las protecciones contra sobretensiones grupo 1	49
4.10.4	Cálculo de las protecciones contra sobretensiones grupo 2	49
4.10.5	Cálculo de las protecciones AC.....	50
4.10.6	Resumen de las protecciones	50
4.10.7	Dimensionamiento de conductores.....	51
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	52
5.1	Software de simulación.....	52
5.1.1	Análisis de simulación.....	52
5.1.2	Selección del panel solar	53
5.1.3	Selección del inversor.....	56
5.1.4	Pérdidas del sistema.....	59
5.1.5	Resultados de simulación	60
5.1.6	Cálculo del suministro de energía anual.....	64
5.1.7	Análisis de costos	66
5.1.8	Comparación de los resultados calculados con los simulados	66
5.1.9	Operación del sistema fotovoltaico	67
5.2	Demanda energética.....	68
5.3	Análisis de curvas	70
5.4	Presupuesto	71
5.5	Análisis de impactos	72

5.5.1	Impacto tecnológico	72
5.5.2	Impacto ambiental	72
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
	Referencias	75
	ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Variable independiente: Sistema fotovoltaico	4
------------------	--	---

Tabla 2.2 Variable dependiente: Demanda energética	4
Tabla 2.3 Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados.....	7
Tabla 3.1 Fuentes de energía y su clasificación	12
Tabla 3.2 Valores preestablecidos de la radiación solar.....	14
Tabla 3.3 Zona de insolación global promedio	16
Tabla 3.4 Irradiación o insolación promedio por provincias y ciudades del Ecuador.....	16
Tabla 3.5 Tipos de módulos o paneles solares	20
Tabla 3.6 Pérdidas admisibles por efectos de orientación e inclinación	25
Tabla 4.1 Datos geográficos	33
Tabla 4.2 Datos de radiación	34
Tabla 4.3 Datos de irradiancia global media diaria año 2020	35
Tabla 4.4 Irradiancia global promedio diaria del bloque “B” de la Universidad	36
Tabla 4.5 Datos de la curva de demanda total mensual del bloque “B” de la Universidad ...	39
Tabla 4.6 Pérdidas límite	42
Tabla 4.7 Características del panel solar	43
Tabla 4.8 Características del inversor.....	47
Tabla 4.9 Resumen de las protecciones eléctricas.....	50
Tabla 4.10 Dimensionamiento de los conductores eléctricos.....	51
Tabla 5.1 Datos para la generación de la curva de rendimiento del inversor.....	58
Tabla 5.2 Proporción de rendimiento	62
Tabla 5.3 Balances y resultados principales	63
Tabla 5.4 Generación anual	65
Tabla 5.5 Comparación entre resultados calculados y simulados	67
Tabla 5.6 Distribución de la potencia del sistema fotovoltaico.....	67
Tabla 5.7 Consumo diario del bloque B de la UTC	68
Tabla 5.8 Presupuesto de implementación	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama causa efecto	3
---	---

Figura 3.1 Tipos de radiación que incide sobre la superficie	14
Figura 3.2 Hora solar pico	14
Figura 3.3 Insolación global promedio.....	15
Figura 3.4 Sistema fotovoltaico aislado de autoconsumo sin baterías	18
Figura 3.5 Módulo fotovoltaico.....	18
Figura 3.6 Célula fotovoltaica	19
Figura 3.7 Reacción en las celdas fotovoltaicas	20
Figura 3.8 Características I-V de una célula fotovoltaica	22
Figura 3.9 Curva I-V de un panel fotovoltaico en función de la irradiancia.....	23
Figura 3.10 Inversor fotovoltaico	26
Figura 3.11 Etapas de un inversor fotovoltaico.....	26
Figura 3.12 Analizador de energía y calidad eléctrica 435 series II Fluke	28
Figura 3.13 Conexión del analizador Fluke 435 en un sistema de distribución trifásico.....	29
Figura 4.1 Fases para el diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	32
Figura 4.2 Ubicación geográfica	33
Figura 4.3 Piranómetro.....	34
Figura 4.4 Ubicación del proyecto en la NASA.....	35
Figura 4.5 Curva de la irradiación global promedio diaria	37
Figura 4.6 Analizador de redes “Fluke 435 series II”	38
Figura 4.7 Configuración del analizador de redes.....	38
Figura 4.8 Demanda media semanal del bloque “B” de la UTC.....	40
Figura 4.9 Orientación del panel solar en la terraza del bloque B en puntos cardinales.....	41
Figura 4.10 Panel solar BYD.....	43
Figura 4.11 Distancia mínima entre filas horizontales de paneles fotovoltaicos	45
Figura 4.12 Distancia entre paneles para mantenimiento y circulación peatonal.	46
Figura 4.13 Conexión de los paneles solares.....	47
Figura 4.14 Diagrama del circuito de protecciones eléctricas.....	51
Figura 5.1 Selección de ubicación del lugar de interés	52
Figura 5.2 Selección del ángulo de inclinación y azimut	53
Figura 5.3 Selección del panel solar	53
Figura 5.4 Características del panel solar (continuación)	54
Figura 5.5 Generación de curvas	55
Figura 5.6 Gráfica de la corriente en función del voltaje	56

Figura 5.7 Gráfica de la corriente en función del voltaje	56
Figura 5.8 Características del inversor	57
Figura 5.9 Curva de rendimiento del inversor	58
Figura 5.10 Pérdidas térmicas de un sistema fotovoltaico	59
Figura 5.11 Pérdidas por suciedad de un sistema fotovoltaico	59
Figura 5.12 Resumen del parámetro del diseño	60
Figura 5.13 Cantidad de energía generado por el sistema fotovoltaico	60
Figura 5.14 Cantidad de energía generado por el sistema fotovoltaico	61
Figura 5.15 Radiación incidente en el panel solar	62
Figura 5.16 Proporción de rendimiento mensual	63
Figura 5.17 Curva de generación mediante software	68
Figura 5.18 Curva de demanda del bloque “B” de la UTC	69
Figura 5.19 Comparación de curvas de generación vs demanda.....	70
Figura 5.20 Costo de producción de energía	72

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Autores: Alvarez Agama Andrés Sebastián

Heredia Páez Hugo Vinicio

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica consistió en el diseño y simulación de un sistema de generación fotovoltaica de tipo off/grid considerando la demanda energética del bloque “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi, dentro del proyecto se pudo constatar el desaprovechamiento del recurso solar por la inexistencia de un sistema fotovoltaico, por lo que se procedió a desarrollar su dimensionamiento, que dio inicio con la obtención de la demanda energética de 30,61 kW, el cálculo de la cantidad de paneles solares que fue de 90 paneles de 385 Wp generando una potencia de 34,7 kW, se dimensionó un inversor MPPT de 45 kW, por lo que se definió un grupo de 15 paneles conectados en serie y 6 en paralelo, su orientación fue hacia el norte con un ángulo de inclinación de 15°, mediante la simulación se obtuvo un informe de resultado en donde se mencionaba que a la salida del inversor se tiene una proporción de rendimiento del 87,5% en donde la energía generada anual es de 58,61 MWh/año mientras que mediante los cálculos se genera 57,54 MWh/año obteniendo un 1,83 % de error, también se determinó el monto anual y mensual de la generación, que según el pliego tarifario el costo del kWh para entidades públicas es de 0,065 USD/kWh por lo tanto, para una generación anual de 57,53 MWh/año se obtiene un monto anual de 3814,9 USD finalmente, se obtuvieron las curvas de generación del panel solar del día 19 de mayo 2021 en la que se realizó una comparación con la curva de demanda del mismo día pero en el año 2022, el sistema fotovoltaico cubre una parte de la demanda del bloque “B” de la Universidad, el pico más alto de generación es de 33 kW y el pico más alto de demanda es de 30 kW.

Palabras clave: sistema fotovoltaico, software, radiación, dimensionamiento

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: DESIGN AND SIMULATION OF AN OFF-GRID PHOTOVOLTAIC GENERATION SYSTEM CONSIDERING POWER DEMAND ANALYSIS

Authors: Alvarez Agama Andrés Sebastián

Heredia Páez Hugo Vinicio

ABSTRACT

This technological proposal consisted of the design and simulation of an off/grid photovoltaic generation system considering the energy demand of block "B" of the Technical University of Cotopaxi, within the project it was possible to verify the waste of solar resources due to the lack of a photovoltaic system, so we proceeded to develop its sizing, The project started with obtaining the energy demand of 30.61 kW, the calculation of the number of solar panels was 90 panels of 385 Wp generating a power of 34.7 kW, an MPPT inverter of 45 kW was dimensioned, so it was defined a group of 15 panels connected in series and 6 in parallel, its orientation was towards the north with an angle of inclination of 15°, By means of the simulation a result report was obtained where it was mentioned that at the output of the inverter there is an efficiency ratio of 87.5% where the annual energy generated is 58.61 MWh/year while by means of the calculations 57.54 MWh/year is generated obtaining an error of 1.83 %, also the annual and monthly amount of the generation was determined, that according to the tariff schedule the cost of kWh for public entities is 0.065 USD/kWh therefore, For an annual generation of 57.53 MWh/year, an annual amount of 3814.9 USD was obtained. Finally, the generation curves of the solar panel for May 19, 2021 were obtained, in which a comparison was made with the demand curve for the same day but in the year 2022, the photovoltaic system covers part of the demand of block "B" of the University, the highest generation peak is 33 kW and the highest demand peak is 30 kW.

Keywords: photovoltaic system, software, irradiation, sizing

AVAL DE TRADUCCIÓN

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título: Diseño y simulación de un sistema de generación fotovoltaica de tipo Off-Grid considerando análisis de la demanda de energía.

Fecha de inicio: abril 2022

Fecha de finalización: agosto 2022

Lugar de ejecución:

- Región: Sierra
- Provincia: Cotopaxi
- Parroquia: Eloy Alfaro
- Sector: San Felipe

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Equipo de trabajo:

- Ing. Ms.C Cruz Panchi Luis Rolando
Cédula: 050259517-6
Correo electrónico: luis.cruz@utc.edu.ec
Celular: 0984568934
- Álvarez Agama Andrés Sebastián
Cédula: 050361354-9
Correo electrónico: andres.alvarez3549@utc.edu.ec
Celular: 0987348775
Dirección: Cdla. San Francisco, Av. Luigi Ripalda
- Heredia Páez Hugo Vinicio
Cédula: 050345004-1
Correo electrónico: hugo.heredia1@utc.edu.ec
Celular: 0984428931
Dirección: Urb. San Carlos

Área del conocimiento:

- Área: 07 Ingeniería, industria y construcción
- Subárea del Conocimiento: 071 Ingeniería y profesiones afines
- Subárea Específica del Conocimiento: 0734 Electricidad y Energía

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublínea de investigación de la Carrera: Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

2 INTRODUCCIÓN

Actualmente la energía eléctrica es considerada como un elemento muy importante y necesario para el desarrollo humano, ya que permite el uso de servicios básicos como: agua potable, electricidad, alcantarillado y teléfono. Utilizando una de las energías renovables más importantes de nuestros tiempos que es la energía solar, por lo tanto, para este proyecto se ha planteado en realizar el diseño y simulación de una instalación fotovoltaica de tipo off – grid, la cual permitirá reducir una parte de la demanda energética a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Hoy en día, dada la necesidad de incrementar significativamente la componente de energías renovables en la canasta energética para contrarrestar la excesiva dependencia de la energía de la red eléctrica, se están construyendo, principalmente en los países desarrollados, centrales solares de importante tamaño, a la par de su incremento en usos residenciales y comerciales; de esta forma, la producción de celdas solares ha entrado en fabricación a gran escala industrial.

2.1 EL PROBLEMA

2.1.1 Situación problemática

A nivel mundial el uso de sistemas fotovoltaicos se ha convertido en una necesidad imprescindible para el hombre, de tal manera que se han implementado diferentes sistemas de generación eléctrica utilizando la energía solar. Según la Agencia Internacional de Energía, considera que para el año 2030, la demanda energética en América Latina aumente en un 70%, necesitando más de 140 GW (gigavatios) para abastecer esta demanda, esto conlleva a investigar nuevas fuentes de energía primaria o al uso de otras fuentes de energía, manteniendo la seguridad en el suministro, facilidad de acceso a servicios energéticos y la sostenibilidad medioambiental. [1]

Siendo la energía solar una de las alternativas para la producción de energía eléctrica es también una fuente de energía renovable amigable con el medio ambiente ya que utiliza un recurso natural para producir electricidad mediante la aplicación de sistemas fotovoltaicos. [2]

2.1.2 Matriz de identificación del problema

Con este enfoque se ve la necesidad de realizar un diseño de un sistema de generación fotovoltaica aplicada a la Universidad Técnica de Cotopaxi sede la matriz, para lo cual, en la figura 2.1 se puede observar un diagrama tipo espina de pescado en función a la situación problemática que genera el proyecto de investigación en la que se pueden detectar varias causas de relevancia, las cuales se representan a continuación:

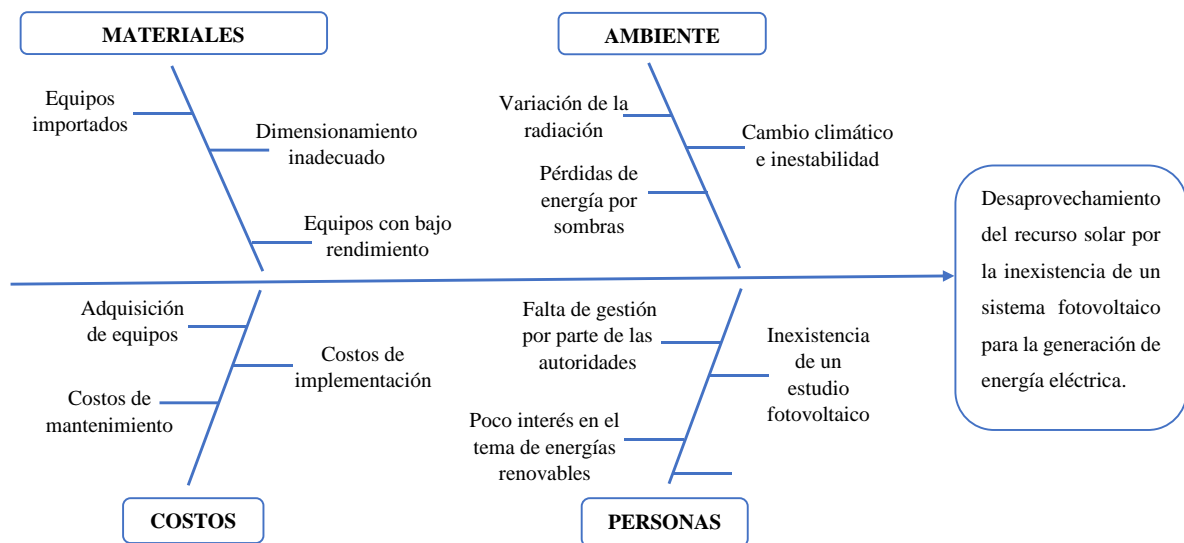


Figura 2.1 Diagrama causa efecto

Se establecieron las causas principales con sus respectivas subcausas, que inciden directa o indirectamente en el problema de investigación, las cuales se detallan a continuación:

Como primera causa se tiene a las personas presentando varias subcausas como: la falta de gestión y el poco interés en el tema de energías renovables que conlleva a la inexistencia de un estudio solar fotovoltaico. Dentro de los costos se presentan varios inconvenientes en la adquisición de equipos, implementación y mantenimientos de los mismos.

Otra de las principales causas de la problemática constituye la afectación del medio ambiente como, por ejemplo: el cambio climático y su inestabilidad que recae sobre la variación de la radiación que puede incidir sobre el sistema fotovoltaico, adicional se pueden tener pérdidas por sombras según el lugar geográfico.

Finalmente, los materiales son la última causa principal en donde radican que los equipos nacionales utilizados para un sistema fotovoltaico presentan bajos rendimientos, generando que se realicen importaciones en estos equipos. Todas estas causas contribuyen al efecto que origina la problemática, siendo la siguiente: Desaprovechamiento del recurso solar por la inexistencia de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica.

2.1.3 Formulación del problema

Desaprovechamiento del recurso solar por la inexistencia de un sistema fotovoltaico que me permita realizar un análisis de la demanda de energía.

2.1.4 Declaración de variables

En este trabajo de investigación se determina como variable independiente al “Sistema fotovoltaico” y como variable independiente a la “Demanda energética”, sus indicadores, ítems, técnicas e instrumentos se detallan en la tabla 2.1 y 2.2.

Tabla 2.1 Variable independiente: Sistema fotovoltaico

Definición	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Conjunto de elementos eléctricos o electrónicos que sirven para aprovechar la energía del sol y convertirla en energía eléctrica.	Radiación	W/m ²	Toma de datos	Atlas solar
	Área	m ²	Medición	Flexómetro

Tabla 2.2 Variable dependiente: Demanda energética

Definición	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Cantidad de energía eléctrica para abastecer a un conjunto de consumidores.	Tensión	V	Cálculo	Ecuación
	Potencia	W	Cálculo	Ecuación

2.2 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1 Objeto de estudio

Diseño y simulación de la demanda

2.2.2 Campo de acción

Demanda energética del sistema fotovoltaico

2.3 BENEFICIARIOS

2.3.1 Beneficiarios directos

- Álvarez Agama Andrés Sebastián (Postulante)
- Heredia Páez Hugo Vinicio (Postulante)
- Universidad Técnica de Cotopaxi
- Carrera de Ingeniería Electromecánica

2.3.2 Beneficiarios indirectos

- Investigadores interesados en el tema de energías renovables.

2.4 JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación se enfoca en desarrollar el diseño de un sistema fotovoltaico de tipo Off – Grid utilizado para conocer la cantidad de generación que puede utilizarse para la reducción de una parte de la demanda energética de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

La importancia de realizar este tipo de proyectos es generar los datos necesarios para asegurar la factibilidad de la utilización de energías renovables, ya que el Ecuador cuenta con un clima y ubicación en el planeta beneficioso para el desarrollo de proyectos de esta índole, aportando al artículo 15 de la Constitución de la República del Ecuador el cual se centra en: “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.” [3]

Por otra parte, el proyecto tiene relevancia dentro de los estatutos que menciona el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables que la competencia dentro de la “Electricidad y energía atómica” tiene la atribución de “Impulsar la investigación científica y tecnológica en materia de electricidad, energía renovable y eficiencia energética”. [4]

De acuerdo con el planteamiento del problema existe un desaprovechamiento del recurso solar por tal razón es necesario realizar el estudio que conlleva al diseño y simulación de un sistema fotovoltaico en base a la demanda energética del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.5 HIPÓTESIS

Al disponer de un diseño y una simulación de un sistema de generación fotovoltaica tipo Off – Grid, permitirá cubrir la demanda de energía eléctrica que tiene el bloque “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 General

Diseñar y simular un sistema fotovoltaico de tipo Off – Grid mediante aplicaciones tecnológicas para la cubrir la demanda de la energía del bloque “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.6.2 Específicos

- Investigar los sistemas de generación fotovoltaica de tipo Off – Grid, para la comprensión del principio de funcionamiento y sus componentes que lo conforman.
- Establecer criterios de dimensionamiento de los equipos que constituye el sistema de generación fotovoltaica de tipo Off – Grid considerando el análisis de la demanda del bloque B de la universidad.
- Desarrollar la simulación del sistema de generación fotovoltaica tipo Off – Grid, para la comparación de las curvas del consumo energético vs demanda de generación.

2.7 SISTEMAS DE TAREAS

En la tabla 2.3 se presentan las actividades que se van a realizar para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados con sus respectivos resultados utilizando las diferentes técnicas, medios e instrumentos.

Tabla 2.3 Sistema de tareas en relación con los objetivos planteados

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar los sistemas de generación fotovoltaica de tipo Off – Grid, para la comprensión del principio de funcionamiento y sus componentes que lo conforman.	Recolección de información técnica en proyectos de titulación, artículos científicos y sitios web y referentes al proyecto de titulación.	Desarrollo del estado del arte acerca de los sistemas de generación fotovoltaica Off – Grid.	Investigación bibliográfica
	Identificación de los sistemas de generación fotovoltaica Off – Grid por medio de visitas técnicas al campo.	Descripción acerca de los equipos eléctricos y/o electrónicos utilizados en los sistemas de generación fotovoltaica Off – Grid.	Investigación de campo y observación de procesos
Establecer criterios de dimensionamiento de los equipos que constituye el sistema de generación fotovoltaica de tipo Off – Grid considerando el	Recopilación de datos informativos acerca de la demanda energética de la Universidad Técnica de Cotopaxi.	Identificación de variables que inciden en el diseño del sistema fotovoltaico.	Investigación bibliográfica y selección
	Dimensionamiento de los equipos pertenecientes al sistema fotovoltaico Off – Grid con sus	Ejecución de una memoria de cálculo y selección de equipos, conductores y	Ecuaciones y cálculos

análisis de la demanda del bloque B de la universidad.	respectivas protecciones eléctricas.	protecciones eléctricas.	
Desarrollar la simulación del sistema de generación fotovoltaica tipo Off – Grid, para la comparación de las curvas del consumo energético vs demanda de generación.	Selección del software para la simulación del sistema fotovoltaico Off – Grid.	Resultados de la simulación del sistema de generación fotovoltaica con cada uno de los equipos o elementos seleccionados	Investigación bibliográfica y software
	Desarrollo de la curva de demanda de generación del sistema fotovoltaico	Comparación de las curvas del consumo energético vs demanda de generación.	Software
	Análisis de los costos de implementación de los elementos y equipos seleccionados.	Presentación de resultados con relación a los costos.	Investigación de campo y cálculos

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Antecedentes

En los diversos estudios y bibliografías que se relacionan con la propuesta tecnológica, se tienen los siguientes proyectos relevantes:

- En el proyecto de investigación realizado por Barón en el 2015, bajo el tema de “Diseño y simulación de una instalación fotovoltaica de autoconsumo”, Bogotá: Colombia; Universidad Piloto de Colombia, menciona que:

Para este proyecto la autora diseño y simulo un sistema fotovoltaico para el futuro edificio de la Federación Colombiana de Fútbol, con el objetivo de la generación de energía eléctrica que ayude a minimizar el consumo que el inmueble tiene por parte de la red convencional al complementar con el suministro de energía fotovoltaica. La técnica que la autora implementa en este proyecto se basó directamente de la energía solar, así mismo enfatiza el requerimiento de minimizar el consumo energético generado dentro de la red eléctrica. [5]

Menciona además que la instalación realizada posee un arreglo de paneles solares, y en la cual la generación de energía se ajuste a un porcentaje diario de la carga que el inmueble consume, aporta además que se realizó un cálculo en las cargas ideales de los componentes que se pretende enlazar a la red, y de esta manera lograr evaluar el valor de potencia a generar para la alimentación y a su vez para el correcto funcionamiento de todos los equipos que se conecten a la red. [5]

Finalmente, la autora acota que los paneles solares se conectaron a la red eléctrica convencional, logrando así sustituir el consumo del inmueble a la red eléctrica en los días que exista producción de energía, obteniendo así la reducción por costo de consumo eléctrico; complementariamente la autora utilizó el software Homer Pro, junto con una simulación realizada en el software Matlab en donde se logró observar el comportamiento general que tenga la instalación. [5]

- Seguidamente el proyecto de investigación elaborado por Espinoza y Zanoni en el 2021, bajo el tema de “Diseño de sistema fotovoltaico Off-Grid, red secundaria y conexiones domiciliarias para suministro eléctrico al caserío Tallapampa, distrito Salas, provincia Lambayeque”, Pimentel: Perú; Universidad Señor de Sipán, el cual menciona que:

Dentro de este proyecto los autores consideran el diseño de un sistema fotovoltaico el cual no se encuentra conectado a la red externa, es decir de tipo (Off – Grid), además de una red de distribución secundaria junto con conexiones individuales. Los autores que han optado por el uso de metodologías de investigación científica, análisis de resultados y aplicación técnica; los autores recopilamos información por medio de inspección de campo, consulta a pobladores. Dentro del enfoque de la demanda y la disponibilidad energética los autores los consiguieron a través de teorías y cálculos de ingeniería. [6]

Mencionan que el diseño resultante les permitirá asistir la demanda eléctrica de 127,94 kWh/día, por medio del uso de paneles fotovoltaicos (168und-320Wp-24Vcc), banco de baterías (72und-929Ah-6Vcc), reguladores de carga (14und-70A-48Vcc), inversores de potencia (6und-4500W-220Vca-60Hz-1Ø), red de distribución secundaria 220V monofásico con cuatro circuitos principales y dos derivados, cable auto soportado CAAI y 42 conexiones individuales; finalmente los autores citan que el sistema de generación fotovoltaica es conexo con criterios y políticas de desarrollo nacional, además de la conservación global del medio ambiente, complementariamente favorece su autogestión económica para la sostenibilidad en el tiempo. [6]

- Finalmente, el proyecto de investigación elaborado por Robalino en el 2017, bajo el tema de “Diseño y simulación de un sistema fotovoltaico para la obtención de una certificación leed en la categoría de energía y atmósfera para la empresa Solinfra de la ciudad de Quito”, Quito: Ecuador; Universidad Técnica de Ambato, menciona que:

Dentro de este proyecto el autor lo enmarca en el diseño y simulación de un sistema fotovoltaico, en el cual el mencionado sistema se encuentra formado por 12 paneles fotovoltaicos acoplados entre sí. Los cuales 8 de ellos se encontrarán en serie y 4 de ellos en paralelo, el autor acota que todo esto para lograr sustituir la demanda de iluminación básica de la empresa, la cual es de 2374,75 W considerando el peor escenario, junto con una radiación solar inclinada anual de 202,78 W/m², aprovechando la energía solar, reduciendo el consumo energético y por ende disminuyendo el coste económico, a su vez aportando con el medio ambiente y la sociedad. [7]

Indica que dentro del proyecto incluye una simulación de tipo numérica del sistema para lo que corresponde la obtención de las gráficas de potencias en el peor escenario y a su vez el autor menciona que se obtiene las curvas de potencia al final del panel fotovoltaico e inversor, finalmente el autor cita la viabilidad del proyecto. [7]

3.2 Energías renovables

La energía renovable es un tipo de energía que puede generar energía sin consumir recursos, existe en el estado natural de la naturaleza, el sol, el agua, el viento y otros elementos se utilizan para la producción de energía, estos son recursos inagotables. Las energías renovables se consideran una alternativa de producción de energía sostenible a los recursos fósiles. [2]

Ecuador es un país con una variedad de características topográficas, basadas en condiciones climáticas y especiales, con un alto potencial de energía renovable, enfocándose en la producción de electricidad a partir de un recurso natural casi inagotable, logrando con ello producir energía eléctrica empleando tecnología que estece libre de gases de efecto invernadero. [2]

Se pueden dividir en dos categorías las fuentes de energía renovables: potencialmente contaminantes y no contaminantes. Dentro de las no contaminantes se puede nombrar:

- El viento: La Energía Eólica
- El agua: Las Centrales Hidráulicas
- El sol: La Energía Solar (Energía Fotovoltaica, Termoeléctrica y Térmica)
- El calor de la tierra: La Energía Geotérmica

Para la primera categoría de potencialmente contaminantes podemos encontrar a la materia orgánica o biomasa, se puede obtener energía de este elemento a través de la fermentación orgánica y de esta manera obtener biogás o bioetanol. [2]

3.3 Energías no renovables

La energía no renovable es el tipo de energía que se encuentra en la naturaleza en cantidades limitadas o se consume a un ritmo mayor que la regeneración natural. [2]

Las fuentes de energía no renovables son aquellos elementos que pueden generar diversas fuentes de energía a través de un proceso de transformación, que eventualmente se agotará con el consumo de estos elementos con el tiempo, elementos como el petróleo, el carbón y el gas natural se nombran combustibles fósiles y aquellas constituyen parte del grupo de las energías no renovables. En la tabla 3.1, se aprecia las fuentes de energía y su clasificación, dentro de la cual, este proyecto se centrará en la energía solar fotovoltaica. [2] [5]

Tabla 3.1 Fuentes de energía y su clasificación [2]

N°	Energías Renovables		Energías No Renovables
	Limpias	Contaminantes	Contaminantes
1	E. Eólica	Biomasa	Carbón
2	E. Hidráulica	---	Petróleo
3	E. Geotérmica	---	Gas Natural
4	E. Solar	---	---

3.4 Energía solar

Esta energía es el resultado de reacciones de fusión nuclear que viajan a través del espacio hasta la Tierra, y los rayos del sol pueden ser aprovechados por otros tipos de energía, como la hidráulica, eólica, mareomotriz. [6]

Tiene un potencial infinito y se utiliza en todas las actividades que realiza el ser humano y pertenece a las energías renovables. “En un cuarto de hora, el sol emite más energía de la que necesita la tierra en un año, solo llegan al suelo $1,7 \times 10^{14}$ kW. [6]

3.5 Energía solar fotovoltaica

La generación de energía solar fotovoltaica implica la conversión directa de la radiación solar en electricidad. Esto se logra aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores llamados células fotovoltaicas a través de un fenómeno físico conocido como "efecto fotovoltaico".

El silicio puro es el material base para su fabricación, con la adición de ciertos elementos químicos como el boro y el fósforo. Produce una corriente continua de 2 a 4 amperios a un voltaje de 0,46 a 0,48 voltios y suele utilizarse como energía eléctrica. [6]

3.6 Radiación Solar

La radiación solar se origina por reacciones de fusión termonuclear que son producidas en el núcleo solar y son emitidas como un conjunto de radiaciones electromagnéticas de diferente longitud de onda y frecuencia. [1]

La radiación solar se define como un conjunto de ondas electromagnéticas que emanan de una fuente de energía solar y se emiten en todas las direcciones sin necesidad de un medio físico o material para propagarse. [7]

La unidad que determina la radiación solar o radiación global es la radiación [W/m^2], que en condiciones climáticas óptimas alcanza el 75% de la radiación extraterrestre, es decir, la cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre es proporcional a la altura sobre el nivel del mar. [6]

3.6.1 Irradiancia

Esta representa la potencia obtenida de la radiación solar en una superficie durante un instante de tiempo, tiene un valor dentro de la atmósfera es de alrededor de $1000 W/m^2$, se mide en W/m^2 (Potencia). [6]

3.6.2 Irradiación

Es además conocida como insolación, la cual representa a la energía de la radiación solar que incide sobre una unidad de superficie determinada durante un intervalo de tiempo de un día, se mide en Wh/m^2 o J/m^2 (Energía). [6]

Se clasifica a la radiación solar en función de la manera en la que incide sobre la superficie terrestre, esta clasificación se muestra en la Figura 3.1:

- **Radiación directa (I):** es la radiación que incide directamente sobre la Tierra. [6]
- **Radiación difusa (D):** es la cantidad de radiación que incide sobre la superficie terrestre después de ser dispersada por la capa atmosférica y por las nubes, lluvia, o materia en suspensión o absorbida por componentes que se encuentran en la atmósfera como gotas de agua, aerosoles, etc. [6]
- **Radiación reflejada o albedo (R):** es la cantidad de radiación que ha sido reflejada por la superficie receptora. Este tipo de radiación depende del coeficiente de reflexión y es captada en su mayoría por las superficies en posición vertical. [8]
- **Constante solar (Io):** Es la cantidad de radiación solar, incluidas todas las longitudes de onda y el tiempo por unidad de área, en la superficie fuera de la atmósfera terrestre, a la distancia media entre el sol y la tierra, que es perpendicular a los rayos del sol, considerando que la tierra forma una órbita circular alrededor del sol, entonces este valor

es el mismo durante todo el año, y por supuesto, debido a que la órbita de la Tierra es elíptica en lugar de circular, el valor de esta constante puede oscilar hasta en un 1%. [9]

En la Tabla 3.2 se observa los valores preestablecidos de radiación solar.

Tabla 3.2 Valores preestablecidos de la radiación solar [10]

PARÁMETROS	VALOR
Potencia radiada por el sol	3.84 – 1023 kW
Potencia incidente sobre la tierra	1.74 – 1014 kW
Constante solar (I_0)	1367 – 1395 W/m ²

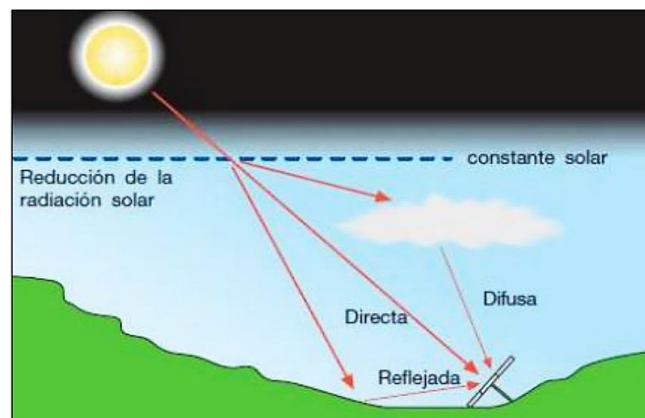


Figura 3.1 Tipos de radiación que incide sobre la superficie [10]

3.7 Hora solar pico

La hora solar pico (H.S.P) se la puede definir como el número de horas diarias que con una irradiancia solar ideal de 1000 W/m² proporciona la misma irradiancia solar total que la real de ese día. Este concepto se explica gráficamente en la Figura 3.2. [11]

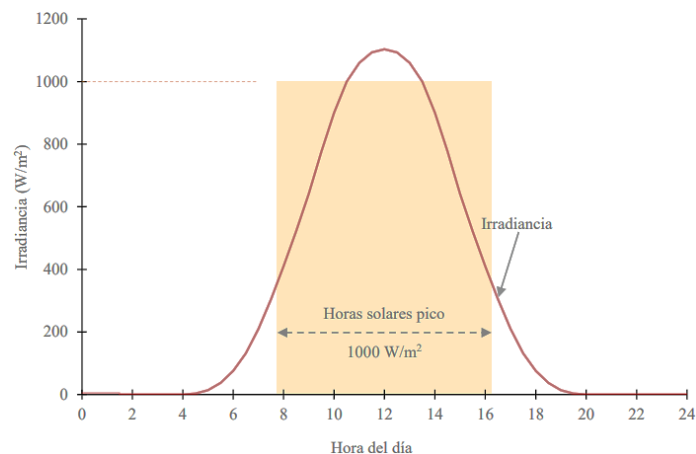


Figura 3.2 Hora solar pico [8]

3.8 Datos de radiación solar en el Cantón Latacunga

Por su ventajosa ubicación geográfica, el Ecuador es un país donde la posición del sol no cambia mucho a lo largo del año, y sus condiciones son favorables para la producción de electricidad, con un promedio de 12 horas de sol al día. [12]

De acuerdo con investigaciones e información recopilada por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio "NASA" y el Código de Edificación Ecuatoriano "NEC", los niveles de radiación en Ecuador, que son los más adecuados para la generación de energía fotovoltaica debido a su ubicación geográfica, son relativamente altos en (4000 y 6000 Wh/m²/día) fluctúan entre promedios anuales, que se obtienen por mediciones hora por hora o lecturas durante un año. [12]

En Ecuador, el estudio más relevante del país sobre la radiación solar global es el Atlas Solar Ecuatoriano para la Generación Eléctrica publicado por CONELEC en 2008. Basado en información obtenida del Laboratorio Nacional de Energías Renovables de EE.UU. "NREL" (1985 y 1991) y finalmente redactada por la empresa de investigación energética "CIE", este documento detalla los siguientes valores resultantes de las distintas radiaciones solares, los cuales varían cada mes del año. [12]

- Radiación solar difusa (isohelias a 100 Wh/m²/día)
- Radiación solar directa (isohelias a 300 Wh/m²/día)
- Radiación solar global (isohelias a 150 Wh/m²/día)

Seguidamente se puede apreciar un mapa con la insolación global con un promedio anual y asociada en cinco zonas que corresponden desde la zona I hasta la zona V en Wh/m²/día, estos datos se los visualiza en la Figura 3.3 y en la Tabla 3.3.

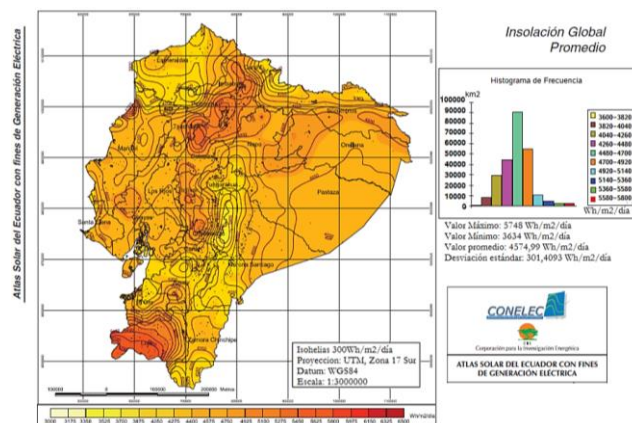


Figura 3.3 Insolación global promedio [13]

Tabla 3.3 Zona de insolación global promedio [14]

ZONA:	IRRADIACIÓN:
Zona I:	3200 a 3600 [Wh/m ² /día]
Zona II:	3600 a 4000 [Wh/m ² /día]
Zona III:	4000 a 4400 [Wh/m ² /día]
Zona IV:	4400 a 4800 [Wh/m ² /día]
Zona V:	4800 a 5200 [Wh/m ² /día]

Los datos de insolación solar global para todas las provincias y ciudades que conforman el Ecuador, los datos se observan en la siguiente Tabla 3.4:

Tabla 3.4 Irradiación o insolación promedio por provincias y ciudades del Ecuador [10]

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m²/Día	ZONA
Carchi	Tulcán	4200	II
Esmeraldas	Esmeraldas	4350	II
Imbabura	Ibarra	5250	IV
Manabí	Portoviejo	4650	III
Pichincha	Quito	5075	IV
Tsáchilas	Sto. Domingo	4650	III
Cotopaxi	Latacunga	4800	IV
Napo	Tena	4350	II
Santa Elena	Salinas	4350	II
Guayas	Guayaquil	4513	III
Los Ríos	Babahoyo	4650	III
Bolívar	Guaranda	4800	IV
Tungurahua	Ambato	4650	III
Chimborazo	Riobamba	4200	II
Pastaza	Puyo	4200	II
Cañar	Azogues	4500	III
Morona Santiago	Macas	4050	II
Azuay	Cuenca	4350	II

El Oro	Machala	4200	II
Loja	Loja	4350	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4350	II
Galápagos	Puerto Ayora	5835	V

3.9 Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos o por sus siglas en español también conocidos como sistemas “FV” son los encargados de convertir la luz solar o energía solar en electricidad. Las células fotovoltaicas son el equipo básico del sistema y se pueden combinar en un panel o módulo solar.

Independientemente de la intermitencia de la luz solar, este tipo de energía está ampliamente disponible y es gratuita, y los sistemas fotovoltaicos se encuentran actualmente a la vanguardia de la generación de energía renovable. [5] [15]

3.10 Autoconsumo

Técnicamente hablando, un “Autoconsumo” es el hecho de generar electricidad (y en general energía), por nuestros propios medios y autoabastecer nuestras necesidades energéticas, total o parcialmente. La manera de funcionar de las instalaciones de autoconsumo se basa básicamente en el aprovechamiento de la energía del sol que, mediante placas solares es captada y se transforma en energía eléctrica. La corriente continua producida es transformada en corriente alterna por el inversor solar. [5]

3.11 Sistema fotovoltaico Off-Grid o Aislados de autoconsumo

Se le llaman “Aisladas” a las instalaciones de Autoconsumo para suministro de electricidad, que no están conectadas a la Red eléctrica convencional directamente. En una Instalación Aislada puede haber varias fuentes de energía que se utilicen al mismo tiempo o alternativamente (solar, eólica o grupo electrógeno) y puede tener o no, baterías para acumulación de la energía eléctrica. Son sistemas fotovoltaicos que pueden funcionar de forma autónoma y a la vez tienen la posibilidad de recibir energía eléctrica para alimentar todo o partes del consumo siempre y cuando este lo requiere, como por ejemplo en periodos de poca o nula radiación solar o cuando el consumo es demasiado elevado, la peculiaridad de estos sistemas es que pueden recibir energía eléctrica de la red convencional, pero el sistema fotovoltaico no puede inyectar energía a la red. Por eso son llamados sistemas de autoconsumo instantáneo o

también de inyección cero, donde se controla la entrada de energía de la red mediante dispositivos electrónicos, este sistema se observa en la Figura 3.4. [5]

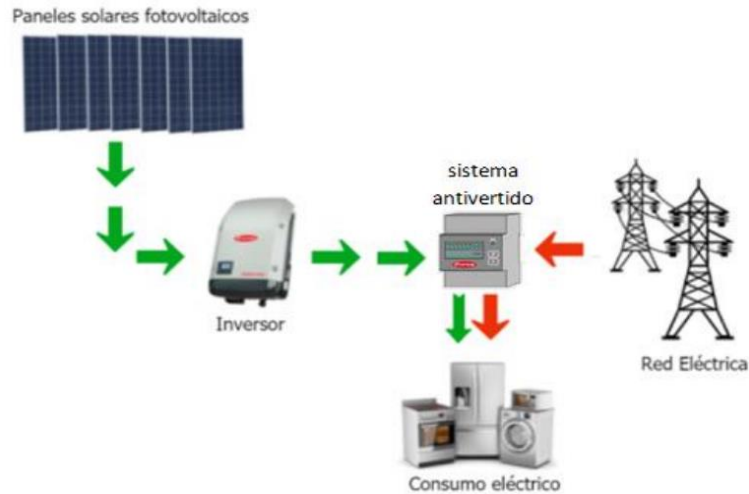


Figura 3.4 Sistema fotovoltaico aislado de autoconsumo sin baterías [16]

3.12 Componentes de un sistema fotovoltaico de autoconsumo sin baterías

3.12.1 Módulo o panel fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos están formados por la interconexión en serie y/o paralelo de múltiples celdas para adaptarse a los requerimientos de tensión y corriente de una determinada aplicación, como se aprecia en la Figura 3.5. [17]

Los módulos fotovoltaicos proporcionan a las células: resistencia mecánica, facilidad de transporte e instalación de los módulos, protección contra las inclemencias del tiempo, aislamiento eléctrico, seguridad para las personas y animales que puedan entrar en contacto directo con los módulos. [12]

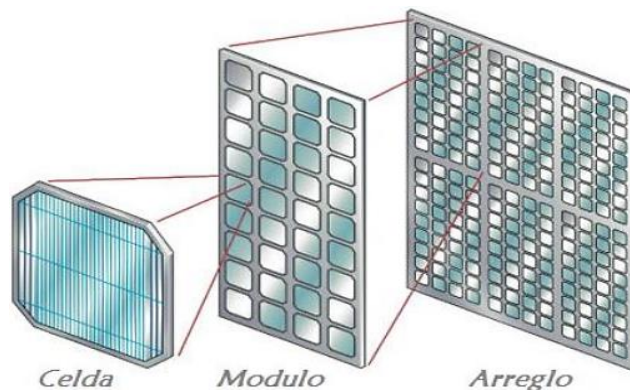


Figura 3.5 Módulo fotovoltaico [4]

3.12.2 Celda o célula fotovoltaica

Una celda o célula fotovoltaica es un elemento hecho de materiales semiconductores que genera un voltaje cuando recibe energía solar a través del principio del efecto fotoeléctrico, como se observa en la Figura 3.6. [17]

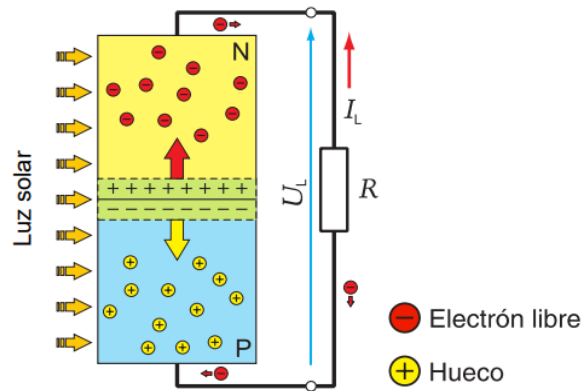


Figura 3.6 Célula fotovoltaica [11]

3.12.3 Efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico es la base para la conversión de la energía solar en electricidad, e involucra materiales que emiten electrones cuando son irradiados por radiación electromagnética.

Cuando estos electrones libres quedan atrapados, generan una corriente eléctrica que hace que los electrones se separen de los átomos de silicio, descomponiéndose y pasando la barrera del potencial de la capa semiconductor. Esto crea una diferencia de potencial en la capa N (electrones) en relación con la capa P. [8]

3.13.4 Radiación en la celda o célula fotovoltaica

Cuando se exponen a la radiación solar, las células fotovoltaicas excitan electrones para generar voltaje y corriente desde la célula al circuito. Las células fotovoltaicas están hechas de silicio, un material abundante en la tierra con propiedades semiconductoras, purificado formando estructuras cristalinas, este efecto se visualiza en la Figura 3.7. [18]

El silicio se somete a un proceso de dopaje, utilizando boro y fósforo dispersos en él, para crear un desequilibrio de carga molecular y aumentar la conducción de electrones, donde sus propiedades naturales se modifican para un mejor flujo de corriente. [19]

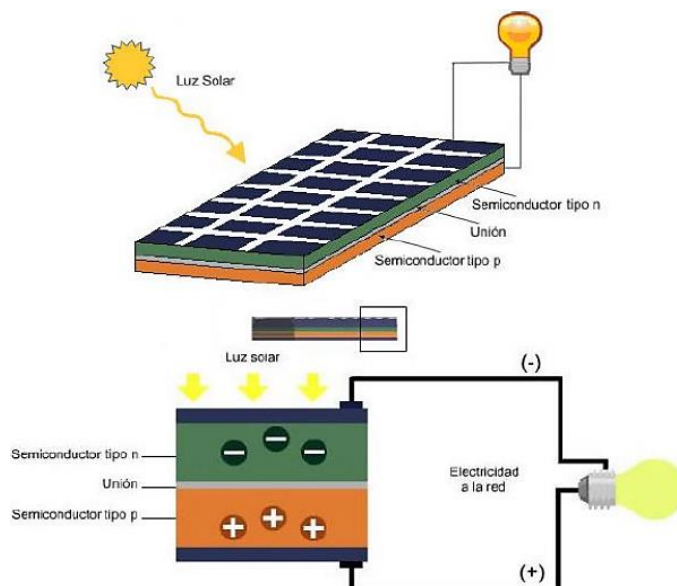


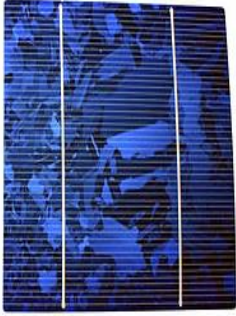

Figura 3.7 Reacción en las celdas fotovoltaicas [11]

3.12.4 Tipos de módulos o paneles fotovoltaicos

Actualmente existe en el mercado una gran variedad de paneles o módulos fotovoltaicos, los cuales son mejorados y desarrollados a través de nuevos y vanguardistas métodos de producción. Estos los podemos encontrar de varios tipos y diferente rendimiento, además estos son clasificados según la composición de sus celdas o células fotovoltaicas, como se aprecia a continuación en la Tabla 3.5. [12]

Tabla 3.5 Tipos de módulos o paneles solares [8]

Tipo de Celda	Aspecto	Rendimiento	Características
Celda de Silicio Monocristalino		14%-17%	<ul style="list-style-type: none"> • Formadas de barras cilíndricas de un solo cristal con silicio de gran pureza. • Baja degradación de sus propiedades con el tiempo. • Seguros para el medio ambiente. • Son más caros debido a la complejidad de su proceso de fabricación.

<p>Celda de Silicio Policristalino</p>		<p>12%-14%</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricadas a partir de un agregado de materiales. • Son más económicos de producir que los monocristalinos debido a que son más fáciles de fabricar. • Similar vida útil que los monocristalinos. • Son menos eficientes que los monocristalinos.
<p>Celda de Silicio Amorfo</p>		<p>5%-6%</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formadas por una pequeña capa de silicio depositada sobre un soporte. • Son de menor costo. • Se pueden adaptar a superficies curvas. • Gran resistencia al calor. • Tienen un ciclo de vida más corto y se degradan rápidamente.

3.12.6 Diodos de protección

Los módulos o paneles fotovoltaicos pueden llevar dos tipos de diodos:

- a) **Diodos de bloqueo:** Se posiciona uno en cada fila de módulos. Evitando que la corriente eléctrica fluya desde la batería a los paneles en ausencia de radiación solar, y también evita que una fila de paneles se descargue a otra debido a una falla. [8]
- b) **Diodo Bypass:** Si parte del panel está sombreado, deja de producir corriente y se convierte en una carga, consumiendo la corriente que le llega de otras baterías en forma de calor, elevando su temperatura. Este efecto se denomina Hot-Spot o punto caliente. Para evitar esto, se colocan diodos inversos en la caja de conexiones. La parte sombreada cambia su polaridad al ser la carga, y cuando el diodo detecta este cambio, hace que la corriente fluya a través de él en lugar de por las células. [10]

3.12.7 Parámetros eléctricos

Las propiedades eléctricas de un módulo están determinadas por las células fotovoltaicas que lo componen, las cuales contienen las propiedades eléctricas descritas por los siguientes parámetros y además su funcionamiento se representa por medio de una curva característica I-V (Figura 3.8), en esta curva se define su comportamiento [10]:

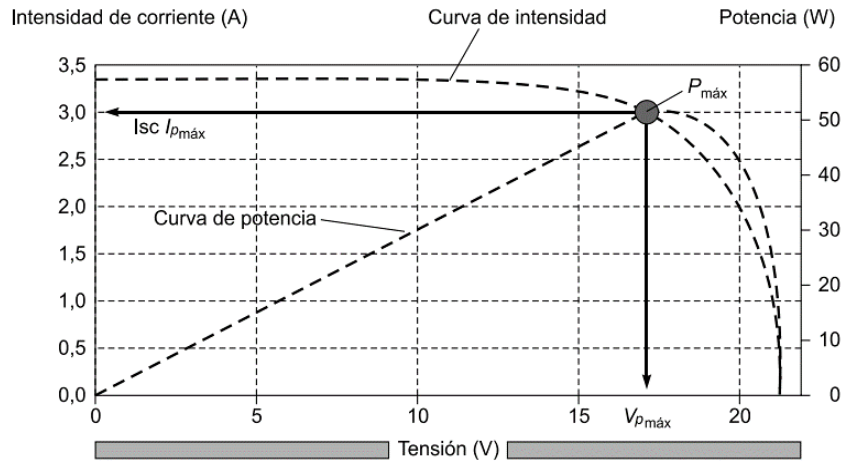


Figura 3.8 Características I-V de una célula fotovoltaica [17]

- **Corriente de cortocircuito (I_{cc} o I_{sc}):** Es la máxima corriente que se puede obtener de una celda fotovoltaica si se cortocircuitan sus terminales. Su valor depende de la radiación solar y superficie del panel. [1]
- **Tensión de circuito abierto (V_{ca} o V_{oc}):** Este se establece como la máxima tensión que puede generar un panel fotovoltaico si se dejan sus terminales en circuito abierto, esto sucede cuando el módulo se encuentra generando y no está conectado a ninguna carga. En las células de Si de tipo medio se encuentran en valores de 0,6 V mientras que en las de GaAs es de 1 V. [1]
- **Potencia pico (W_p o P_{máx}):** Esta es la máxima potencia que puede suministrar una celda y se define por el punto de la curva I-V en que se consigue un valor máximo, los puntos restantes de la curva generan valores inferiores. [1]
- **Eficiencia de conversión o rendimiento (η):** Este es expresado en %. Y representa la relación entre la potencia que suministra la célula o panel por superficie y la irradiancia estándar. [1]

3.13 Factores que afectan el rendimiento del panel fotovoltaico

3.13.1 Energía de la luz incidente

Para producir el movimiento de los electrones y generar flujo de corriente, es necesario que el nivel de radiación que incide sobre el panel (fotones) posea una cantidad de energía entre ciertos límites. Debido a que la luz incidente tiene distintas longitudes de onda, cerca del 50% de la radiación recibida no está dentro del margen aceptado por los módulos fotovoltaicos disponibles comercialmente y se pierde, ya sea por poca o demasiada energía. [9]

Por otro lado, la corriente es directamente proporcional a la radiación incidente y aceptada por el panel, un bajo nivel de energía radiante provocará que la corriente generada también sea baja, la Figura 3.9 se muestra las curvas I-V para distintos niveles de radiación. [20]

3.13.2 Reflexión

Este tipo de pérdidas se produce en la superficie del panel, debido a la reflexión de los rayos incidentes. Para ver como la potencia del módulo varía según diferentes niveles de irradiancia solar, vemos la Figura 3.9. La potencia de salida del módulo es directamente proporcional al nivel de irradiancia solar. Para disminuir este tipo de pérdidas, en el proceso de fabricación se están utilizando capas antirreflejo y superficies rugosas. [2]

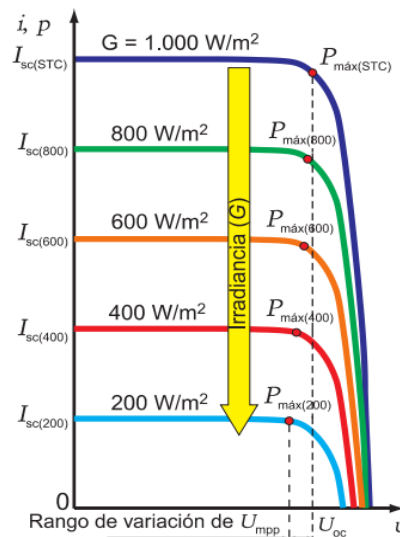


Figura 3.9 Curva I-V de un panel fotovoltaico en función de la irradiancia [21]

3.13.3 Efecto de sombras

El efecto de sombras sobre los paneles fotovoltaicos, afecta notoriamente el rendimiento de estos, por la cantidad de irradiancia solar que no es aprovechada por el sistema generador, es

por esto que se debe procurar al momento de diseñar una instalación fotovoltaica, situar los paneles en lugares donde no sufran este tipo de interferencias. Este efecto es más notorio en instalaciones de paneles conectados en serie, ya que si un panel es sombreado no generará los mismos niveles de energía que los que se encuentran descubiertos, por lo cual consumirá energía, en vez de generarla. [17]

3.13.4 Efecto de la orientación e inclinación

Para poder lograr una orientación e inclinación óptima de los módulos o paneles fotovoltaicos, se debe considerar que la posición o direccionamiento está definida por dos ángulos que son: el ángulo de inclinación (β) y el ángulo de orientación o azimut (α) respectivamente.

Conociendo que la trayectoria del sol tiene su inicio en el este y su final en el oeste en cualquier punto de la tierra, por tanto, los módulos o paneles fotovoltaicos deben estar orientados hacia el Ecuador, esto sería hacia el Sur si el sistema se instala en países como España o México, en tanto si se sitúa en países como Chile o Argentina su orientación sería para el Norte.

Es muy importante resaltar que, si los paneles fotovoltaicos estuvieran orientados al Este o al Oeste solo existiría un buen uso por las mañanas, pero habría pérdidas por la tarde, por lo cual, orientando los módulos o paneles hacia el Ecuador, contaríamos con una buena utilización homogénea de energía solar.

La orientación óptima para un módulo fotovoltaico es de 0° en dirección sur cuando esté ubicado en el hemisferio norte, y 0° en dirección norte cuando se ubique en el hemisferio sur. Relacionado con lo antes mencionado, se considera que la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicado en el Ecuador, provincia de Cotopaxi, ciudad de Latacunga y en el hemisferio sur, tiene un ángulo de orientación o azimut (α) de 0° en dirección norte, obteniendo de tal forma un excelente aprovechamiento de energía solar.

Finalmente en cuanto al ángulo de inclinación (β), se conoce que el lugar donde la radiación solar incide de forma más perpendicular sobre el planeta es el Ecuador, por lo que los módulos o paneles fotovoltaicos en este país podrían instalarse sin ningún tipo de inclinación, es decir simplemente colocarlos de forma horizontal con vista hacia el cielo.

Sin embargo, teniendo en cuenta que los módulos o paneles fotovoltaicos se ubican con vista hacia el cielo, es muy importante considerar que debido a factores ambientales como polvo, lluvia, ceniza, suciedad; y sobre todo para la limpieza de los mismos se aconseja inclinar los módulos o paneles, como a continuación se procede a calcular. [22]

Para el cálculo de la inclinación óptima, procedemos a aplicar la ecuación 3.1:

$$\beta = 3.7 + 0.69 * (\text{Lat.}) \quad (3.1)$$

Donde:

- β = Inclinación Óptima
- Lat. = Latitud

Según el Código Técnico de la Edificación establecido por el gobierno español, se ha determinado que se puede tener desde el 10% al 40% de pérdidas dependiendo de la situación o el caso. En el caso general, se tiene una cobertura del 10%, considerando cuando se desee instalar módulos o paneles fotovoltaicos encima de una superficie horizontal o terraza, en la situación de superposición es permitido un 20%, cuando se cuenta con techos muy inclinados, además en el caso de una integración arquitectónica, se refiere a reemplazar algunos elementos estructurales por ejemplo ventanas solares para acoplar a las edificaciones, las pérdidas admisibles se observan en la Tabla 3.6. [15]

Tabla 3.6 Pérdidas admisibles por efectos de orientación e inclinación [23]

CASO	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN
General	10%
Superposición	20%
Integración Arquitectónica	40%

Para determinar las pérdidas por orientación e inclinación se utiliza la siguiente ecuación 3.2.

$$P_{OI} (\%) = 100 \times [1,2 \times 10^{-4}(\beta - \phi + 10)^2]; \text{ para } \beta \leq 15^\circ \quad (3.2)$$

Donde:

- P_{OI} = Pérdidas por orientación e inclinación
- β = Angulo de inclinación del generador fotovoltaico(grados)
- ϕ = Latitud del lugar (grados decimales)

3.14 Inversor

La misión de este componente de la instalación es la de transformar la electricidad producida por un panel solar (corriente continua) en electricidad con las mismas características que la de la red eléctrica (corriente alterna), ya que, al tratarse de una vivienda o edificación conectada a

la red eléctrica, las cargas son necesariamente de corriente alterna. Además de transformar la corriente continua en alterna, adapta la tensión de salida al valor de la tensión de la red eléctrica, 120-220 voltios y frecuencia de 60 Hz, en la Figura 3.10 se aprecia este componente. [24]

La etapa de potencia del inversor presenta una configuración en puente monofásico, utilizando como semiconductores de potencia transistores MOSFET. Para generar una senoidal pura o perfecta es mediante la técnica de modulación de ancho de pulsos PWM y además cuenta con un adaptador eléctrico conocido como seguidor del punto máximo de potencia (MPPT) que hace trabajar al generador fotovoltaico en la zona de su curva característica donde entrega la máxima potencia, independientemente de la carga conectada al generador. [9]



Figura 3.10 Inversor fotovoltaico [25]

Las etapas por las que se encuentra conformado un inversor se las puede apreciar en la Figura 3.11.

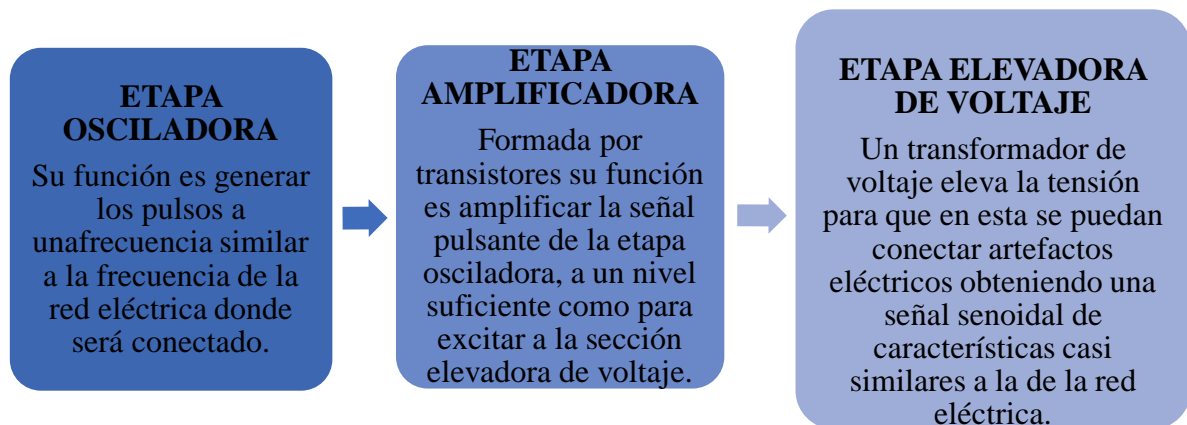


Figura 3.11 Etapas de un inversor fotovoltaico [21]

3.15 Tipos de Inversores

3.15.1 Inversor centralizado

Solo hay un inversor para toda la instalación, cada una de las ramas de los paneles van a parar al inversor. Este tipo de disposición es la más económica puesto que solo hay un inversor, además es la opción más fácil de mantenimiento, puesto que el inversor suele estar situado en una zona accesible de la vivienda.

Un inconveniente de este tipo de disposición es que solo se producirá tanta electricidad como la que genere el panel que menos esté produciendo, por ello este tipo de instalación se hace en aquellos sitios donde no haya obstáculos que puedan hacer que algún panel no reciba radiación solar. [24]

3.15.2 Microinversor

Cuando se utiliza este tipo de inversor, hay un inversor para cada panel fotovoltaico. En este tipo de instalación, la transformación de corriente continua a corriente alterna se produce fuera de la vivienda (en el mismo lugar en el que esté el panel), a diferencia del inversor centralizado, que suele encontrarse dentro de la vivienda. [19]

Este tipo de inversores suelen ser más eficientes, y no importa que haya uno o varios paneles solares sin recibir radiación solar, ya que los paneles que estén recibiendo radiación solar sí están produciendo corriente.

Un inconveniente de una instalación con este tipo de instalación es que el coste de la instalación fotovoltaica aumenta, y el mantenimiento es más difícil, ya que para acceder al inversor hay que ir hasta donde esté el panel fotovoltaico. Por estas razones esta disposición se suele utilizar cuando hay zonas con obstáculos que pueden hacer que no le llegue radiación solar a algún panel, y también cuando se busca una eficiencia lo más elevada posible. [26]

3.16 Protecciones en corriente directa (D.C)

- Interruptor en corriente continua. - Abre el circuito para proteger al circuito de sobrecarga y fallas, desconectando el inversor y llevando la sobrecarga a tierra de la instalación. [14]

3.17 Protecciones en corriente alterna (A.C)

- Interruptor Magneto térmico. - Estos equipos de protección disponen de tres tipos de desconexión manual térmico y magnético, actuando sobre intensidades provocadas por sobrecargas o cortocircuitos. [16]
- Interruptor diferencial. - Son dispositivos de protección frente a contactos indirectos, es decir evita que el personal sufra una descarga, cuando una parte metálica haya quedado en contacto con el conductor de fase, desconectando el circuito. [8]
- Protección contra sobre tensiones. - El inversor internamente tienen incorporado un descargador de tensión a tierra (varistor), que protege la parte de corriente continua de la instalación, en el lado de corriente alterna se colocan descargadores de tensión por fase. [12]

3.18 Cableado

El cableado debe poseer determinadas características para resistir la intemperie es decir estar expuesto a diferencia de temperaturas, resistente a los rayos ultravioletas, así como características mecánicas como resistencia a la tensión, a la torsión, al doblado, se distinguen tres tipos diferentes de cableado. [8]

- Cableado de unión de los módulos para formar sting.
- Cableado principal de corriente continua que conduce la electricidad hasta el inversor.
- Cableado de corriente alterna que conduce la electricidad desde el inversor hasta la red eléctrica.

3.19 Analizador de redes Fluke 435 series II



Figura 3.12 Analizador de energía y calidad eléctrica 435 series II Fluke [5]

El analizador de redes es un instrumento capaz de mostrar datos y formas de ondas de las señales eléctricas de voltaje, potencia, armónicos, en forma de histogramas, gráficas fasoriales, formas e onda, espectros de armónicos, etc. Además, monetiza el costo del gasto energético producido por una baja calidad eléctrica, este elemento es observado en la Figura 3.12 [23]

3.20 Conexiones de entrada

El analizador tiene 4 entradas BNC para pinzas amperimétricas y 5 entradas tipo banana para tensiones. En un sistema trifásico, las conexiones se realizan tal como muestra la Figura 3.13. [22]

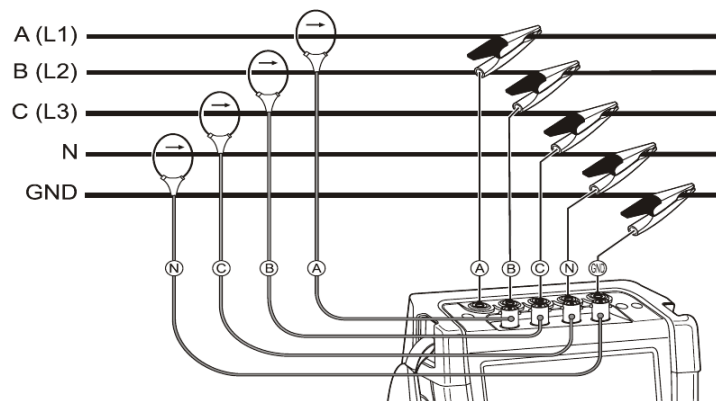


Figura 3.13 Conexión del analizador Fluke 435 en un sistema de distribución trifásico [27]

3.21 Software de simulación PVsyst

PVsyst es una herramienta muy utilizada dentro del desarrollo de instalaciones fotovoltaicas y nos proporciona la oportunidad de realizar el estudio, diseño, dimensionamiento, la simulación y análisis de datos completa de los sistemas fotovoltaicos. Este software además permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica. Abarca dos variantes específicas de instalaciones, bombeo y conectado CC, además de los dos tipos principales conectado a red y aislado, pero también incluye gran cantidad de opciones y permite modificar e incluir todos los datos necesarios para un estudio en detalle. [28] [14]

3.22 Programa RETScreen

RETScreen Expert es un software de gestión de energías limpias, desarrollado por el Gobierno de Canadá. En 2016, RETScreen Expert se destacó en la séptima Clean Energy Ministerial en San Francisco. Esta herramienta cuenta con una plataforma integrada, hace uso de arquetipos detallados y exhaustivos para la evaluación de proyectos. RETScreen Expert cuenta con varias

bases de datos a disposición de los usuarios, y como soporte para proyectos de instalaciones fotovoltaicas, incluyendo una base de datos de condiciones climáticas obtenida de 6,700 estaciones terrestres y de datos satelitales de la NASA; base de datos de comparación; base de datos de proyectos; base de datos hidrológicos; base de datos de producto. El software contiene material de capacitación integrado extensivo, incluyendo un libro electrónico. [29] [26]

4 MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se desarrolló un levantamiento de datos en relación a la ubicación y área del lugar de estudio, adicional se realizó un análisis de los principales componentes eléctricos y/o electrónicos que se utilizaron para el diseño del sistema fotovoltaico off – Grid como son: paneles solares, e inversores.

4.1 Tipos de investigación

4.1.1 Investigación bibliográfica

Este tipo de investigación es utilizada para determinar la información más importante que aporte a la solución del problema de la propuesta tecnológica, porque proporciona las características esenciales acerca de ciertos equipos y elementos que pueden ser utilizados para concretar el sistema fotovoltaico off – grid.

4.1.2 Investigación de campo

La investigación de campo se realiza por medio de visitas técnicas constantes a la Universidad Técnica de Cotopaxi para observar el estado del sistema eléctrico, desarrollar sus respectivas mediciones de los parámetros eléctricos que permita seleccionar y dimensionar los elementos adecuados de tal manera que el diseño del sistema fotovoltaico sea garantizado y de calidad.

4.2 Métodos y técnicas de investigación

4.2.1 Método deductivo

Este método es utilizado para la recolección de información a través de textos científicos, proyectos de titulación y sitios web de relevancia acerca del uso de equipos que permitan realizar el diseño del sistema fotovoltaico off - Grid.

4.2.2 Método científico

Se utiliza el método científico para desarrollar la parte técnica en el dimensionamiento de los equipos que se utilizarán dentro del sistema fotovoltaico y para su validación se aplica una simulación, por otra parte, este método sirve para el dimensionamiento de los conductores y las protecciones eléctricas.

4.2.3 Técnicas de investigación

Esta técnica específicamente permite realizar las diferentes mediciones, simulaciones y los cálculos pertinentes en el dimensionamiento del sistema fotovoltaico en función de la demanda.

4.3 Instrumentos

Los instrumentos utilizados para desarrollar las técnicas de investigación se describen a continuación:

- Demanda energética: analizador de redes
- Ubicación: Google maps
- Orientación: brújula
- Simulación: PVSyst versión estudiantil
- Radiación: Piranómetro y RETScreen
- Diseño: AutoCAD versión estudiantil

4.4 Metodología de diseño del sistema fotovoltaico

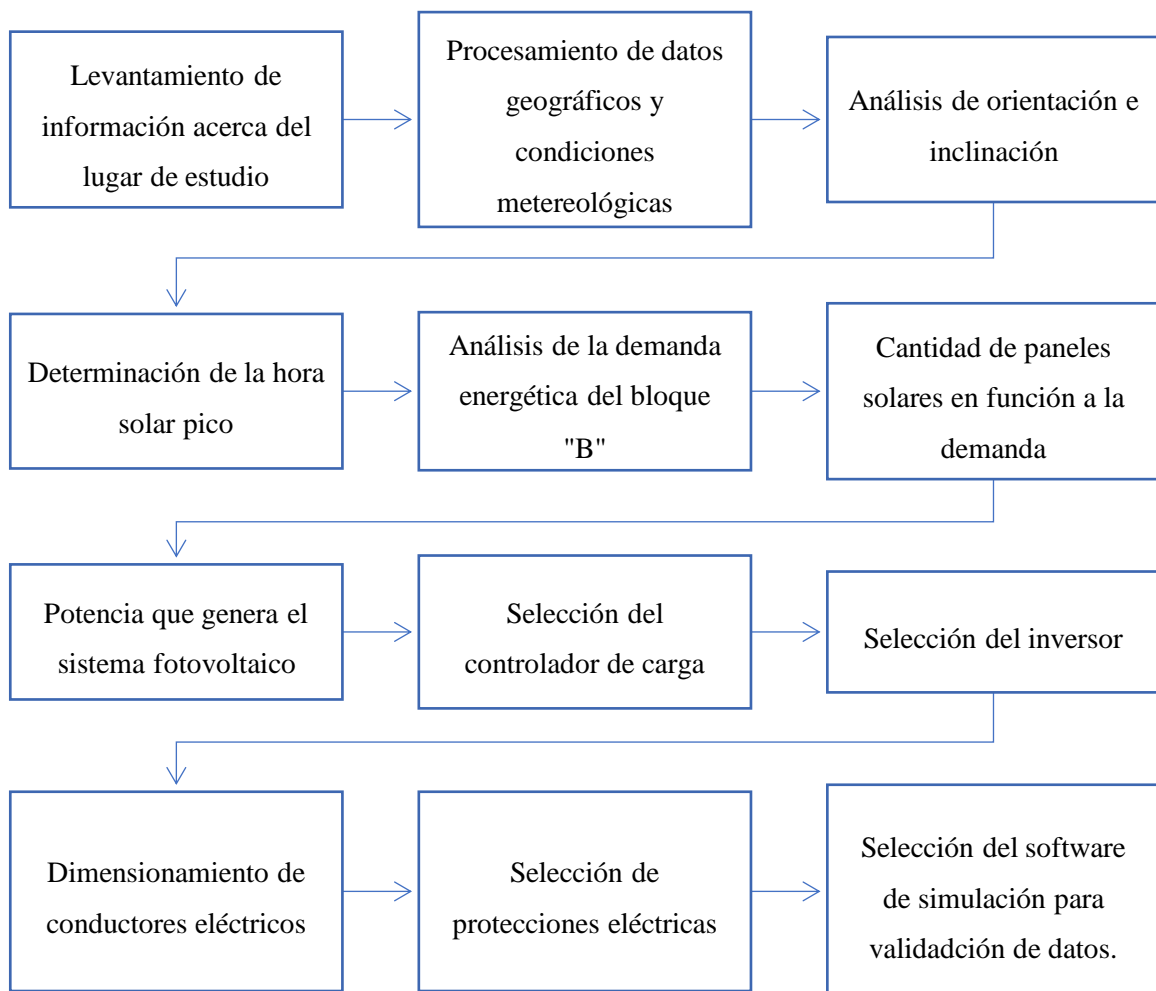


Figura 4.1 Fases para el diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico

La figura 4.1 muestra las diferentes fases de diseño y de dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaica. La metodología planteada para el diseño inicia con el levantamiento de información acerca del lugar de estudio y su procesamiento de datos geográficos y condiciones meteorológicas, posteriormente determinar la demanda energética para el dimensionamiento de los equipos que conforma el sistema fotovoltaico.

4.5 Información de lugar de estudio

El proyecto da inicio con el planteamiento del diseño de un sistema fotovoltaico considerando la demanda de energía eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, específicamente en el bloque “B” perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas. En la figura 4.2 se puede observar la ubicación geográfica de la universidad utilizando la herramienta digital “Google Maps”.

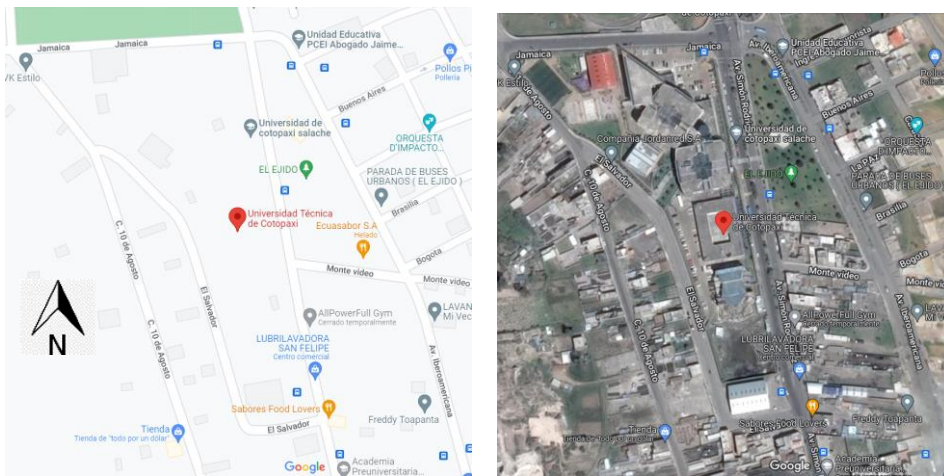


Figura 4.2 Ubicación geográfica

En la tabla 4.1 se tienen los datos de la ubicación geográfica en latitud, longitud y altitud del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 4.1 Datos geográficos

Bloque “B”	Ciudad	Latacunga
	Dirección	Av. Simón Rodríguez
	Latitud	-0,9179
	Longitud	-78,6329

4.5.1 Condiciones metereológicas





Una de las formas para determinar la radiación solar en el lugar de interés es mediante el uso del instrumento denominado “piranómetro”, en este proyecto se utilizó de la marca “Solar Power Meter” como se observa en la figura 4.3.



Figura 4.3 Piranómetro

En la tabla 4.2 se detallan los datos de radiación tomados por medio del instrumento de medición en la ciudad de Latacunga sector UTC, ejecutado el día; 01 de junio del presente año, siendo el valor más alto de 1371,7 W/m² y el valor más bajo de 429,8 W/m².

Tabla 4.2 Datos de radiación

Hora	Radiación	Instrumento
7h00	970,2 W/m ²	
10h00	1245,2W/m ²	
13h00	1371,7 W/m ²	
16h00	429,8 W/m ²	

Otra manera de obtener a radiación solar y sumamente usado es por medio del software “RETScreen” que es utilizado para la evaluación y el análisis de recursos renovables aplicados en la generación de energía eléctrica, posee datos de estaciones meteorológicas cercanas al lugar de estudio con la base de datos que ofrece la NASA para realizar un estudio de prefactibilidad totalmente gratuito. En la figura 4.4 se observa la localización geográfica del proyecto y sus datos metereológicos para un posterior análisis.

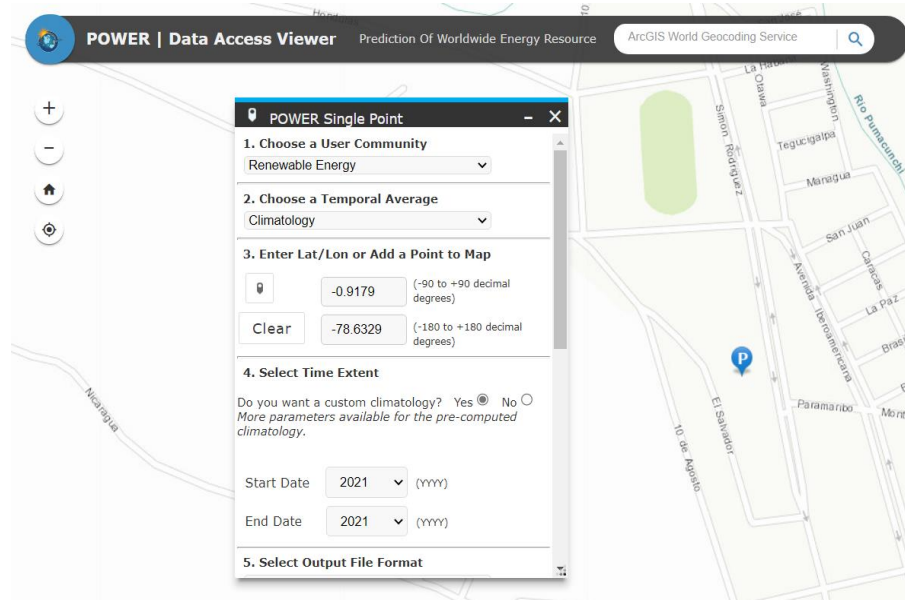


Figura 4.4 Ubicación del proyecto en la NASA

En la tabla 4.3 se tiene un promedio de la irradiancia global media diaria por cada mes del año 2020 que ha incidido en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 4.3 Datos de irradiancia global media diaria año 2020

IRRADIANCIA GLOBAL MEDIA DIARIA												
Lugar: Universidad Técnica de Cotopaxi Unidades: W/m ²												
Año	2020											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

4:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6:30	47,45	44,42	47,8	53,55	62,27	51,21	47,8	50,69	91,19	119,49	121,39	84,61
7:30	209,09	182,72	190,11	209,26	200,04	173,9	169,45	209,5	290,65	325,15	324,23	259,86
8:30	444,81	416,11	415,07	422,62	400,48	362,17	362,79	440,25	559,24	593,43	564,94	496,39
9:30	652,7	624,23	609,74	605,29	575,24	527,59	542,68	637,13	749,72	772,45	746,95	688,95
10:30	763,21	744,13	719,25	694,38	645,75	612,6	630,54	727,21	827,3	837,81	828,81	778,42
11:30	911,23	897,14	857,92	827,5	770,72	745,56	771,57	861,61	945,08	951,13	931,94	909,96
12:30	886,93	874,37	840,08	802,5	747,76	736,89	766,68	852,17	919,61	882,22	867,86	863,37
13:30	712,66	709,76	657,36	602,32	566,81	568,01	608,88	677,46	715,06	639,11	621,87	660,88
14:30	582,94	586	521,59	471,83	451,99	463,07	505,38	567,31	575,18	504,73	482,75	517,15
15:30	430,69	426,34	372,68	329,43	315,4	328,85	366,13	406,65	407,76	342,36	330,96	366,62
16:30	273,72	276,97	232,35	200,16	185,14	190,51	217,64	246,03	242,49	203,27	196,39	228,44
17:30	135,52	134,22	109,72	85,63	75,04	80,15	83,16	93,47	89,47	77,67	80,41	104,26
18:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

A partir de la obtención de estos datos por software se determina la irradiación [kWh/(m²·día)] con la ecuación 4.1. Resultados visualizados en la tabla 4.4 y figura 4.5.

$$Irradiacion = \Sigma((Tiempo[h]) \times (Irradiancia[W/m^2])) \quad (4.1)$$

Tabla 4.4 Irradiancia global promedio diaria del bloque “B” de la Universidad

IRRADIANCIA GLOBAL MEDIA DIARIA	
Lugar: Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi	Unidades: kWh/(m ² .dia)
2021	

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
5,43	5,3	4,95	4,68	4,38	4,22	4,45	5,15	5,79	5,63	5,48	5,22	5,06

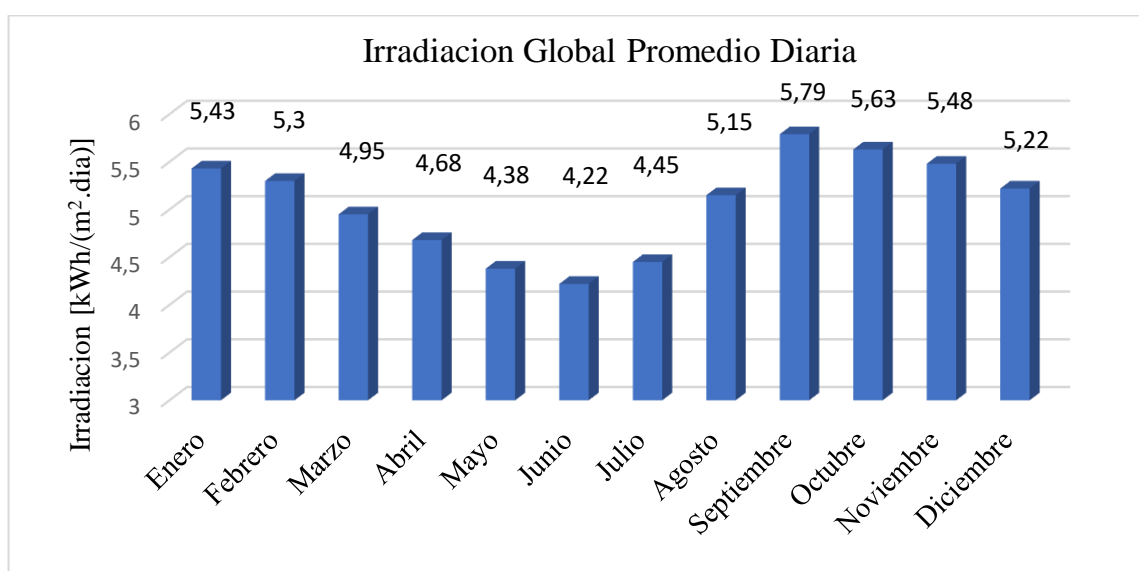


Figura 4.5 Curva de la irradiación global promedio diaria

Acorde con la tabla 4.4 y la figura 4.5, septiembre tuvo la irradiación promedio más alta con 6,41 kWh/(m²-día), mientras que junio tuvo la menor irradiación con 4,84 kWh/(m²-día). Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico off-grid de autoconsumo, se considera la menor irradiación.

4.6 Demanda eléctrica del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Para determinar los datos de la demanda energética del bloque “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi se la realiza mediante el uso de un analizador de redes que, mediante una resolución establecida por la ARCENRRR, estos equipos de medida y/o analizadores de red deben cumplir con los requerimientos de las normas IEC 61000-4-7 2 e IEC-61000-4- 303, o sus reformas.

Para cada mes, la medición, registro y almacenamiento de los valores de cada punto seleccionado se efectuará durante un período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, en intervalos de 10 minutos. Bajo este criterio se desarrolla una medición de 15 días desde el 09 de mayo hasta el 23 de mayo del 2022.

Con ayuda del Analizador de redes de la marca “Fluke 435 series II” (ver anexo 9 su ficha técnica) se determinó la demanda del bloque “B” de la universidad. En la figura 4.6 se muestra el intervalo de registro de los datos para realizar el análisis de demanda eléctrica en el lugar de estudio.



Figura 4.6 Analizador de redes “Fluke 435 series II”



Resumen de medición	
Topología de medición	Trifásico
Modo de aplicación	Registrador
Primera medida	09/05/2022 07:15:42
Última medida	23/05/2022 08:20:12
Intervalo de grabación	0h 10m 0s 0mseg
Tensión nominal	220V
Corriente nominal	300A
Frecuencia nominal	60 Hz
Hora de inicio del archivo	09/05/2022 07:15:42
Hora de fin del archivo	16/05/2022 08:20:12
Duración	15d 0h 0m 0s 0mseg
Número de eventos	Normal: 323 Detalle: 678
Eventos descargados	Si
Número de pantallas	0
Pantallas descargadas	Si

Figura 4.7 Configuración del analizador de redes

Según el ARCENRRR se puede determinar la demanda de un lugar de estudio con un mínimo de 7 días, por lo tanto, se considerará la demanda de la semana que comprende desde el 16 de mayo hasta el 22 de mayo, estos datos se visualizan en la siguiente tabla.

Tabla 4.5 Datos de la curva de demanda total mensual del bloque “B” de la Universidad

POTENCIA ACTIVA TOTAL MEDIA								
Lugar: Tablero Principal del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi							Unidades: kW	
N°	Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	1:00:00	3,98	5,27	5,84	5,59	6,55	4,19	3,65
2	2:00:00	4	5,26	5,85	5,61	6,65	4,2	3,67
3	3:00:00	3,98	5,25	5,87	5,31	6,58	4,2	3,68
4	4:00:00	3,99	5,28	5,91	5,23	6,68	4,24	3,7
5	5:00:00	3,98	5,29	5,91	5,22	6,6	4,2	3,67
6	6:00:00	4,18	5,42	6,02	5,32	6,78	4,18	3,68
7	7:00:00	7,91	8,89	9,1	8,58	9,07	4,17	3,7
8	8:00:00	21,34	21,54	20,77	22,03	22,26	4,56	4,2
9	9:00:00	26,18	25,74	25,99	27,73	26,91	7,06	5,89
10	10:00:00	27,37	28,31	30,33	28,3	27,24	7,2	6,19
11	11:00:00	27,71	29,06	29,6	27,76	30,61	6,85	6,18
12	12:00:00	26,79	28,32	27,86	29,24	27,92	6,72	5,55
13	13:00:00	25,52	26,73	28,68	29,93	28,32	6,69	4,62
14	14:00:00	25,26	28,15	29,04	28,38	27,8	5,44	3,88
15	15:00:00	26,72	28,52	30,31	27,87	27,92	5,71	4,02
16	16:00:00	25,99	29,38	30,42	29,22	27,8	5,6	3,97
17	17:00:00	26,51	27,5	30,39	28,75	26,9	5,08	3,91
18	18:00:00	29,7	30,18	30,16	29,61	27,36	4,95	4,46
19	19:00:00	33,7	32,92	30,41	30,63	33	5,1	4,87
20	20:00:00	32,07	33,07	30,03	28,66	29,41	5,03	4,87
21	21:00:00	29,19	28,8	28,4	23,96	23,97	4,99	4,93
22	22:00:00	23,06	22,43	23,6	18,87	17,41	4,82	4,83
23	23:00:00	8,99	7,26	10,8	10,22	7,55	4,04	4,06
24	0:00:00	5,21	5,26	7,2	5,11	4,9	3,64	3,97

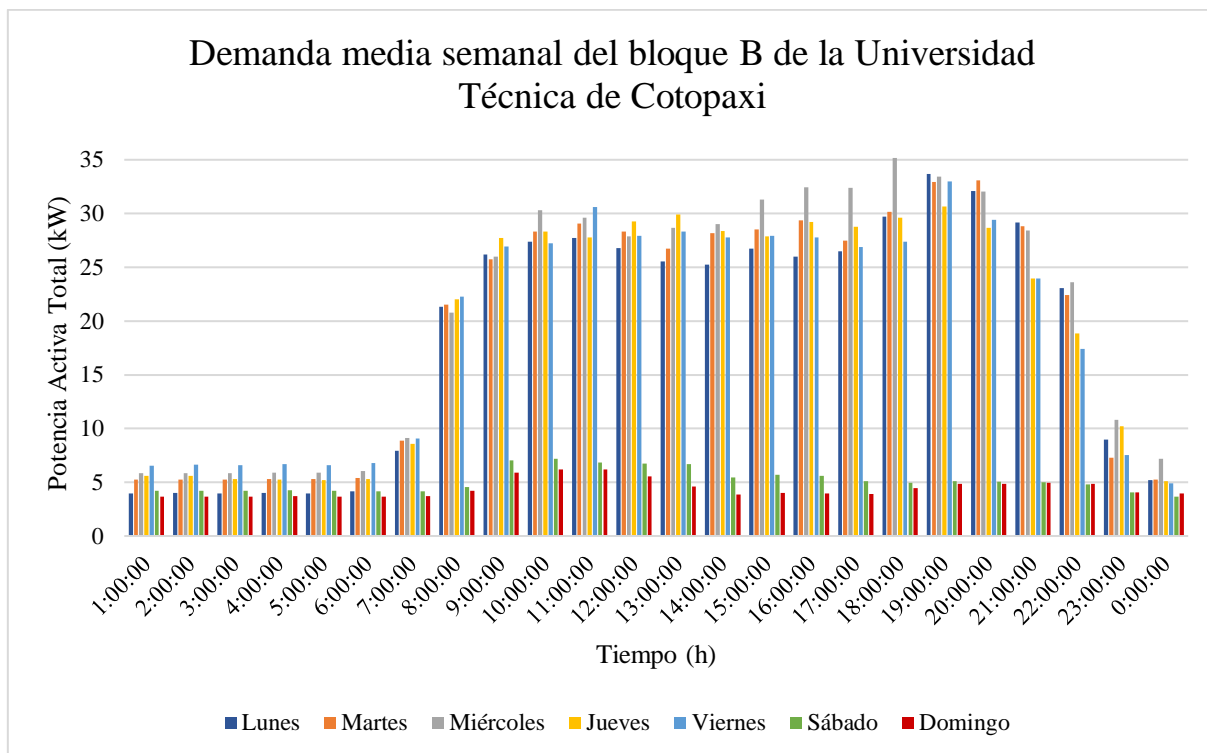


Figura 4.8 Demanda media semanal del bloque “B” de la UTC

En la figura 4.8 se aprecia el comportamiento de la demanda energética del bloque “B”, en donde se puede visualizar que el miércoles tiene mayor actividad, contando con una potencia máxima de 35,16 kW a las 6:00 pm. Desde las 8:00 am hasta las 5:00 pm, donde va a entrar en funcionamiento el sistema fotovoltaico off-grid de autoconsumo.

4.7 Orientación e inclinación

El conjunto de paneles solares debe ubicarse de manera que se evite en lo mayor posible sus zonas de sombra, con una orientación e inclinación óptima y a una distancia adecuada entre sus filas, para así asegurar su adecuado funcionamiento.

El criterio de orientación de los paneles para tener un mayor rendimiento en el sistema fotovoltaico es que se encuentren perpendiculares a la dirección de los rayos del sol. Para lo cual se tiene las siguientes consideraciones.

1. Al Norte de la línea ecuatorial, se tiene que orientar los paneles hacia el Sur.
2. Al Sur de la línea ecuatorial, los paneles deben estar orientados hacia el Norte.
3. Sobre la línea del ecuador, los paneles deben estar a 0° de inclinación.

Por lo tanto, considerando la latitud del lugar de interés a $-0,9179^\circ$ de la línea ecuatorial, la orientación que debe tomar es con vista hacia el norte.

En la figura 4.9 se observa la ubicación de la terraza del bloque B de la Universidad con respecto a los ejes o puntos cardinales para considerar la posición de los paneles fotovoltaicos, según [16]: en esta zona existe menor interferencia entre la trayectoria solar y la estructura propia del edificio lo cual ayuda reducir las pérdidas por sombra.

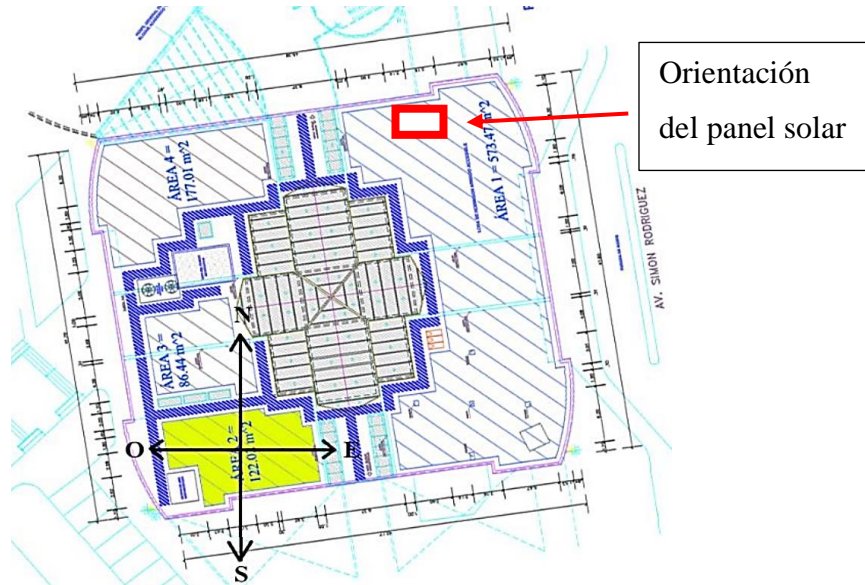


Figura 4.9 Orientación del panel solar en la terraza del bloque B en puntos cardinales

4.7.1 Ángulo de inclinación

Para determinar la inclinación adecuada para el panel fotovoltaico se lo realiza en función de la latitud de la Universidad Técnica de Cotopaxi que es “ $0,9202^\circ$ ”, para lo cual se aplica la ecuación 4.2.

$$\beta = 3,7 + 0,69 (\text{Latitud}) \quad (4.2)$$

Donde:

- $\beta = \text{Ángulo de inclinación}$

$$\beta = 3,7 + 0,69 (0,9202^\circ)$$

$$\beta = 4.3333441^\circ \approx 4.33^\circ \rightarrow 15^\circ$$

Como puede observarse el ángulo óptimo es de $4,33^\circ$, no obstante, la inclinación del panel fotovoltaico aumenta a 15° , para ayudar a que el agua de las lluvias se drene fácilmente lavando

los polvos o sólidos impregnados por suspensión del aire, este tema es de mantenimiento y limpieza.

4.7.2 Cálculo de pérdidas inclinación

Según el Código Técnico de la Edificación establecido por el gobierno español, se ha determinado que se puede tener desde el 10% al 40% de pérdidas dependiendo de la situación o el caso. En el caso general, se tiene una cobertura del 10%, considerando cuando se desee instalar módulos o paneles fotovoltaicos encima de una losa, en la situación de superposición es permitido un 20%, cuando se cuenta con techos muy inclinados, además en el caso de una integración arquitectónica, se refiere a reemplazar algunos elementos estructurales por ejemplo ventanas solares para acoplar a las edificaciones. [17]

Tabla 4.6 Pérdidas límite

CASO	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN
General	10%
Superposición	20%
Integración Arquitectónica	40%

Para determinar las pérdidas por orientación e inclinación se utiliza la siguiente ecuación.

$$P_{OI} = (1.2 \cdot 10^{-4} * (\beta - \text{Latitud} + 10)^2) \text{ para } \beta \leq 15^\circ \quad (4.3)$$

Donde:

- P_{OI} = Pérdidas por Inclinación
- β = Inclinación

$$P_{OI} = (1.2 * 10^{-4} * (15 - 0,9202 + 10)^2); \beta \leq 15^\circ$$

$$P_{OI} = 0,0696 \approx 6,96 \%$$

Las pérdidas resultantes son menores al límite del 10% señalado en la tabla 4.6.

4.8 Cálculo del número de paneles solares

Dentro del estudio se plantea que los paneles solares que se seleccionen sean instalados en la terraza de la terraza del bloque “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Por lo tanto, se selecciona un panel solar monocristalino de fácil acceso en el mercado, de alto rendimiento y

que es muy utilizado para sistemas de generación fotovoltaica Off – Grid, es de la marca “BYD”, modelo “385 M6K 36”, visualizado en la figura 4.10.

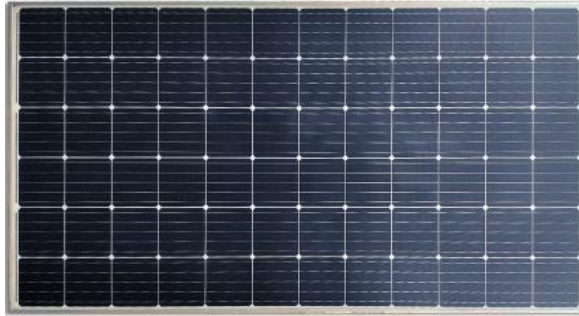


Figura 4.10 Panel solar BYD

De la figura 4.10 se puede observar que las dimensiones generales del panel solar son:

- Largo: 1962 mm equivalente a 1,96 m
- Ancho: 992 mm equivalente a 0,99 m
- Espesor: 35 mm
- Longitud del cable: 1200 mm equivalente a 1,2 m

En la tabla 4.7 se detallan varias características principales del panel solar seleccionado de la marca de la marca “BYD”, modelo “385 M6K 36” y en el anexo 1 se puede observar sus características mecánicas, características eléctricas y sus características térmicas.

Tabla 4.7 Características del panel solar

Parámetro	Valor
Potencia de salida	385 Wp
Voltaje máximo	41,36 V
Corriente máxima	9,32 A
Irradiación de evaluación	1000 W/m ²
Dimensiones	1996 x 992 x 35 (mm)
Rendimiento	18,788 %
Voltaje en circuito abierto	49,95 V
Corriente de cortocircuito	9,83 A

Número de celdas	72
Peso	22,1 kg

4.8.1 Potencia del sistema fotovoltaico

La radiación más favorable se encuentra en el mes de septiembre, por lo tanto, se realiza el dimensionamiento del sistema fotovoltaico off – grid, considerando la mayor irradiancia media cuyo valor registrado fue de 810,08 W/m² a las 11h00. Adicional según la tabla 4.5 la demanda promedio máxima a esa hora es de 30,61 kW, este valor se debe de considerar un 13 % debido a las pérdidas por inclinación, cableado e inversor.

$$P_{GFV} = (P_{nominal})(\vartheta) [kW] \quad (4.4)$$

Donde:

- P_{GFV} = Potencia del generador fotovoltaico
- $P_{nominal}$ = Potencia nominal instalada
- ϑ = 10 % – 20 %

$$P_{GFV} = 30,61 \text{ kW} \cdot 1.13$$

$$P_{GFV} = 34,59 \text{ kW}$$

Finalmente se estima que la máxima potencia es de 34,59 kW. Para determinar la cantidad de paneles solares que son necesarios se determina mediante la ecuación 4.5

$$N_{PS} = \frac{P_{max}}{P_{PS}} \quad (4.5)$$

Donde:

- P_{max} = Potencia máxima del sistema fotovoltaico (kW)
- N_{PS} = Número de paneles solares
- P_{PS} = Potencia pico de cada panel solar (W)

$$N_{PS} = \frac{34,59 \text{ kW}}{385 \text{ Wp}}$$

$$N_{PS} = 89,84 \approx 90$$

El resultado de 89,84 paneles solares se puede redondear a 90 paneles considerando una potencia fotovoltaica de 34,7 kW.

4.8.2 Cantidad de paneles solares en serie o paralelo

Distancia mínima entre módulos se hace uso de la siguiente ecuación para encontrar la altura proyectada sobre la horizontal de una fila, con los 15° de inclinación y el ancho del panel fotovoltaico ($A = 992$ m).

$$h = A \times \text{sen}(\beta) \quad (4.6)$$

$$h = 0,992 \text{ m} \times \text{sen}(15^\circ)$$

$$h = 0,26 \text{ m}$$

Al resultado, se le añade la altura de las bases estructurales. Por tanto, la altura total (hT) es la siguiente:

$$hT = 0,26 \text{ m} + 0,12\text{m} \quad (4.7)$$

$$hT = 0,38 \text{ m}$$

Después, con la altura de $0,26$ m y la latitud, se calcula la distancia (d).

$$d = \frac{h}{\text{tg}(61-\phi)} \quad (4.8)$$

$$d = \frac{0,38 \text{ m}}{\text{tg}(61 - 0.91789^\circ)}$$

$$d = 0,22 \text{ m}$$

Seguidamente, se procede a obtener la distancia mínima ($D_{\text{mín}}$).

$$D_{\text{mín}} = d + A \times \cos(\beta) \quad (4.9)$$

$$D_{\text{mín}} = 0,22 \text{ m} + 992 \text{ m} \times \cos(15^\circ)$$

$$D_{\text{mín}} = 1,18 \text{ m}$$

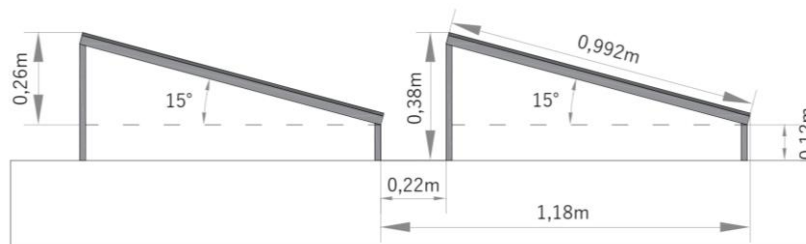


Figura 4.11 Distancia mínima entre filas horizontales de paneles fotovoltaicos

Además, es necesario considerar una distancia de al menos 1 metro para mantenimiento de los paneles fotovoltaicos y circulación peatonal.

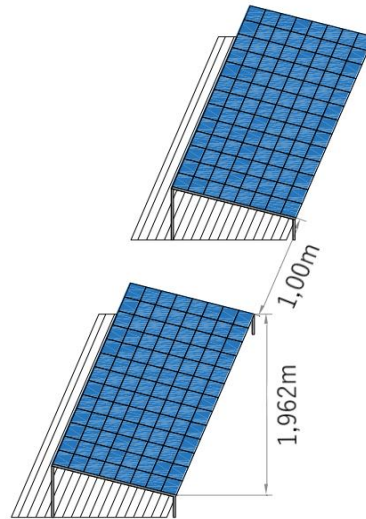


Figura 4.12 Distancia entre paneles para mantenimiento y circulación peatonal.

4.8.3 Cantidad de paneles solares en serie o paralelo

El rango de tensión de entrada que soporta el inversor varía entre 200 y 820 Vdc, para lo cual, se considerará el valor intermedio de 400 Vdc para los cálculos de conexión en serie y paralelo de los paneles solares, quedando su configuración de la siguiente manera.

$$N_{p \text{ en } s} = \frac{V_{\max \text{ inv}}}{V_{\max \text{ PV}}} \quad (4.10)$$

Donde:

- $N_{p \text{ en } s}$ = Número de paneles solares en serie
- $V_{\max \text{ inv}}$ = Tensión máxima de entrada del inversor (Vdc)
- $V_{\max \text{ PV}}$ = Tensión máxima del panel solar (Vdc)

$$N_{p \text{ en } s} = \frac{520 \text{ Vdc}}{36,2 \text{ Vdc}}$$

$$N_s = 14,37 = 15$$

Por lo tanto, la configuración en serie es de 15 grupos, de los cuales cada grupo tendrá disposición de 6 paneles conectados en paralelo, como se muestra en la figura 4.13.

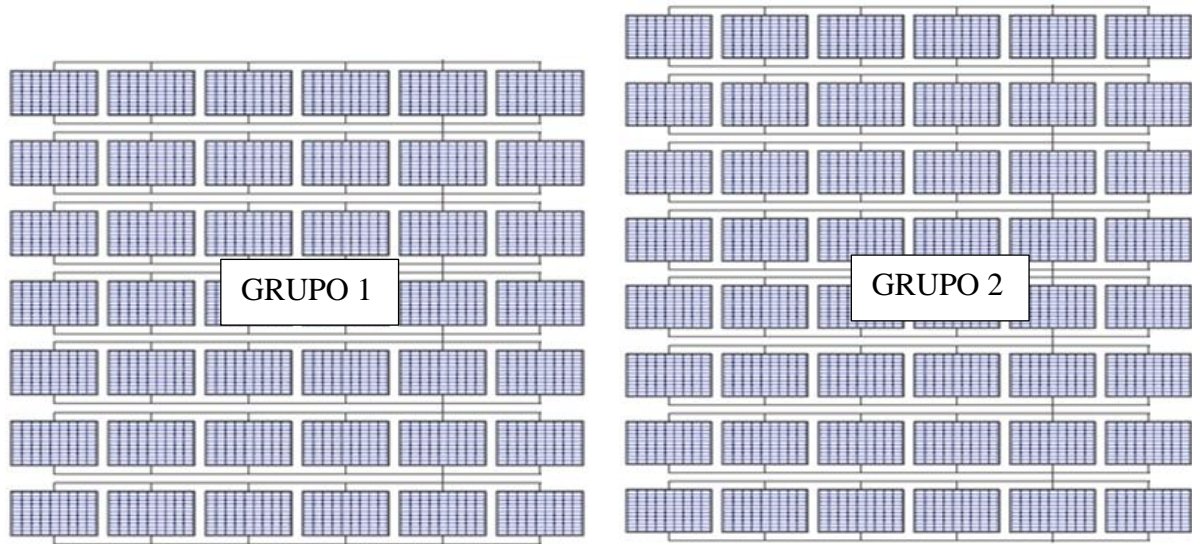


Figura 4.13 Conexión de los paneles solares

4.9 Selección del inversor

Como la potencia pico de generación de los 90 paneles solares es de 34,7 kW, para la selección del inversor se toma en consideración este valor, por lo tanto, se selecciona un equipo electrónico de alta capacidad de tipo MPPT que va a hacer trabajar al panel solar en su punto de máxima potencia, ideal para sistemas fotovoltaicos aislados Off – Grid, sus características se presentan en la tabla 4.8.

Tabla 4.8 Características del inversor

Parámetro	Valor
Marca	Ingecon Sun 33 TL M
Rango de tensión de entrada	200 – 820 Vdc
Tensión de salida	120 Vac / 220 Vac
Frecuencia de salida	60 Hz
Potencia del sistema fotovoltaico	34 kW – 45 kW
Rendimiento	98,5 %

Para determinar la cantidad de inversores que necesita el sistema fotovoltaico se aplica la ecuación 4.11 que menciona lo siguiente.

$$N_I = \frac{P_{max}}{P_{max\ inv}} \quad (4.11)$$

Donde:

- P_{max} = Potencia máxima del sistema fotovoltaico (kW)
- N_I = Número de inversores
- P_{maxinv} = Potencia máxima del inversor (kW)

$$N_I = \frac{34,7 \text{ kW}}{45 \text{ kW}}$$

$$N_I = 0,77 = 1$$

De esta manera se tiene que para un total de generación de potencia máxima del sistema fotovoltaico de 34,7 kW es necesario 1 solo inversor que soportan un máximo de 45 kW.

4.10 Cálculo de las protecciones eléctricas

Como el inversor seleccionado tiene la opción de utilizar dos entradas de tensión del generador fotovoltaico, se divide en 2 grupos, uno de 42 paneles solares y el otro grupo de 48 paneles solares manteniendo la misma configuración.

4.10.1 Cálculo de las protecciones grupo 1 de paneles solares

La potencia que genera el primer grupo de paneles solares es de 16,17 kW a una tensión de 253,4 V, por lo tanto, la corriente se determina por medio de la ecuación 4.12.

$$I = \frac{P}{U} * f_{sb} \quad (4.12)$$

Donde:

- I = Corriente de protección (A)
- P = Potencia del elemento (W)
- U = Tensión de alimentación (V)
- f_{sb} = Factor de sobrecarga 1,15

$$I = \frac{16170 \text{ W}}{253,4 \text{ V}} * 1,15$$

$$I = 73,38 \text{ A}$$

Esta cantidad de corriente circula por el primer grupo de paneles solares es de 73,83 A, seleccionando de manera comercial una protección de 80 A.

4.10.2 Cálculo de las protecciones grupo 2 de paneles solares

La potencia que genera el segundo grupo de paneles solares es de 18,48 kW a una tensión de 289,6 V, por lo tanto, la corriente se determina por medio de la ecuación 4.12.

$$I = \frac{18480 \text{ W}}{289,6 \text{ V}} * 1,15$$

$$I = 73,38 \text{ A}$$

La cantidad de corriente del segundo grupo es de 73,38 A, seleccionando de manera comercial una protección de 80 A.

4.10.3 Cálculo de las protecciones contra sobretensiones grupo 1

Para determinar las protecciones eléctricas contra sobretensiones es necesario determinar que dentro del primer grupo 42 paneles solares divide en 7 filas conectadas en serie y que el dato del panel solar para una tensión en circuito abierto es de 49,95 Vdc, por lo tanto, se aplica la siguiente ecuación.

$$V_{ST} = N_{PS} \cdot V_{CO} \quad (4.13)$$

Donde:

- V_{ST} = Protección contra sobretensiones (V)
- N_{PS} = Número de grupo de paneles conectados en serie por grupo
- V_{CO} = Tensión en circuito abierto (sin carga) (Vdc)

$$V_{ST} = 7 \cdot 49,95 \text{ Vdc}$$

$$V_{ST} = 349,65 \text{ Vdc}$$

La protección que se debe seleccionar para sobretensiones de manera comercial es de 350 V.

4.10.4 Cálculo de las protecciones contra sobretensiones grupo 2

Para el segundo grupo de paneles solares que son 48 se debe divide en 8 filas conectadas en serie y que el dato del panel solar para una tensión en circuito abierto es de 49,95 Vdc, por lo tanto, con la ecuación 4.13 se obtiene lo siguiente.

$$V_{ST} = 8 \cdot 49,95 \text{ Vdc}$$

$$V_{ST} = 399,6 \text{ Vdc}$$

La protección que se debe seleccionar para sobretensiones de manera comercial es de 400 V.

4.10.5 Cálculo de las protecciones AC

Para determinar las protecciones eléctricas a la salida de cada inversor se necesitan los parámetros de la potencia del inversor que es de 45 kW y la tensión de salida de 220 Vac, se aplica la ecuación 4.14.

$$I_{AC} = \frac{P}{\sqrt{3} * U} * fsb \quad (4.14)$$

Donde:

- I_{AC} = Corriente de protección (A)
- P = Potencia del elemento (W)
- U = Tensión de alimentación (V)
- fsb = Factor de sobrecarga

$$I_{AC} = \frac{45000 \text{ W}}{\sqrt{3} * 220 \text{ V}} * 1,15$$

$$I_{AC} = 135,8 \text{ A}$$

4.10.6 Resumen de las protecciones

A continuación, se presenta en la tabla 4.9 con el resumen de los cálculos de las protecciones eléctricas que se determinaron en el sistema de generación fotovoltaico.

Tabla 4.9 Resumen de las protecciones eléctricas

Protección	Corriente o Voltaje	Cantidad
Interruptor termomagnético bipolar de corriente continua	Corriente: 80 A	2 (1 por cada grupo)
Limitador de sobretensiones de corriente continua	Voltaje: 350 Vdc	Grupo 1
	Voltaje: 400 Vdc	Grupo 2
Interruptor termomagnético para corriente alterna tipo caja moldeada	Corriente: 150 A	1 (general)

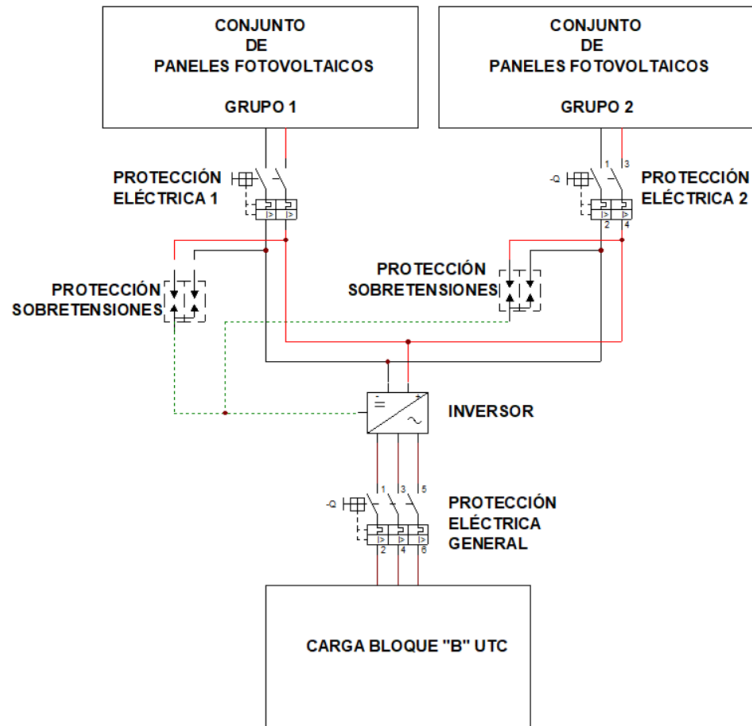


Figura 4.14 Diagrama del circuito de protecciones eléctricas

4.10.7 Dimensionamiento de conductores

Para la selección del calibre del conductor del sistema se utiliza la corriente determinada en las ecuaciones anteriores y el uso de una tabla de calibres normalizada que se visualiza en el anexo 3 se realiza el dimensionamiento del conductor por el método de ampacidad.

Tabla 4.10 Dimensionamiento de los conductores eléctricos

Tramo	Corriente o Voltaje	Tipo de conductor
Tramo que comprende desde el conjunto de instalación fotovoltaica grupo 1 hasta la entrada del inversor	Corriente: 80 A	4 AWG (19 hilos) soporta 95 A
Tramo que comprende desde el conjunto de instalación fotovoltaica grupo 2 hasta la entrada del inversor	Corriente: 80 A	4 AWG (19 hilos) soporta 95 A
Tramo que comprende desde el inversor hasta la protección general tipo caja moldeada	Corriente: 150 A	1 AWG (19 hilos)

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El presente apartado detalla el desarrollo de la simulación del sistema de generación fotovoltaica y el análisis de la demanda del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

5.1 Software de simulación

Para la simulación en cuanto a los elementos involucrados en el sistema fotovoltaico Off – Grid se utilizó el software PVsyst que cuenta con una versión estudiantil, permitiendo el estudio, la simulación y el análisis de datos de sistemas fotovoltaicos. Este software permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica y que tiene en cuenta la proyección de sombras gracias a la simulación del movimiento del sol durante el día.

5.1.1 Análisis de simulación

En la figura 5.1 se visualiza el entorno del software “PVsyst” en donde se debe ingresar los datos del lugar de interés para el estudio en la pestaña de “Mapa Interactivo”.

- Ciudad: Latacunga
- Lugar: Universidad Técnica de Cotopaxi
- Coordenadas: -78,6322; -0,9179

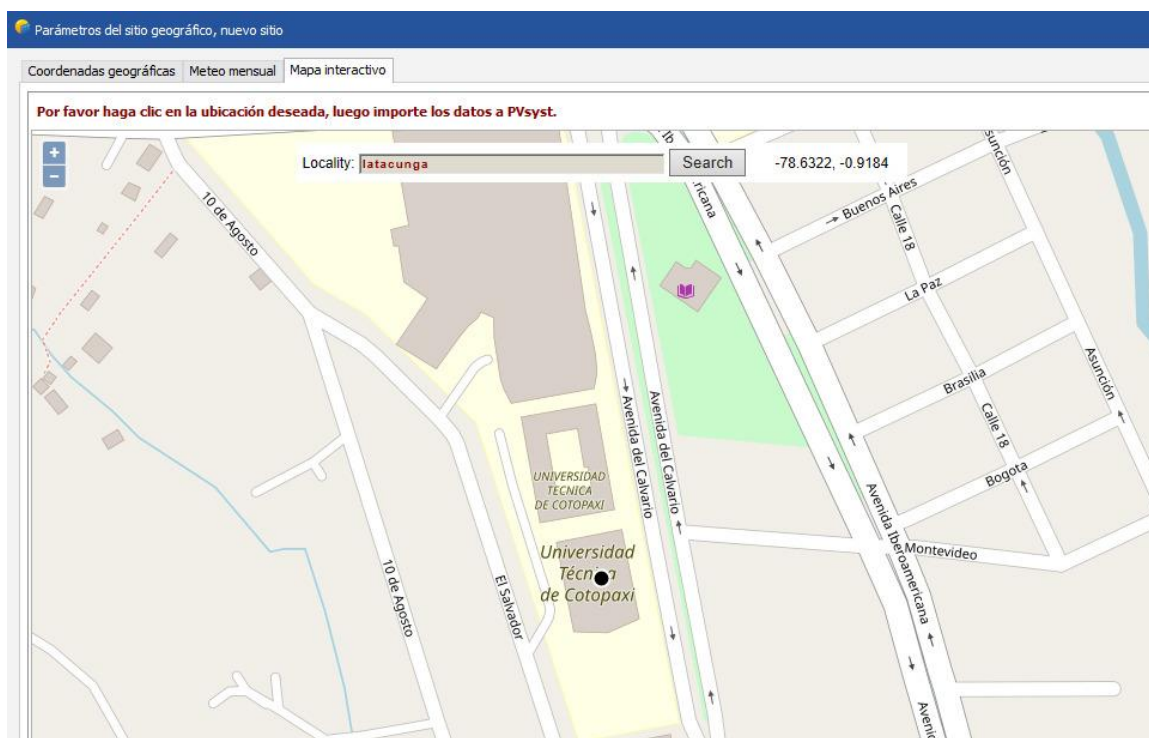


Figura 5.1 Selección de ubicación del lugar de interés

Se determinó que el ángulo óptimo de inclinación es de $4,33^\circ$, lo cual por motivos de limpieza y mantenimiento se optará por considerar el ingreso de dato en el software a 15° y un azimut de 0° . Adicional el tipo de campo para los paneles solares serán de tipo plano inclinado fijo, como se muestra en la figura 5.2.

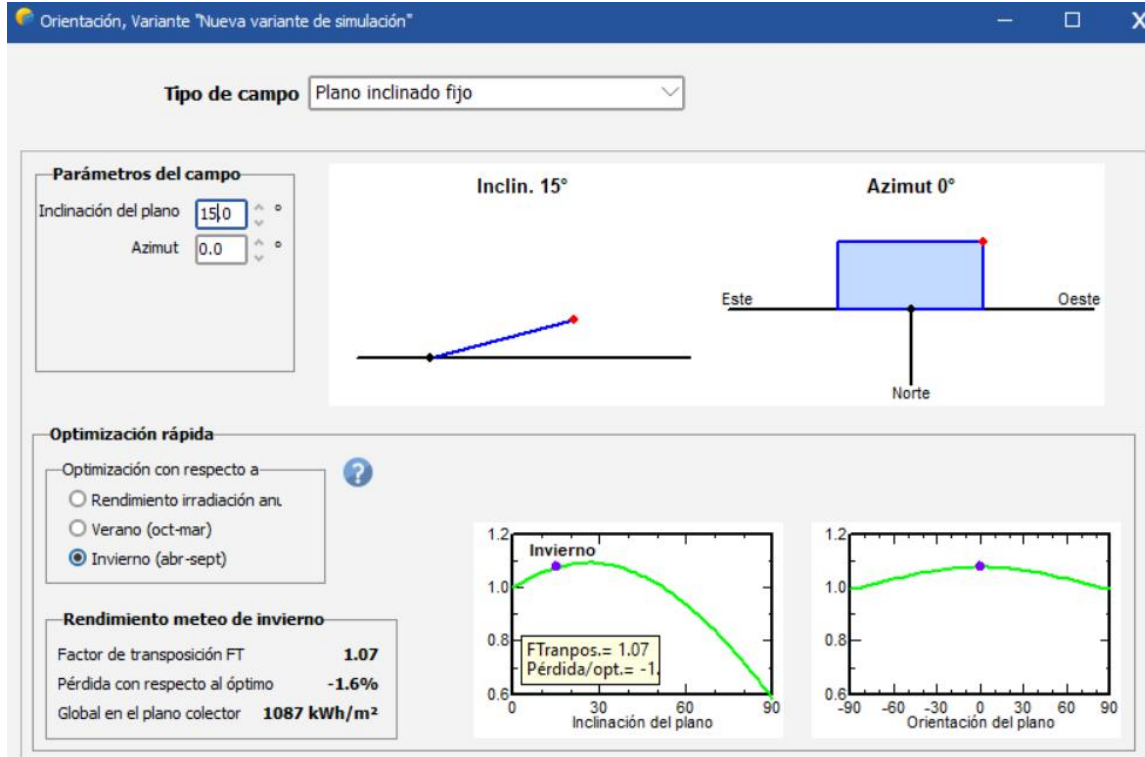


Figura 5.2 Selección del ángulo de inclinación y azimut

Con los datos ingresados de la ubicación geográfica, el software automáticamente desarrolla una simulación en base a la radiación solar que tiene registrada, de igual manera se consideró el ángulo de 15° de inclinación hacia el norte con un azimut de 0° .

5.1.2 Selección del panel solar

En la siguiente figura se pueden observar que se seleccionó el panel solar de la marca “BYD” de 385 Wp monocristalino.

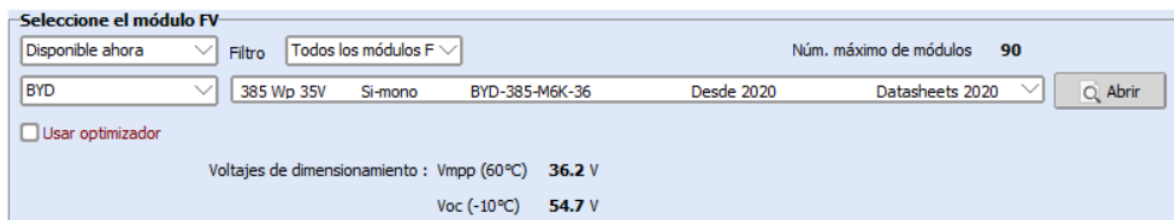


Figura 5.3 Selección del panel solar

Para realizar algún cambio de valor en las características del panel solar o solamente verificar esos datos se puede ingresar a la pestaña “abrir” de la figura 5.4.

Figura 5.4 Características del panel solar (continuación)

De la figura 5.4 se pueden observar los datos ingresados correspondientes al panel solar con las siguientes especificaciones.

- Potencia nominal: 385 Wp
- Condiciones de referencia: 1000 W/m²
- Corriente de cortocircuito: 9,83 A
- Número de células: 72
- Tensión en circuito abierto: 49,95 V
- Temperatura de referencia: 25 °C

En la pestaña de “Gráficos” del software, se puede seleccionar y generar varios tipos de curvas según el interés como:

- Corriente vs voltaje
- Potencia vs voltaje
- Eficiencia vs Irradiancia
- Eficiencia vs Temperatura

Cada gráfica se realizó en función de la irradiación incidente con valores de 200, 400, 600, 800 y 1000 W/m² que son valores de radiación que varían en función de la hora del día. En la siguiente figura se puede observar los parámetros para la generación de estas curvas con una vista previa.

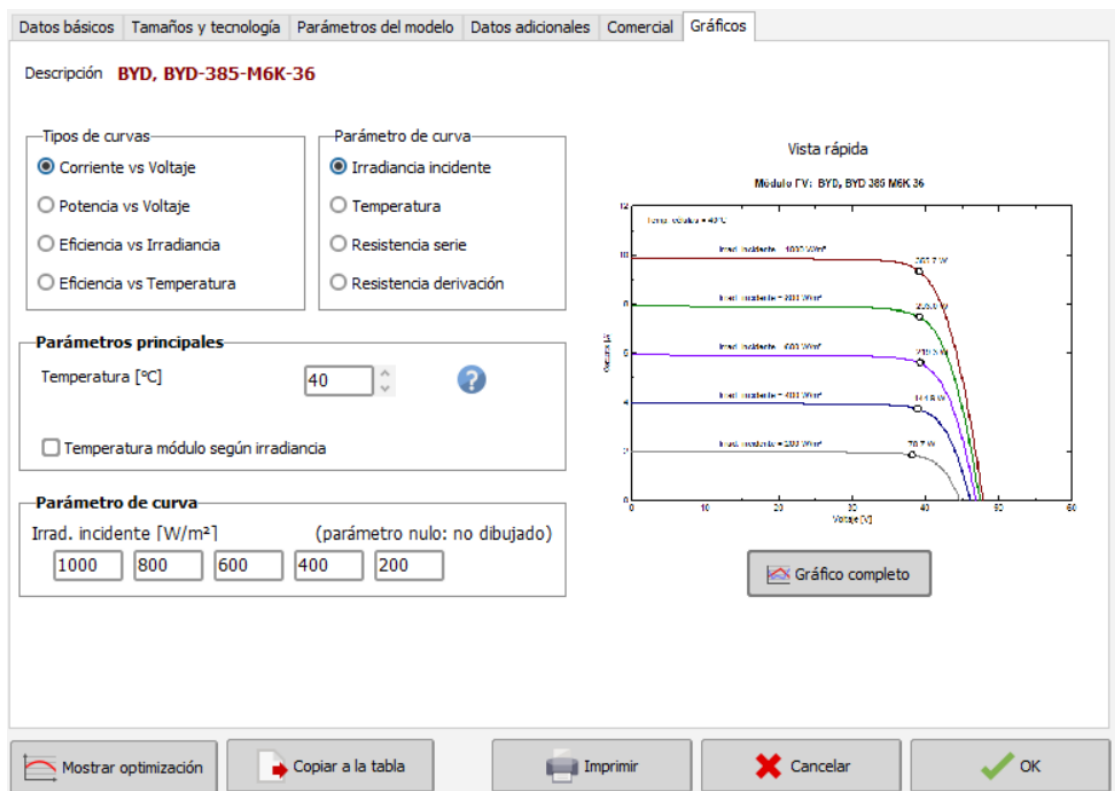


Figura 5.5 Generación de curvas

En la figura 5.6 se puede apreciar la gráfica seleccionada “corriente vs voltaje” adicional se observan 3 parámetros que son la irradiancia incidente, la potencia nominal y la temperatura de las células del panel solar. Las otras curvas del panel solar se pueden visualizar en el anexo 11.

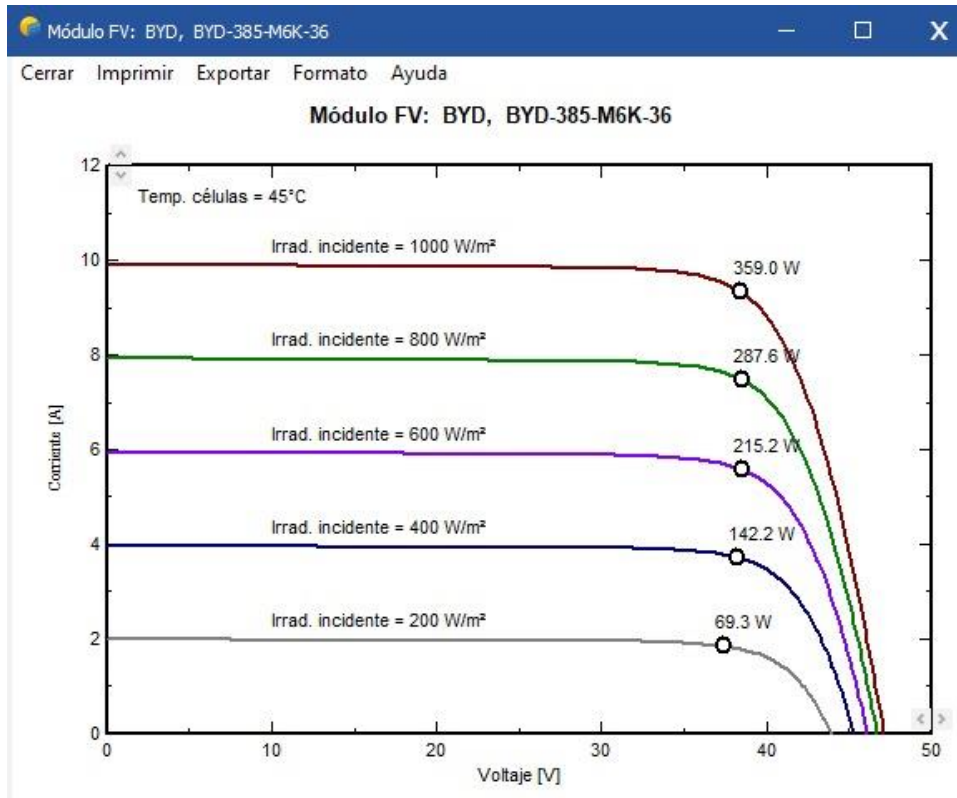


Figura 5.6 Gráfica de la corriente en función del voltaje

5.1.3 Selección del inversor

En la figura 5.7 se puede observar que se seleccionó un panel solar de la marca “Ingeteam” de 33 kW con 2 entradas de MPPT.



Figura 5.7 Gráfica de la corriente en función del voltaje

Para realizar algún cambio de valor en las características del inversor o solamente verificar esos datos se puede ingresar a la pestaña “abrir” de la figura 5.7.

En la siguiente figura se observa el tipo de inversor seleccionado por el software que es de tipo MPPT con las siguientes especificaciones.

- Voltaje MPP mínimo: 200 V
- Voltaje MPP máximo: 820 V

- Voltaje FV máximo absoluto: 1000 V
- Umbral de potencia: 165 W
- Potencia FV nominal: 34 kW
- Corriente FV máxima: 45 A
- Salida de red: trifásico
- Frecuencia: 50/60 Hz
- Corriente de salida 48 A
- Rendimiento: 98,20%
- Anchura: 650 mm
- Profundidad: 250 mm
- Altura: 650 mm

The screenshot shows the configuration interface for an inverter. It is divided into several sections:

- Parámetros principales:**
 - Modelo: Ingecon Sun 33TL M
 - Fabricante: Ingeteam
 - Nombre de archivo: IngeconSun_33TLM.ond
 - Fuente de datos: Manufacturer 2021
 - Definición de parámetros personalizados
 - Prod. desde 2017
- Lado de entrada (Campo FV CC):**
 - Voltaje MPP mínimo: 200 V
 - Voltaje mín. para PNom: 430 V
 - Corriente máxima por MPPT: 39.0 A
 - Voltaje MPP nominal: 600 V
 - Voltaje MPP máximo: 820 V
 - Voltaje FV máx. absoluto: 1000 V
 - Umbral de potencia: 165 W (Defecto checkbox)
 - Especificación contractual, sin significado físico verdadero: Requerido checkbox
 - Potencia FV nominal: 34.0 kW
 - Potencia FV máxima: 45.0 kW
 - Corriente FV máxima: N/A A
- Lado de salida (Red CA):**
 - Monofásico:
 - Trifásico:
 - Bifásico:
 - Frecuencia: 50 Hz (checked), 60 Hz (checked)
 - Voltaje de red: 220 V
 - Potencia de CA nominal: 33.0 kVA
 - Potencia CA máxima: 33.0 kVA
 - Corriente CA nominal: 47.6 A
 - Corriente CA máxima: 47.6 A
- Eficiencia:**
 - Eficiencia máxima: 98.50%
 - Eficiencia EURO: 98.30%
 - Eficiencia definida para 3 voltajes:

Figura 5.8 Características del inversor

A continuación, en la figura 5.9 se tiene la curva de rendimiento del inversor en función de la potencia de entrada del sistema de generación fotovoltaico, como se puede observar el rendimiento es muy cercano al 100%, precisamente tiene un valor de 98,30%. Existen otras curvas para analizar del inversor como: rendimiento en la potencia de salida y la curva entre potencia de entrada y potencia de salida, visualizadas en el anexo 12.

Tabla 5.1 Datos para la generación de la curva de rendimiento del inversor

Potencia kW	Rendimiento %
0,10	0
0,60	91,47
1	94,50
2	96,74
4	97,80
6	98,09
12	98,20
20	97,99

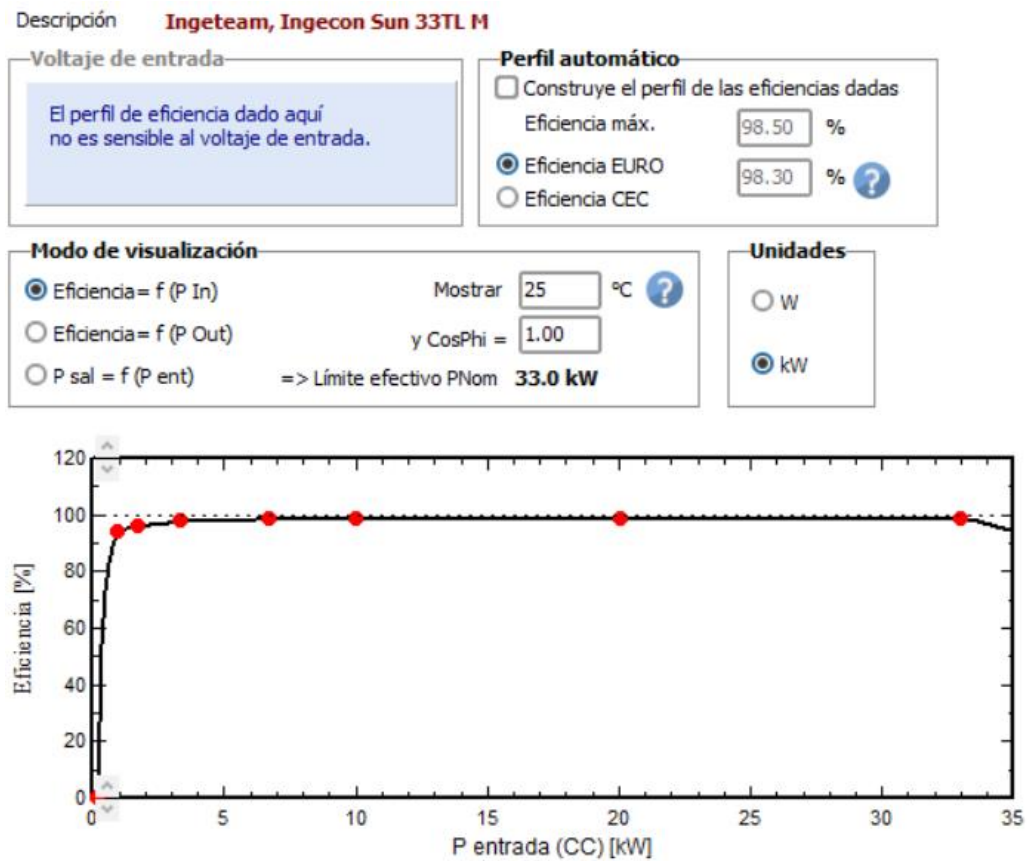


Figura 5.9 Curva de rendimiento del inversor

5.1.4 Pérdidas del sistema

Dentro de las pérdidas del sistema fotovoltaico, principalmente se tienen las pérdidas térmicas y las pérdidas por suciedad. En la siguiente figura el software brinda un valor de equivalencia a las pérdidas térmicas en función de los datos de radiación y lugar de ejecución ingresados al inicio. La velocidad del viento es una variable que tiene un desprecio dentro del estudio del sistema fotovoltaico, por tal razón, el factor de pérdida por viento será nulo.

Figura 5.10 Pérdidas térmicas de un sistema fotovoltaico

En las pérdidas por suciedad se ha catalogado un porcentaje a cada mes, como se observa en la figura 5.11 este porcentaje no sobrepasa los 3,5 %.

Valores mensuales de suciedad	
Ene.	3.3 %
Feb.	2.5 %
Mar.	3.2 %
Abr.	3.1 %
Mayo	2.9 %
Jun.	3.0 %
Jul.	2.8 %
Ago.	2.9 %
Sep.	3.4 %
Oct.	3.2 %
Nov.	2.9 %
Dic.	3.5 %

Figura 5.11 Pérdidas por suciedad de un sistema fotovoltaico

5.1.5 Resultados de simulación

En la siguiente figura se tiene el diseño del conjunto fotovoltaico, con un número de paneles solares en serie de 15 y 6 conectados en paralelo, todo el conjunto ocupa un área de 175 m² y no existe ningún tipo de problema para ejecutar la simulación.



Figura 5.12 Resumen del parámetro del diseño

Dentro de los resultados principales de la simulación se tiene que la producción del sistema es de 103,5 MWh/año y la producción específica es de 1528 kWh/kWp/año detallado en la siguiente figura.

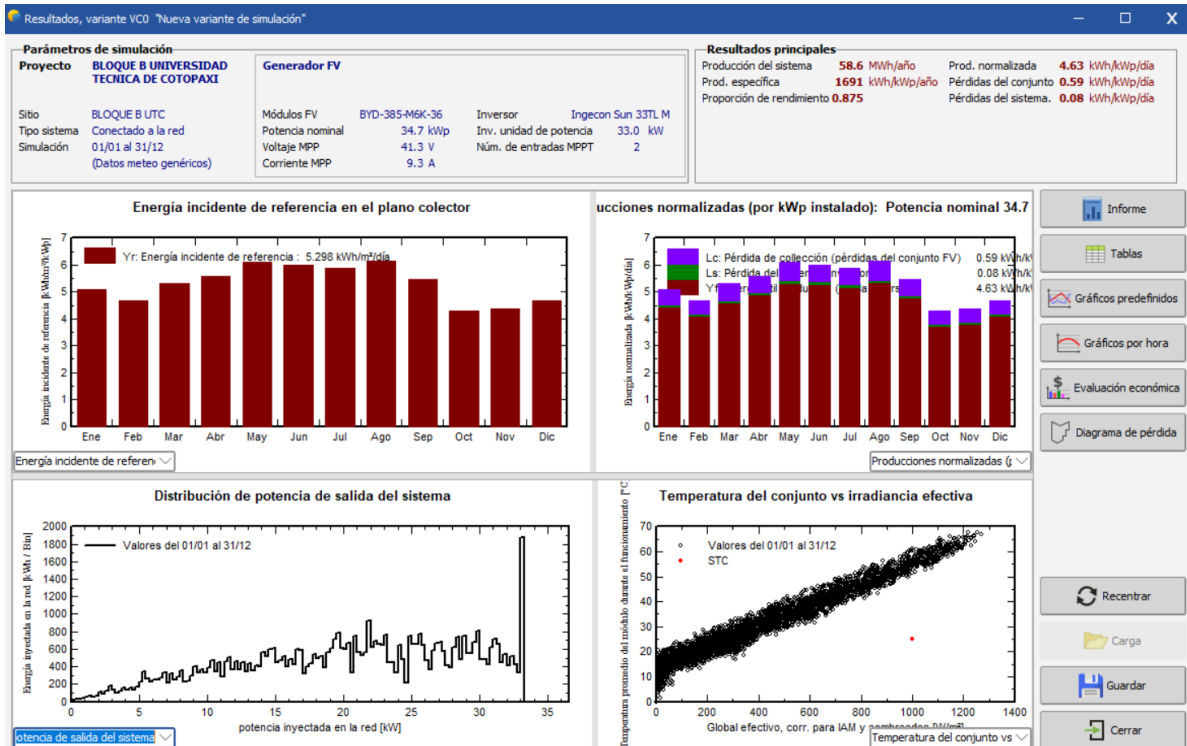


Figura 5.13 Cantidad de energía generado por el sistema fotovoltaico

- **Producciones por kWp instalado**

La energía útil producida por el sistema (salida del inversor) en función de la potencia fotovoltaica medida en kWp se puede visualizar en la siguiente figura, detallando que los meses de mayo y agosto producen una mayor cantidad energía aproximadamente 5,5 kWh/kWp/día. Adicional realiza un promedio de todos los meses de las pérdidas por el inversor con 0,08 kWh/kWp/día y las pérdidas conjuntas del sistema fotovoltaico con 0,59 kWh/kWp/día.

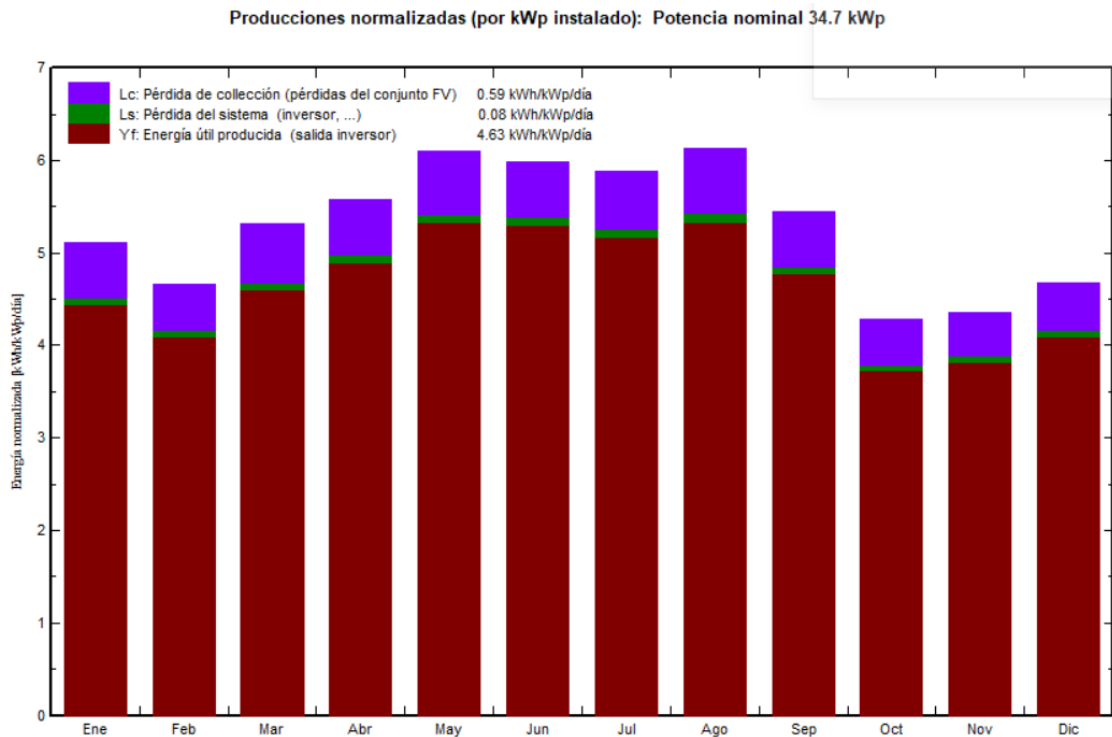


Figura 5.14 Cantidad de energía generado por el sistema fotovoltaico

La energía que produce de manera anual es de 58,61 MWh/año, por lo tanto, para determina una producción específica se multiplicará este valor por la potencia fotovoltaica instalada de 34,7 kWp, dando como resultado 1690,54 kWh/kWp/año, este valor se refleja en los resultados principales del informe generado por el software, este informe completo se puede encontrarse en el anexo 13.

- **Radiación incidente en los paneles solares**

La cantidad de radiación que incide sobre los paneles solares se representan de manera mensual en la figura 5.15 siendo los meses de mayo y agosto los de mayor incidencia, esto concuerda notablemente con la generación que se presentó en la figura 5.14.

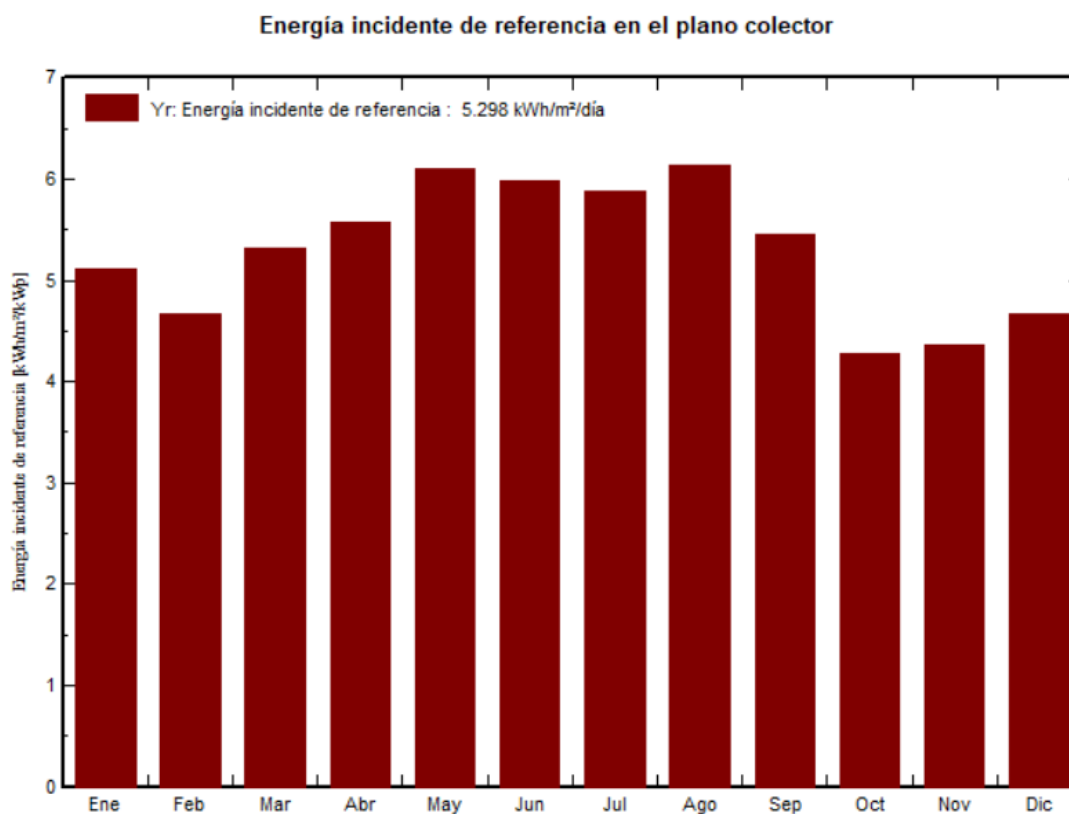


Figura 5.15 Radiación incidente en el panel solar

- **Proporción de rendimiento**

La proporción de rendimiento es la cantidad de energía que genera a la salida del inversor en porcentaje, por lo tanto, se describe en la tabla 5.2 los valores en pérdidas y energía útil con sus respectivos porcentajes, adicional en la figura 5.16 se tiene la proporción de rendimiento de manera mensual.

Tabla 5.2 Proporción de rendimiento

Descripción	Valor	Porcentaje
Pérdidas conjuntas del sistema fotovoltaico	0,59 kWh/kWp/día.	11 %
Pérdidas del inversor	0,08 kWh/kWp/día	1,5 %
Energía útil o proporción de rendimiento	4,63 kWh/kWp/día	87,5 %

	Lc: Pérdida de colección (pérdidas del conjunto FV)	11 %
	Ls: Pérdida del sistema (inversor, ...)	1.5 %
	Yf: Energía útil producida (salida inversor)	87.5 %

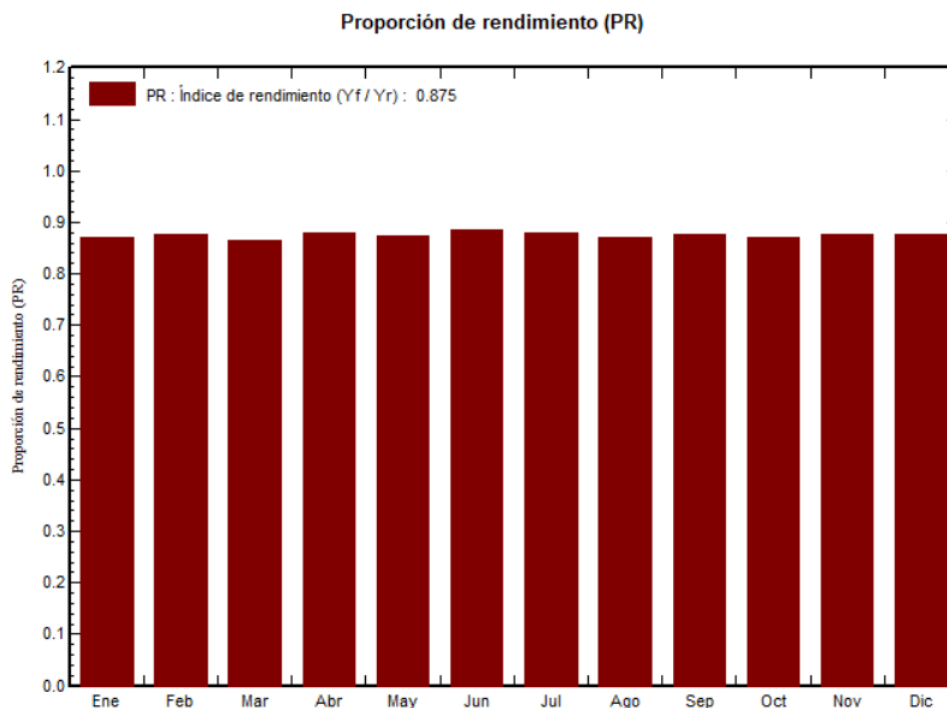


Figura 5.16 Proporción de rendimiento mensual

- **Balance de los resultados**

En la siguiente tabla se tiene un balance mensual de los resultados que se obtuvo de la simulación, indicando los siguientes parámetros:

- GlobHor: Irradiación horizontal global
- DiffHor: Irradiación difusa horizontal
- T_Amb: Temperatura ambiente
- GlobInc: Global incidente plano receptor
- GlobEff: Global efectivo
- EArray: Energía efectiva la salida del conjunto
- PR: Proporción de rendimiento

Tabla 5.3 Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	%
Enero	178.9	71.88	14.07	158.2	152.4	4851	0.870
Febrero	140.4	72.21	14.03	130.6	126.6	4038	0.877
Marzo	168.9	64.92	13.94	164.9	160.8	5025	0.864

Abril	163.5	75.91	13.65	167.3	163.5	5177	0.878
Mayo	175.2	65.20	13.74	189.2	185.5	5817	0.872
Junio	162.1	61.73	12.81	179.3	175.8	5596	0.886
Julio	167.5	65.09	12.64	182.3	178.4	5647	0.879
Agosto	180.3	63.86	12.66	190.0	186.1	5828	0.871
Septiembre	163.8	72.05	12.90	163.5	159.3	5044	0.875
Octubre	140.3	74.33	14.00	132.8	128.7	4072	0.870
Noviembre	144.0	75.01	13.88	130.7	126.3	4038	0.877
Diciembre	165.0	76.33	14.16	144.9	139.6	4475	0.876
Año	1949.8	838.53	13.54	1933.8	1883.0	59607	0.875

5.1.6 Cálculo del suministro de energía anual

El índice de rendimiento según la simulación es 0,875 del sistema fotovoltaico que considera las pérdidas por cableado, inversor, polvo, etc. Al aplicar la siguiente ecuación se obtiene el cálculo de suministro de energía anual:

$$Ed = \frac{Ga \cdot P_{generacion} \cdot PR}{Gm} \quad (5.1)$$

Donde:

- $Ed =$ Suministro de energía anual $\left(\frac{kW}{día}\right)$
- $Ga =$ Irradiancia global media diaria (ver tabla 3.4)
- $P_{generacion} =$ Potencia de generación (kWp)
- $PR =$ Proporción de rendimiento (V)
- $Gm =$ Irradiancia en condiciones estándar de medida $\left(1 \frac{kW}{m^2}\right)$

$$Ed = \frac{5,43 \frac{kWh}{m^2 \cdot día} \cdot 34,7 kW \cdot 0,875}{1 \frac{kW}{m^2}}$$

$$Ed = 277,8 \frac{kW}{día} \text{ mes de enero}$$

Este cálculo se procede a realizar con todos los meses del año para la obtención de una generación anual, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5.4 Generación anual

Mes	(kWh/m ² /día)	(kWh/día)	(kWh/mes)
Enero	5,43	183,72	5695,38
Febrero	5,3	179,64	5029,84
Marzo	4,95	169,23	5246,15
Abril	4,68	161,06	4831,71
Mayo	4,38	151,71	4703,02
Junio	4,22	146,97	4409,10
Julio	4,45	154,02	4774,62
Agosto	5,15	175,18	5430,45
Septiembre	5,79	194,71	5841,21
Octubre	5,63	189,73	5881,62
Noviembre	5,48	189,73	5691,89
Diciembre	5,22	185,17	5740,14
TOTAL			57534,9

La generación anual mediante los cálculos es de 57,54 MWh/año y mediante la simulación se obtuvo un valor de 58,61 MWh/año, obteniendo un error del 1,82 %.

$$Error = \frac{E_{anual\ c} - E_{anual\ s}}{E_{anual\ s}} \quad (5.2)$$

Donde:

- $E_{anual\ c}$ = Suministro de energía anual calculada
- $E_{anual\ s}$ = Suministro de energía anual simulada

$$Error = \frac{57,54 \frac{MWh}{año} - 58,61 \frac{MWh}{año}}{58,61 \frac{MWh}{año}}$$

$$Error = 1,82 \%$$

5.1.7 Análisis de costos

El sistema de generación fotovoltaico tiene una potencia máxima de 34,7 kW y producirá anualmente 57,54 MWh.

Acorde con el pliego tarifario, se determina el ahorro monetario por concepto de energía facturada. La universidad al ser una entidad de beneficio público está en la categoría general. Además, el sistema fotovoltaico solamente considera la hora solar pico de 11 am a 3 pm, de modo que el costo del kWh es 0,065 USD/kWh. (Revisar anexo 8).

Debido a que el consumo de la institución es medido en bajo voltaje, debe considerarse un recargo del 2% a la energía.

$$E_{2\%} = P_{generacion\ anual} \cdot 1,02 \quad (5.3)$$

Donde:

- $P_{generacion\ anual} = Potencia\ de\ generación\ anual\ (MWh)$

$$E_{2\%} = 57,54\ MWh \cdot 1,02$$

$$E_{2\%} = 58,7\ MWh$$

Se aplica la siguiente ecuación para conocer el monto anual:

$$Monto\ anual = 58,7\ MWh * 0,065\ USD/kWh$$

$$Monto\ anual = 3814,9\ USD$$

El resultado se divide para 12 por los meses que tiene un año:

$$Monto\ mensual = 317,9\ USD$$

5.1.8 Comparación de los resultados calculados con los simulados

En la tabla 5.5 se presentan los resultados obtenidos del dimensionamiento del sistema fotovoltaico por medio de los cálculos pertinentes y los resultados mediante el uso del software de simulación estudiantil “PVSyst”.

Tabla 5.5 Comparación entre resultados calculados y simulados

Parámetro	R. Cálculo	R. Simulación	Error
Ángulo de inclinación	15°	15°	0 %
Pérdidas del sistema	6,96 %	3,5 %	14 %
N. Paneles solares	90	90	0 %
Energía anual	58,61 MWh/año	57,54 MW	1,82 %
Paneles en serie	15	15	0 %
Paneles en paralelo	6	6	0 %
N. de inversores	1	1	0 %
Potencia del inversor	40 kW	45 kW	11 %

5.1.9 Operación del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico de tipo off – grid, está orientado para el autoconsumo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi para lo cual su curva de generación otorgado por el software del día 19 de mayo 2021 se presenta en la figura 5.17 y en la tabla 5.6 se tiene la hora de generación comprendida desde las 8h00 hasta las 17h00.

Tabla 5.6 Distribución de la potencia del sistema fotovoltaico

Hora	kW
8:00	22,528
9:00	28,724
10:00	32,627
11:00	33,000
12:00	33,000
13:00	32,537
14:00	29,056
15:00	23,272
16:00	15,113
17:00	5,404

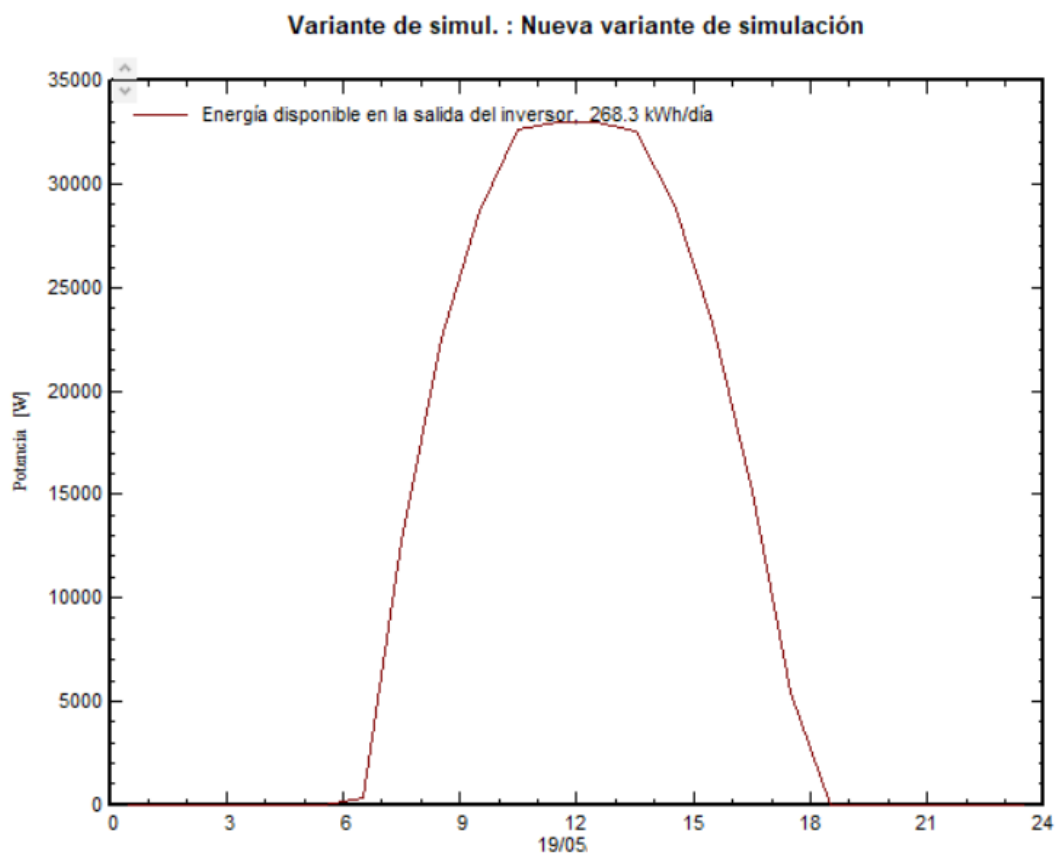


Figura 5.17 Curva de generación mediante software

5.2 Demanda energética

En la siguiente tabla se tiene la información del consumo diario promedio en “kW” del bloque “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 5.7 Consumo diario del bloque B de la UTC

Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1:00:00	3,93	5,22	5,79	5,54	6,50	4,14	3,60
2:00:00	3,95	5,21	5,80	5,56	6,60	4,15	3,62
3:00:00	3,93	5,2	5,82	5,26	6,53	4,15	3,63
4:00:00	3,94	5,23	5,86	5,18	6,63	4,19	3,65
5:00:00	3,93	5,24	5,86	5,17	6,55	4,15	3,62
6:00:00	4,13	5,37	5,97	5,27	6,73	4,13	3,63
7:00:00	7,86	8,84	9,05	8,53	9,02	4,12	3,65
8:00:00	21,29	21,49	20,72	21,98	22,21	4,51	4,15
9:00:00	26,13	25,69	25,94	27,68	26,86	7,01	5,84

10:00:00	27,32	28,26	30,28	28,25	27,19	7,15	6,14
11:00:00	27,66	29,01	29,55	27,71	30,56	6,80	6,13
12:00:00	26,74	28,27	27,81	29,19	27,87	6,67	5,50
13:00:00	25,47	26,68	28,63	29,88	28,27	6,64	4,57
14:00:00	25,21	28,10	28,99	28,33	27,75	5,39	3,83
15:00:00	26,67	28,47	31,26	27,82	27,87	5,66	3,97
16:00:00	25,94	29,33	32,37	29,17	27,75	5,55	3,92
17:00:00	26,46	27,45	32,34	28,70	26,85	5,03	3,86
18:00:00	29,65	30,13	35,11	29,56	27,31	4,90	4,41
19:00:00	33,65	32,87	33,36	30,58	32,95	5,05	4,82
20:00:00	32,02	33,02	31,98	28,61	29,36	4,98	4,82
21:00:00	29,14	28,75	28,35	23,91	23,92	4,94	4,88
22:00:00	23,01	22,38	23,55	18,82	17,36	4,77	4,78
23:00:00	8,94	7,21	10,75	10,17	7,50	3,99	4,01
0:00:00	5,16	5,21	7,15	5,06	4,85	3,59	3,92

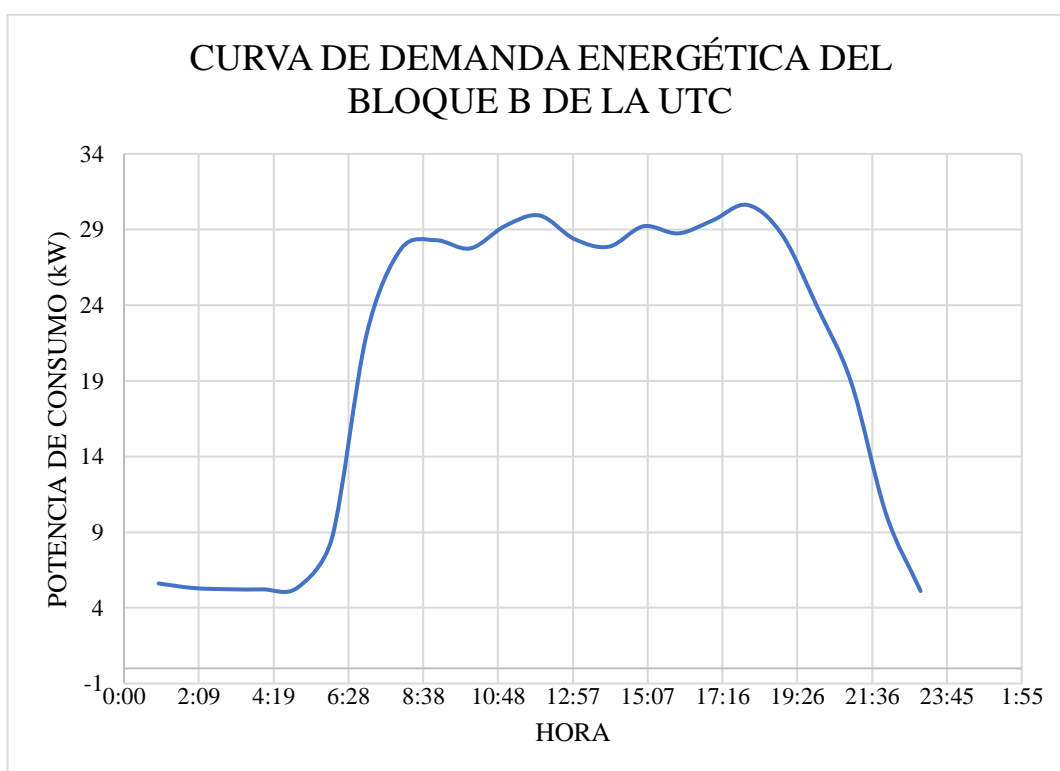


Figura 5.18 Curva de demanda del bloque “B” de la UTC

En la figura 5.18 se puede observar la curva de demanda del bloque “B” de la Universidad Técnica de Cotopaxi, que se realizó utilizando el software “Excel”, esta curva se desarrolló con los datos de la tabla 4.6 específicamente con los datos del día jueves 19 de mayo del 2022 comprendido desde las 0h00 hasta las 23h00, ya que es el mayor día de consumo en la Universidad.

5.3 Análisis de curvas

En este apartado se va a determinar las curvas de generación fotovoltaica de la figura 5.17 del día 19 de mayo del 2021 y la curva de demanda de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el bloque “B” de la figura 5.18 del día 19 de mayo del 2022.

Se realizó una tabulación de datos en “Excel” para obtener la curva de generación con los datos proporcionados por el software.

De la figura 5.19 se tiene las curvas graficadas de generación y demanda, en donde menciona que el sistema fotovoltaico cubre una parte de la demanda del bloque “B” de la Universidad, el pico más alto de generación es de 33 kW y el pico más alto de demanda es de 30 kW.

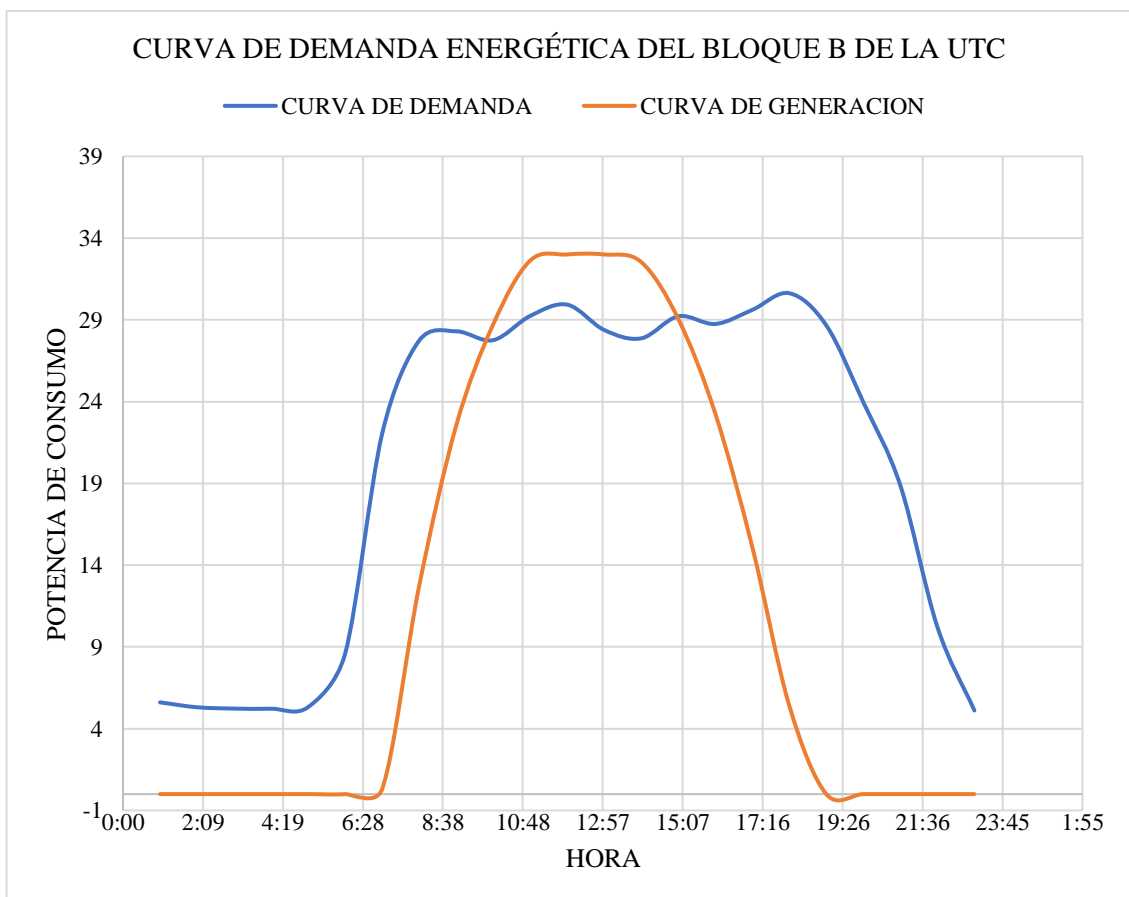


Figura 5.19 Comparación de curvas de generación vs demanda

5.4 Presupuesto

En la tabla 5.8 se presenta el presupuesto de los materiales directos, indirectos y la mano de obra necesaria para la ejecución del proyecto.

Tabla 5.8 Presupuesto de implementación

Cantidad	Descripción	Precio Unit. (\$)	Precio Total (\$)
90	Panel Fotovoltaico BYD 385-M6K-36	300,00	27.000,00
1	Inversor Ingecon Sun 33-TL-M	4.800,00	4.800,00
90	Estructura del panel fotovoltaico	40,00	3.600,00
980	Alambre conductor No. 4 AWG 19 hilos THHN	2,70	2.646,00
320	Alambre conductor No.1 AWG 19 hilos THHN	9,83	3.145,60
2	Interruptor termomagnético bipolar de corriente continua AN918365-80A	285,47	570,94
1	Limitador de sobretensiones de corriente continua 350 Vdc	148,00	148,00
1	Limitador de sobretensiones de corriente continua 400 Vdc	157,00	157,00
1	Interruptor termomagnético para corriente alterna tipo caja moldeada 150 A modelo H-18KA-3P	175,90	175,90
1	Gabinete de acero inoxidable IP 66 80*60*30 cm	453,98	453,98
1	Tablero en acero inoxidable IP 66 120*80*40 cm	1.209,06	1.209,06
2	Extintor CO2 10 libras	70	140
1	Mano de obra calificada	1.300,00	1.300,00
2	Mano de obra no calificada	450,00	900,00
		Subtotal	46.246,48
		Transporte	740,00
		Otros Gastos	1.100,00
		I.V.A 12%	5770,37
		TOTAL \$	53.856,85

5.5 Análisis de impactos

Se realiza un análisis de impactos en el ámbito tecnológico y ambiental

5.5.1 Impacto tecnológico

El estudio y la simulación del sistema fotovoltaico permite desarrollar el dimensionamiento de cada uno de los equipos eléctricos y electrónicos para cubrir una demanda energética, por tanto, es el indicio de nuevos proyectos relacionados en la utilización de recursos renovables. En la siguiente figura se muestra los datos comparativos de las diversas fuentes de generación de energía eléctrica tomando como punto de referencia 0.06 \$/kWh para la producción de un sistema fotovoltaico, información proporcionado por el software RETScreen.

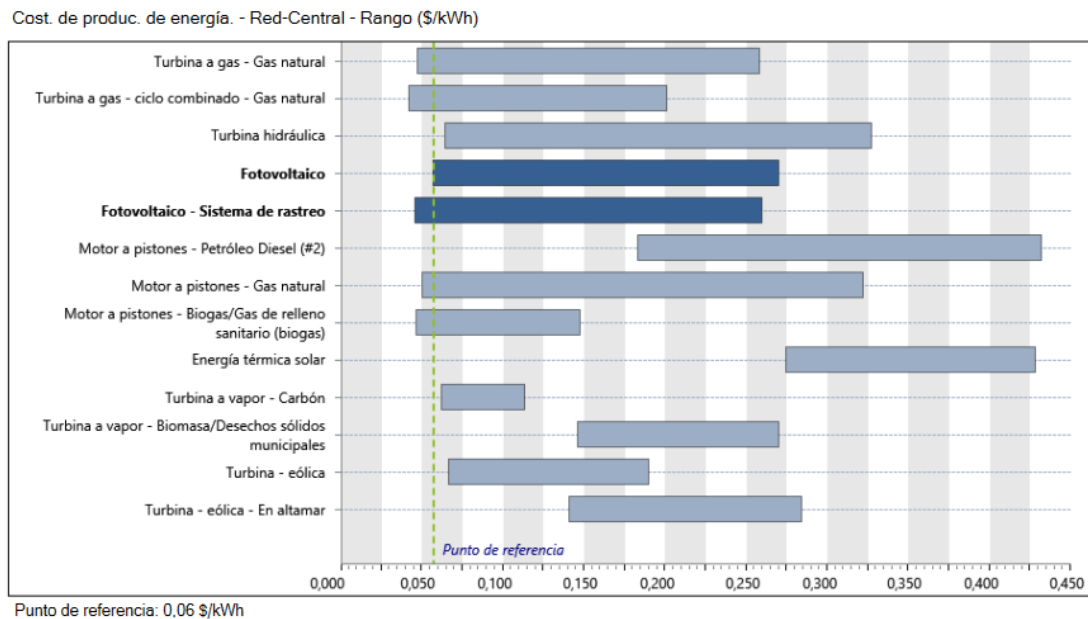


Figura 5.20 Costo de producción de energía

5.5.2 Impacto ambiental

El desarrollo de proyectos que implican la utilización de energías renovables extiende el campo aplicativo, da la apertura al crecimiento de estas investigaciones e incentiva a la población a implementar este tipo de opciones de generación de energía eléctrica que están en crecimiento y cada día evolucionan más, y de esta manera tratar de reducir los impactos ambientales negativos que se producen al utilizar energías convencionales las cuales causan varios daños como lo es las emisiones de carbono, destrucción y daños a ecosistemas para obtener combustibles fósiles entre otras.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El sistema fotovoltaico Off Grid de autoconsumo no tiene la necesidad de ser conectado a una red eléctrica pública, a pesar de estar compuesto principalmente por un conjunto de paneles solares e inversores de corriente, este tipo de sistemas son usados para determinar un ahorro en el consumo de energía solar principalmente en horas solar pico, su funcionamiento inicia con la incidencia de la radiación solar hacia los paneles, convirtiéndola en energía eléctrica con corriente continua, posteriormente esta corriente pasa por el inversor con la finalidad de transformarla en corriente alterna y utilizarla en las cargas consideradas.
- Se utilizó el método científico para la descripción de las expresiones matemáticas y el uso de un software de simulación que permitió desarrollar el dimensionamiento de los paneles solares e inversores, se usó adicional la investigación de campo para la generación de las coordenadas geográficas de la Universidad Técnica de Cotopaxi y su demanda energética mediante un analizar de redes.
- Se desarrollo la simulación del sistema fotovoltaico con los siguientes parámetros: ángulo de inclinación de 15° , 90 paneles solares, 15 conectados en serie y 6 en paralelo, una potencia nominal del sistema de 34,7 kWp, 1 inversor trifásico de 45 kW, mediante los cálculos de manera anual el sistema genera 57,54 MWh/año y según el pliego tarifario el costo del kWh para entidades públicas es de 0,065 USD/kWh obteniendo un monto anual de 3814,9 USD finalmente, se obtuvieron las curvas de generación del panel solar del día 19 de mayo 2021 en la que se realizó una comparación con la curva de demanda del mismo día pero en el año 2022, el sistema fotovoltaico cubre una parte de la demanda del bloque “B” de la Universidad, el pico más alto de generación es de 33 kW y el pico más alto de demanda es de 30 kW.

6.2 Recomendaciones

- Ampliar estudios de autoconsumo mediante la utilización de energías renovables diferentes a la fotovoltaica, incentivando así a la generación de nuevos proyectos que se encuentren dirigidos a este campo los cuales incrementan la información necesaria para poder realizar proyectos con mayor eficiencia y promover el uso de energías renovables.
- Realizar la implementación del sistema fotovoltaico Off-Grid de autoconsumo y combinarlo con otros tipos de proyectos de energías renovables de tal forma que la universidad pudiese contar con una autosuficiencia energética limpia, capaz de reducir notablemente los costes tarifarios de consumo.
- Es recomendable la implementación de los 90 paneles solares con el inversor seleccionados para subir la demanda energética en horas pico del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, adicional se puede desarrollar un estudio para confirmar la factibilidad de reducir la demanda del bloque A de la Universidad.
- Incrementar los estudios en cuanto a análisis de sombras que influyen directamente en el rendimiento y generación de los sistemas de generación eléctrica fotovoltaica, optimizando así el área verdaderamente útil en donde se pudieran ubicar los paneles, y de esta manera prever evitar este tipo de situaciones adversas.

REFERENCIAS

- [1] A. Barrero, «La solar fotovoltaica bate récord del mundo,» 05 mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/la-solar-fotovoltaica-bate-record-del-mundo-20210505#:~:text=Seg%C3%BAAn%20el%20informe%20ahora%20publicado,de%20la%20capacidad%20fotovoltaica%20global..>
- [2] Acciona, «LA IMPORTANCIA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES,» 10 marzo 2018. [En línea]. Available: https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?_adin=0896444253.
- [3] Gobierno del Ecuador, «CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR,» 10 julio 2007. [En línea]. Available: <http://www.ecuanex.net.ec/constitucion/indice.html#:~:text=CONSTITUCI%C3%93N%20POL%C3%8DTICA%20DE%20LA%20REP%C3%9ABLICA%20DEL%20ECUADOR&text=en%20ejercicio%20de%20su%20soberan%C3%ADa,el%20desarrollo%20econ%C3%B3mico%20y%20social..>
- [4] MERNNR, «MINISTERIO DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES,» 10 mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2019/02/Plan-Estrategico-Institucional-2019-2021-MERNNR.pdf>.
- [5] J. Baron, «Diseño y simulación de una instalación fotovoltaica de autoconsumo,» 25 febrero 2015. [En línea]. Available: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/1062>.
- [6] J. Espinoza y F. Zanoni, «Diseño de sistema fotovoltaico off-grid, red secundaria y conexiones domiciliarias para suministro eléctrico al caserío Tallapampa, distrito Salas, provincia Lambayeque,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/8082>.
- [7] D. Robalino y M. Paucar, «Diseño y simulación de un sistema fotovoltaico para la obtención de una certificación leed en la categoría de energía y atmósfera para la empresa

- Solinfra de la ciudad de Quito,» julio 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26546>.
- [8] CONELEC, «Plan Maestro de electrificación,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf>.
- [9] Junta de Andalucía , «Las energías renovables: características y tipos,» 10 enero 2018. [En línea]. Available: https://www.consumoresponde.es/art%C3%ADculos/las_energias_renovables_caracteristicas_y_tipos.
- [10] A. Bernaola Canturín, «Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para la generación de energía eléctrica en el pabellón de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional del Centro del Perú,» 30 enero 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5985>.
- [11] N. Flores, «Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio,» 11 enero 2017. [En línea]. Available: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/791/1/Norma%20Rosario%20flores%20Rivera%2C%20Miguel%20%20C3%81ngel%20Dom%20C3%ADnguez%20ORam%20C3%ADrez%20Maestr%20C3%ADa%20en%20Energ%20C3%ADas%20Renovables.pdf>.
- [12] J. Villamar Lam, «Diseño de un sistema fotovoltaico como fuente distribuida en el campus de la UCSG.,» 03 marzo 2022. [En línea]. Available: <http://201.159.223.180/handle/3317/18043>.
- [13] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, «RADIACIÓN SOLAR,» 14 marzo 2018. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>.
- [14] R. Buitrón Proaño, «Elaboración de una normativa para el diseño y diagnóstico de sistemas fotovoltaicos residenciales autónomos para el Ecuador,» 22 junio 2010. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2252>.

- [15] ArcMap, «Modelar la radiación solar,» 15 enero 2015. [En línea]. Available: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/modeling-solar-radiation.htm>.
- [16] g. Vaca y J. Vega, «“IMPLEMENTACIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR DE 2 EJES PARA UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 560 W”,» 10 agosto 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8145/1/PI-001797.pdf>.
- [17] BYD, «BYD Monocrystal Silicone Modules,» 10 marzo 2018. [En línea]. Available: <https://cdn.enfsolar.com/Product/pdf/Crystalline/5d43852b82c06.PDF>.
- [18] CTE, «Código técnico de la edificación,» 2006. [En línea]. Available: <http://www.coaatpalencia.org/documentos/CTE.pdf>.
- [19] Y. Salas Reyes y H. I. Gómez Blanco, «Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada,» 12 diciembre 2018. [En línea]. Available: <http://ojs.uac.edu.co/index.php/prospectiva/article/view/1653>.
- [20] J. Roa, «Instalación y documentación legal de proyectos fotovoltaicos on grid y off grid,» 29 enero 2021. [En línea]. Available: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/31966>.
- [21] J. Bernal Mora, «Apoyo en los procesos y desarrollo de las labores de emplazamiento preventivo, correctivo y puesta a punto de un sistema fotovoltaico on grid, off grid e híbrido en la Compañía Energysoft S.A.S Ibagué – Tolima,» 05 junio 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2428>.
- [22] I. Romero Vargas, «Estudio de los sistemas de energía solar fotovoltaica con conexión aislada (Off-grid) y un sistema de conexión en red en autoconsumo (On-grid) para el uso en la vivienda urbana en Perú,» 04 julio 2020. [En línea]. Available: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3045518>.
- [23] H. Plata Esparza y O. Rodríguez Lozano, «Estudio de factibilidad en la implementación de energía solar fotovoltaica tipo ON GRID y OFF GRID, enfocado a la granja avícola “Santa Rosa” en el municipio de Simacota, Santander,» 14 febrero 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/5379>.

- [24] J. Pérez García y D. Márquez Torres, «Diseño fotovoltaico y estructural de un kiosco inteligente para la UAN sede Duitama,» 24 noviembre 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3113>.
- [25] C. Herrera Serrano y E. Rojas Gómez, «Estudio de un método de generación de energía mediante un sistema fotovoltaico off grid aplicada al sector rural en una corraleja en Zapatona municipio de Santander,» 28 julio 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/7013>.
- [26] D. Aranguí y A. Solís, «Caracterización y evaluación de potencia y eficiencia de un sistema híbrido eólico fotovoltaico off-grid,» 20 junio 2021. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8179019>.
- [27] J. Montaña Pisfil, «Sistemas fotovoltaicos OFF GRID y la electrificación rural sostenible de las zonas aisladas. un caso de estudio,» 20 marzo 2021. [En línea]. Available: <http://209.45.55.171/handle/20.500.12952/5486>.
- [28] L. Martínez Ruiz y L. Cristancho Franco, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO "D" DE LAS UTS,» 23 julio 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/7007>.
- [29] Y. Salas Reyes y H. Gómez Blanco, «Diseño técnico y económico de un banco de prueba solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada,» 12 diciembre 2018. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-82612018000200082.
- [30] K. Aguilar, «Metodología de comparación de eficiencias en sistemas híbridos off-grid,» 10 julio 2021. [En línea]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/611/.
- [31] J. Rojas Aguilar y E. Forero García, «DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA ENSEÑANZA DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA,» 06 agosto 2018. [En línea]. Available: <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/426>.

- [32] K. Vega Carranza, «Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos mediante una interfaz gráfica,» 14 septiembre 2019. [En línea]. Available: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822019000300066&script=sci_arttext.
- [33] I. Carter Sanderson, «Diseño de un sistema fotovoltaico destinado a cubrir la demanda de una vivienda con un punto de recarga para vehículo eléctrico.,» 05 septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/14249>.
- [34] S. Sánchez Guevara, «Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a red con soporte de almacenamiento en la Universidad Tecnológica de Pereira,» 24 diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.utp.edu.co/items/8906b6a8-6c61-411b-9f7f-d97fec52dca5>.
- [35] A. Zambrano Jiménez, «Diseño de un sistema fotovoltaico complementario a la red eléctrica.,» 10 junio 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6431>.
- [36] C. Salcedo, «Diseño de un Sistema Fotovoltaico en el Edificio Administrativo del Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional para Reducir el Consumo de Energía Eléctrica,» 20 enero 2011. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/98>.
- [37] J. Pesantez, «Integración de Sistemas Solares Fotovoltaicos en el Sector Camaronero Intensivo y Extensivo del Ecuador: Caso de Estudio en la Provincia de El Oro,» 20 julio 2021. [En línea]. Available: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-01292021000200007&script=sci_arttext.
- [38] R. Peña Ortiz, «Plataforma Cloud para monitoreo remoto de sistemas fotovoltaicos aislados en el Ecuador,» 10 febrero 2014. [En línea]. Available: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/731>.
- [39] C. Vargas, «Escenarios de Integración de Sistemas Inteligentes de Iluminación Fotovoltaica en las Autopistas del Ecuador,» 31 enero 2016. [En línea]. Available: <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/50>.

- [40] J. De Andres Sanchez, «ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED PARA EL EDIFICIO 15A DE LA FIEC de la ESPOL (ECUADOR),» 04 enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/36950>.
- [41] F. Olvera Chávez, «Diseño de un sistema de energía solar para el alumbramiento del área de procesamiento de envíos del centro logístico de Servientrega Ecuador S.A. en la ciudad de Guayaquil.,» 27 Abril 2022. [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60803>.
- [42] P. Potes , «Diseño de un Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi,» 24 enero 2020. [En línea]. Available: <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/362>.
- [43] P. Valdiviezo Salas, «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP,» 23 julio 2014. [En línea]. Available: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5447>.
- [44] P. Serrano Jaramillo, «Diseño y evaluación ambiental de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) sede Quito.,» 15 enero 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15128>.
- [45] R. Cajo Diaz, «Diseño de un sistema fotovoltaico a través de la gestión activa de la demanda energética,» 08 agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/44464>.
- [46] M. Castillo Guerrero, «Diseño de un sistema fotovoltaico para la Finca Macondo ubicada en el cantón Daule, provincia del Guayas.,» 03 marzo 2020. [En línea]. Available: <http://201.159.223.180/handle/3317/14295>.
- [47] C. Gallardo Molina, «Evaluar potencial energético solar para la implementación de un sistema de generación alternativa mediante la energía fotovoltaica para la oxigenación en la crianza y reproducción de truchas en la finca san Nicolás en la provincia de Cotopaxi cantón Latac,» 01 noviembre 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6538>

ANEXOS



1/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 1. Datos técnicos del Panel Solar



BYD Monocrystal Silicone Modules

BYD M6K-36-5BB 355W-375W



21.8%
Average cell efficiency up to 21.8%
Excellent optical performance

0-5W
Power tolerance 0-5W
Reliability for output performance

10 Years
10 years for product
25 years Linear Warranty

Grid
Residential roof top systems
On/Off-grid commercial systems
On/Off-grid utility systems

3rd
Design loads: 3600 Pa for positive (downward) and 1600 Pa for negative (upward)
Safety factors Y_m : 1.5

Certification
IEC61215-1(ed.1)
IEC61215-1-1(ed.1)
IEC61215-2(ed.1)
IEC61730-1(ed.2)
IEC61730-2(ed.2)

Years	Guaranteed Power (%)
1	97%
5	95%
10	93%
15	91%
20	89%
25	87%



2/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 1. Datos técnicos del Panel Solar

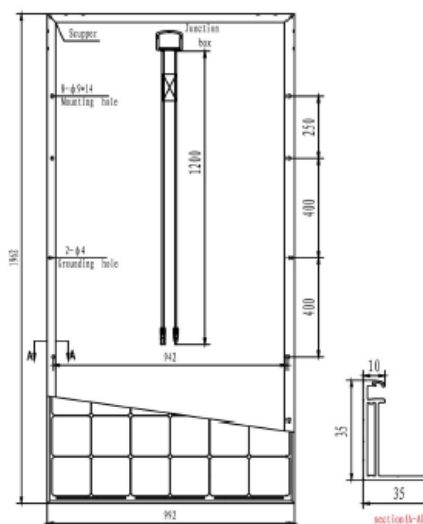


BYD M6K-36-5BB 355W-380W

The country of manufacture is China

Mechanical Properties

Cell Type	156.75mm*156.75mm
Number of Cells	72 pcs (6*12)
Dimension	1962mm*992mm*35mm
Weight	22.1Kg
Front/Glass	3.2mm tempered glass with AR Coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction Box	IP67(3 Diodes)
Cable Type	4.0mm ² 1200mm
Connector	PV-ZH202B



Temperature Coefficient

Temp. Coeff. of Pmax (TK Pmax)	-0.343%/°C
Temp. Coeff. of Voc (TK Voc)	-0.257%/°C
Temp. Coeff. of Isc (TK Isc)	0.04%/°C

Packing Information

Packing Type	40'HQ
Piece/Pallet	30
Pallet/Container	22
Piece/Container	660

Electrical Properties

Module Type	BYD355M6K-36	BYD360M6K-36	BYD365M6K-36	BYD370M6K-36	BYD375M6K-36	BYD380M6K-36	BYD385M6K-36
Open Circuit Voltage (Voc) (V)	47.97 V±5%	48.3 V±5%	48.63 V±5%	48.96 V±5%	49.29 V±5%	49.62 V±5%	49.95 V±5%
Short Circuit Current (Isc) (A)	9.47 A±5%	9.53 A±5%	9.59 A±5%	9.65 A±5%	9.71 A±5%	9.77 A±5%	9.83 A±5%
MPP Voltage (Vmp)(V)	39.38 V	39.71 V	40.04 V	40.37 V	40.7 V	41.03 V	41.36 V
MPP Current (Imp) (A)	9.02 A	9.07 A	9.12 A	9.17 A	9.22 A	9.27 A	9.32 A
Module Efficiency (%)	18.24%	18.50%	18.75%	19.01%	19.27%	19.52%	19.78%
Operating Temperature (°C)	-40°C~ +85°C						
Maximum System Voltage (V)	1500 (VDC)						
Maximum Series Fuse Rating (A)	15A						
Fire safety	Class C						
Power tolerance	0-5W						

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

NOCT

Peak Power(Pmax)	260Wp	264Wp	268Wp	271Wp	275Wp	279Wp	282Wp
Open Circuit Voltage (Voc) (V)	44.3 V	44.6 V	44.9 V	45.2 V	45.5 V	45.8 V	46.1 V
Short Circuit Current (Isc) (A)	7.66 A	7.71 A	7.76 A	7.81 A	7.86 A	7.90 A	7.95 A
MPP Voltage (Vmp)(V)	36.5 V	36.8 V	37 V	37.3 V	37.6 V	37.8 V	38.08 V
MPP Current (Imp) (A)	7.13 A	7.18 A	7.23 A	7.27 A	7.32 A	7.36 A	7.41 A



1/3

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 2. Datos técnicos del Inversor

INGECON

SUN

3Play
Serie TL M

LA MÁXIMA EFICIENCIA CON TECNOLOGÍA TRIFÁSICA MULTI-MPPT

20TL M / 33TL M / 40TL M480

Familia de inversores trifásicos multi-string para uso doméstico, industrial y en instalaciones fotovoltaicas de campo.

Máxima eficiencia con dos entradas MPPT independientes

Única etapa de potencia con un avanzado sistema de seguimiento del punto de potencia máxima (MPPT), que permite extraer la máxima energía del campo FV incluso en situaciones difíciles como las de nubosidad variable y sombreados parciales. Gran flexibilidad para configurar el campo fotovoltaico gracias al amplio rango de tensión de entrada de su doble sistema de seguimiento MPPT. Posibilita configuraciones asimétricas.

Tecnología Plug & Play

Muy fáciles de instalar. La conexión del inversor a la instalación se realiza de manera rápida y sencilla. Permite adecuar fácilmente la configuración e idioma del inversor a cada país desde la pantalla del propio inversor.

Diseño robusto

Envoltorio de acero especialmente diseñada para su instalación en interior y exterior (IP65). Soporta temperaturas extremas. Su diseño, junto con las pruebas de estrés a las que son sometidos, les permite alcanzar una vida útil de más de 20 años.

Fácil mantenimiento

Datalogger interno para almacenamiento de datos hasta 3 meses. Control desde un PC remoto o *in situ* desde el teclado del frontal del inversor a través de la pantalla LCD. LEDs indicadores de estado y alarmas.

Fácil de manejar

Los inversores INGECON® SUN 3Play TL M presentan una pantalla LCD para monitorizar el estado del inversor y sus variables internas de manera sencilla. El display también dispone de tres LEDs para indicar el estado de operación del inversor. Todo ello facilita las tareas de mantenimiento.

Software incluido

Incluyen sin coste las aplicaciones INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor y su versión para smartphone iSun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de internet. Comunicaciones RS-485 incluidas de serie. Además, el usuario puede descargar desde la web www.ingeteam.com la última versión del firmware del inversor, y actualizarlo utilizando una simple tarjeta de memoria SD.

Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años





2/3

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 2. Datos técnicos del Inversor

20TL M / 33TL M / 40TL M480

Todos los modelos incluyen descargadores tipo 3 DC y AC, fusibles DC, medición de las corrientes de entrada, seccionador DC y descargadores DC tipo 2. Además, incluyen dos opciones de conexión DC: bornas y conectores rápidos (excepto los modelos de 33 kW y 40 kW).

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- Sistema MPPT.
- Eficiencia máxima 98,5%.
- Entradas digitales.
- Comunicaciones RS-485 de serie.
- Actualización de firmware a través de una tarjeta de memoria SD.
- Software INGECON® SUN Manager para la visualización de parámetros y el registro de datos de la planta.
- Visualización de datos de la planta mediante el software INGECON® SUN Monitor.
- Pantalla LCD.
- Fácil mantenimiento.
- Contacto libre de potencial configurable desde el display para indicar fallo de aislamiento o conexión a red.
- Solución Plug & Play.
- Apto para instalaciones interiores y exteriores (IP65).
- Óptimas prestaciones a altas temperaturas.
- Diseño compacto.
- Idioma, Código de país y tensión nominal configurables por display.

PROTECCIONES

- Polarización inversa.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Anti-isla con desconexión automática.
- Fallo de aislamiento.
- Sobretensiones DC y AC con descargadores tipo III.

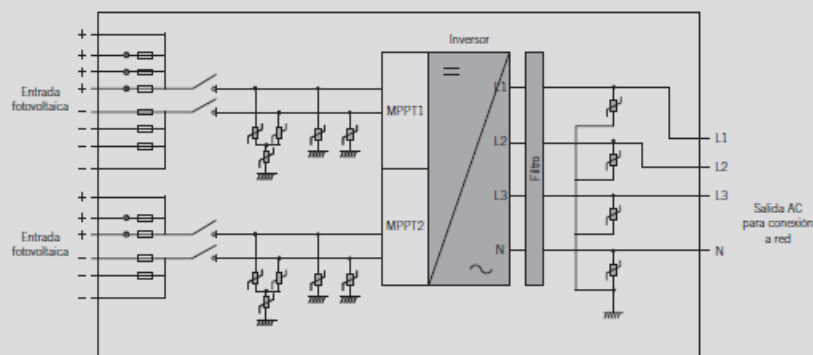
ACCESORIOS OPCIONALES

- Comunicación entre inversores mediante Ethernet, GSM / GPRS o Wi-Fi. Disponible también una segunda tarjeta de comunicación RS-485.
- Kit de autoconsumo.
- INGECON® SUN EMS Board.

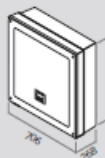
VENTAJAS

- Mayor rendimiento gracias al sistema MPPT.
- Mantenimiento sencillo.
- Larga vida útil del inversor.

3Play TL M (20 kW)



Dimensiones y peso (mm)



20TL M
57,8 kg.
33TL M / 40TL M480
62,5 kg.



3/3

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 2. Datos técnicos del Inversor

	20TL M	33TL M	40TL M480
Valores de Entrada (DC)			
Rango pot. campo FV recomendado ¹⁾	20,6 - 26,8 kW	34 - 45 kW	41,2 - 53,6 kW
Rango de tensión MPP1 ²⁾		200 - 820 V	
Rango de tensión MPP2 ²⁾		200 - 820 V	
Tensión máxima ³⁾		1.000 V	
Corriente máxima (Entrada 1 / Entrada 2) ⁴⁾	30 / 20 A	40 / 40 A	40 / 40 A
Entradas con bornas (Entrada 1 / Entrada 2)	1 / 1	-	-
Entradas con conectores fotovoltaicos (Entrada 1 / Entrada 2) ⁵⁾	3 / 2	5 / 5	5 / 5
MPPPT		2	
Valores de Salida (AC)			
Potencia nominal	20 kW	33 kW	40 kW
Máxima temperatura a potencia nominal ⁶⁾	55 °C	51 °C	51 °C
Corriente máxima	29 A	48 A	48 A
Tensión nominal	400 V	400 V	480 V
Rango de tensión	187 - 528 V	304 - 528 V	304 - 528 V
Frecuencia nominal		50 / 60 Hz	
Tipo de red ⁷⁾		TT / TN	
Factor de Potencia		1	
Factor de Potencia ajustable ⁸⁾	St. Smáx=20 kVA; Qmax=20 kVAR	St. Smáx=33 kVA; Qmax=20 kVAR	St. Smáx=40 kVA; Qmax=24 kVAR
THD		<3%	
Rendimiento			
Eficiencia máxima		98,5%	
Euroeficiencia		98,3%	
Datos Generales			
Sistema de refrigeración		Ventilación forzada	
Caudal de aire	200 m ³ /h	400 m ³ /h	400 m ³ /h
Consumo en stand-by ⁹⁾		10 W	
Consumo nocturno		1 W	
Temperatura de funcionamiento		-25 °C a 65 °C	
Humedad relativa (sin condensación)		0 - 100%	
Grado de protección		IP65	
Marcado		CE	
Normativa EMC y de seguridad	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100		
Normativa de conexión a red	RD1699/2011, DIN V VDE V 0126-1-1, EN 50438, CEI 0-16 Ed. III, CEI 0-21, VDE-AR-N 4105:2011-08, G59/2, G83/2 ¹⁰⁾ , P.O.12.3, AS4777.2, AS4777.3, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, South African Grid code, Chilean Grid Code, Romanian Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruvian Grid code, IEEE 929, Thailand MEA & PEA requirements, DEWA (Dubai) Grid Code, Jordan Grid Code		

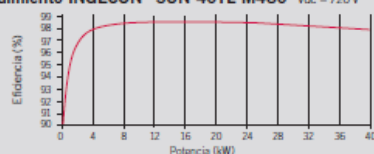
Elementos integrados

Bornas	✓ ¹¹⁾
Conectores fotovoltaicos	✓
DC Seccionador	✓
Descargadores DC, tipo 2	✓
Descargadores DC y AC, tipo 3	✓
Fusibles DC	✓
Kit de medida de corrientes	✓

¹¹⁾ Bornas no disponibles para las versiones INGECON[®] SUN 33TL M y 40TL M480.

Notas: ¹⁾ Dependiendo del tipo de instalación y de la ubicación geográfica. ²⁾ La potencia de salida quedará condicionada por la configuración de tensión y corriente elegida en cada entrada. ³⁾ No superar en ningún caso. Considerar el aumento de tensión de los paneles "Voc" a bajas temperaturas. ⁴⁾ La corriente máxima por conector FV es 12 A. ⁵⁾ Disponibles conectores dobles para conectar dos cables por cada entrada. ⁶⁾ Por cada °C de incremento, la potencia de salida se reducirá un 1,8%. ⁷⁾ Estas unidades deberán conectarse a una red trifásica en estrella con neutro aterrado. El neutro de la red debe conectarse al equipo. ⁸⁾ Q-D fuera del rango de tensión MPP. ⁹⁾ Consumo desde el campo fotovoltaico. ¹⁰⁾ Solo para inversores hasta 16 A de salida.

Rendimiento INGECON[®] SUN 40TL M480 Vdc = 720 V





1/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 3. Datos técnicos del conductor eléctrico

CONDUCTORES DE COBRE

THHW



Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90°C. resistente a la humedad y calor elevado.

CONSTRUCCIÓN

Los conductores tipo THHW pueden ser sólidos o cableados y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor elevado. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de embalaje.

APLICACIONES

Los conductores de cobre tipo THHW son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales donde se requiera de alta seguridad, tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación es de 90°C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones es 600 V.

ESPECIFICACIONES

Los conductores de cobre tipo THHW fabricados por ELECTROCABLES C.A., cumplen con las siguientes especificaciones y normas:

- **ASTM B3:** Alambres de cobre recocido o suave.
- **ASTM B8:** Conductores trenzados de cobre en capas concéntricas.
- **ASTM B787:** Conductores trenzados de cobre de 19 hilos, formación unilay para ser aislados posteriormente.
- **UL 83:** Alambres y cables aislados con material termoplástico.
- **ANSI/ NEMA WC-70**
ICEA S-95-658 : Cables de potencia nominal 2000 V. o menos, para distribución de energía eléctrica.
- **NTE INEN 2 345:** Conductores y alambres aislados con material termoplástico.



2/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 3. Datos técnicos del conductor eléctrico

CONDUCTORES DE COBRE

THHW

Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90°C, resistente a la humedad y calor elevado.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox. (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO						
14	2,08	1	0,76	3,15	26,31	25
12	3,31	1	0,76	3,57	38,62	30
10	5,261	1	0,76	4,11	57,73	40
8	8,367	1	1,14	5,54	95,99	55
8	8,367	7	1,14	5,98	101,88	55
6	13,3	7	1,52	7,71	164,64	75
4	21,15	7	1,52	8,92	245,90	95
FORMACIÓN UNILAY						
14	2,08	19	0,76	3,32	27,58	25
12	3,31	19	0,76	3,82	40,60	30
10	5,261	19	0,76	4,41	60,56	40
8	8,367	19	1,14	5,90	100,61	55
6	13,3	19	1,52	7,60	162,56	75
4	21,15	19	1,52	8,79	242,88	95
2	33,62	19	1,52	10,29	367,85	130
1	42,4	19	2,03	12,20	480,40	150
1/0	53,49	19	2,03	13,21	591,62	170
2/0	67,44	19	2,03	14,33	730,21	195
3/0	85,02	19	2,03	15,59	903,58	225
4/0	107,2	19	2,03	17,01	1120,73	260
FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO						
250	126,7	37	2,41	19,43516	1350,37	290
300	152	37	2,41	20,822	1599,11	320
350	177	37	2,41	22,11994	1844,34	350
400	203	37	2,41	23,31	2097,39	380
500	253	37	2,41	25,48	2583,14	430
600	304	61	2,79	28,26	3093,36	475
750	380	61	2,79	30,93	3822,35	535
1000	507	61	2,79	34,84	5033,71	615



1/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 4. Datos técnicos del interruptor termomagnético de corriente continua

Hoja de datos del producto
Características

A9N18365
Interruptor Termomagnético Riel Din Acti9
C120N 3P 80 A Curva C 10kA (IEC 60898-1)
10 kA (IEC 60947-2)



Principal

Gama de producto	Dardo Plus
Gama	Acti 9
Nombre del producto	C120
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	C120N
Aplicación del dispositivo	Distribución
Número de polos	3P
Número de polos protegidos	3
Corriente nominal (In)	80 A en 30 °C
Tipo de red	CA- CC
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Poder de corte	10000 A Icn en 230...400 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 6 KA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 20 KA Icu en 220...240 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 10 KA Icu en 380...415 V CA 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en <= 375 V DC acorde a Icu
Apto para seccionamiento	SI acorde a En> 50 A

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] tensión asignada de empleo	<= 375 V DC 380...415 V CA 50/60 Hz 220...240 V CA 50/60 Hz 440 V CA 50/60 Hz 230...400 V CA 50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	7500 A 75 % acorde a EN/IEC 60898-1 - 230...400 V CA 50/60 Hz 4.5 KA 75 % acorde a Icu - 440 V CA 50/60 Hz 7.5 KA 75 % acorde a Icu - 380...415 V CA 50/60 Hz 15 KA 75 % acorde a Icu - 220...240 V CA 50/60 Hz 10 kA 100 % acorde a Icu - <= 375 V DC
Clase de limitación	3 acorde a Icu
[Ui] tensión asignada de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz acorde a Icu
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV acorde a Icu
Indicador de posición del contacto	SI
Tipo de control	Maneta
Señalización local	Indicación encendido/apagado
Tipo de montaje	Ajustable en clip
Tipo de montaje	Carril DIN simétrico de 35 mm
Compatibilidad de bloque de distribución de empuje tipo peine	SI
Pasos de 9 mm	9



2/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 4. Datos técnicos del interruptor termomagnético de corriente continua

Altura	81 mm
Ancho	81 mm
Profundidad	73 mm
Peso neto	0.615 kg
Color	Blanco
Endurancia mecánica	20000 Ciclos
Durabilidad eléctrica	5000 Ciclos acorde a En> 50 A
Conexiones - terminales	Terminales de tipo túnel1...50 mm ² rígido Terminales de tipo túnel1.5...35 mm ² Flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	15 mm
Par de apriete	3.5 N.m
Protección contra fugas a tierra	Bloque independiente

Entorno

Normas	EN/IEC 60898-1 Icu
Certificaciones de producto	EAC
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	3 acorde a En> 50 A
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 acorde a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % en 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

Unidades de embalaje

Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE
Número de Unidades en el Paquete 1	1
Paquete 1 Peso	582.0 g
Paquete 1 Altura	7.5 cm
Paquete 1 ancho	8.0 cm
Paquete 1 Largo	8.5 cm
Tipo de Unidad de Paquete 2	S03
Número de Unidades en el Paquete 2	24
Paquete 2 Peso	14.753 kg
Paquete 2 Altura	30.0 cm
Paquete 2 Ancho	30.0 cm
Paquete 2 Largo	40.0 cm
Tipo de Unidad de Paquete 3	BB1
Número de Unidades en el Paquete 3	4
Paquete 3 Peso	2.391 kg
Paquete 3 Altura	8.5 cm
Paquete 3 Ancho	9.5 cm
Paquete 3 Largo	33.0 cm

Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	Declaración De REACh
Conforme con REACh sin SVHC	Si
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Si
Sin mercurio	Si
Información sobre exenciones de RoHS	Si



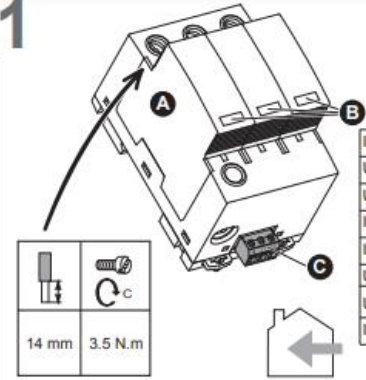


1/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 5. Datos técnicos de la protección contra sobretensiones

iPRD 40r PV (Type 2 / Тип 2)
fr en de it es nl da sv pt no fi ru

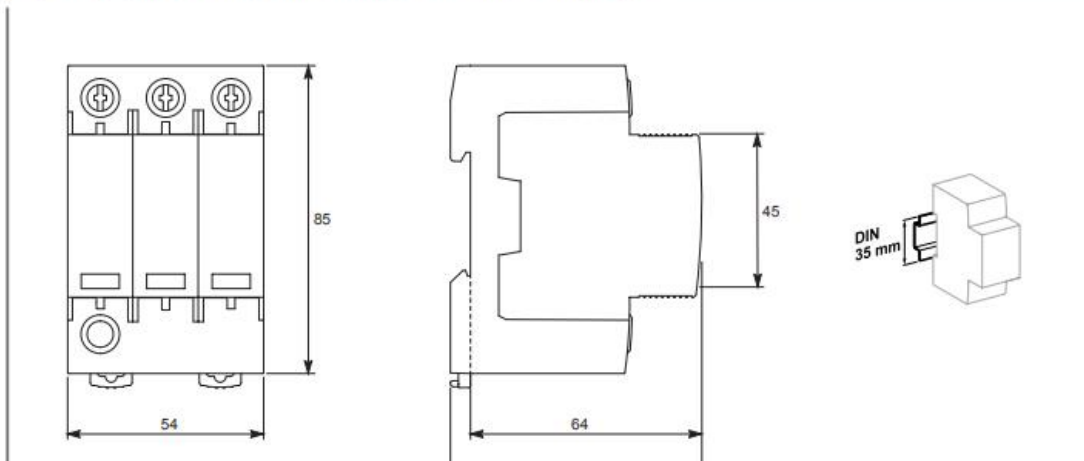
iPRD40r-800PV	A9L40271
C40 - 800 PV	A9L40172
iPRD40r -1000PV	A9L40281
C40 - 1000PV	A9L40182

IP20 (built-in)
U_{CPV} : 800 VDC (iPRD40r-800PV)
U_{CPV} : 1000 VDC (iPRD40r-1000PV)
I_{PE} (AC): 600 μ A
I_{PE} (DC): 60 μ A
U_p (iPRD40r-800PV): 3 kV
U_p (iPRD40r-1000PV): 3,9 kV
I_{SCPV} : 200 A

14 mm 3.5 N.m

	A	B	C
fr	Parafoudres débrochables	Indicateur de l'état du parafoudre	Contact de signalisation à distance
en	Withdrawable surge arresters	Surge arrester status indicator	Remote indication contact
de	Abnehmbare Überspannungsableiter	Zustandsanzeiger des Blitzableiters	Tele-Meldekontakt
it	Scaricatori di sovratensione ad innesto	Indicatore dello stato del parafulmine	Contatto di segnalazione a distanza
es	Disipadores de sobretensiones enchufables	Indicador del estado del limitador de sobretensión	Contacto de señalización a distancia
nl	Verwijderbare overspanningsbeveiligers	Statusindicator van de overspanningsbeveiliging	Afstandsignaleringscontact
da	Udtagelige overspændingssikringer	Indikator for lynaf eders tilstand	Signalkontakt på afstand
sv	Utdragbara överspänningsavledare	Indikator för åskledarens status	Kontakt för fjärrsignalering
pt	Protectores de sobretensão amovíveis	Indicador do estado do pára-raios	Contacto de sinalização à distância
no	Overspenningsavledere som kan trekkes tilbake	Indikator for overspenningsavlederens status	Fjernsignaliseringskontakt
fi	Irrotettava ylijännitesuoja	Ylijännitesuojan tilan osoitin	Kaukokerkinannon kosketin
ru	съёмный разрядник	Индикатор состояния разрядника	Дистанционное управление сигнализацией

2 Dimensions / Dimensions / Abmessungen / Dimensioni / Dimensiones / Afmetingen / Dimensioner / Mått / Dimensões / Mål / Mitat / Размеры



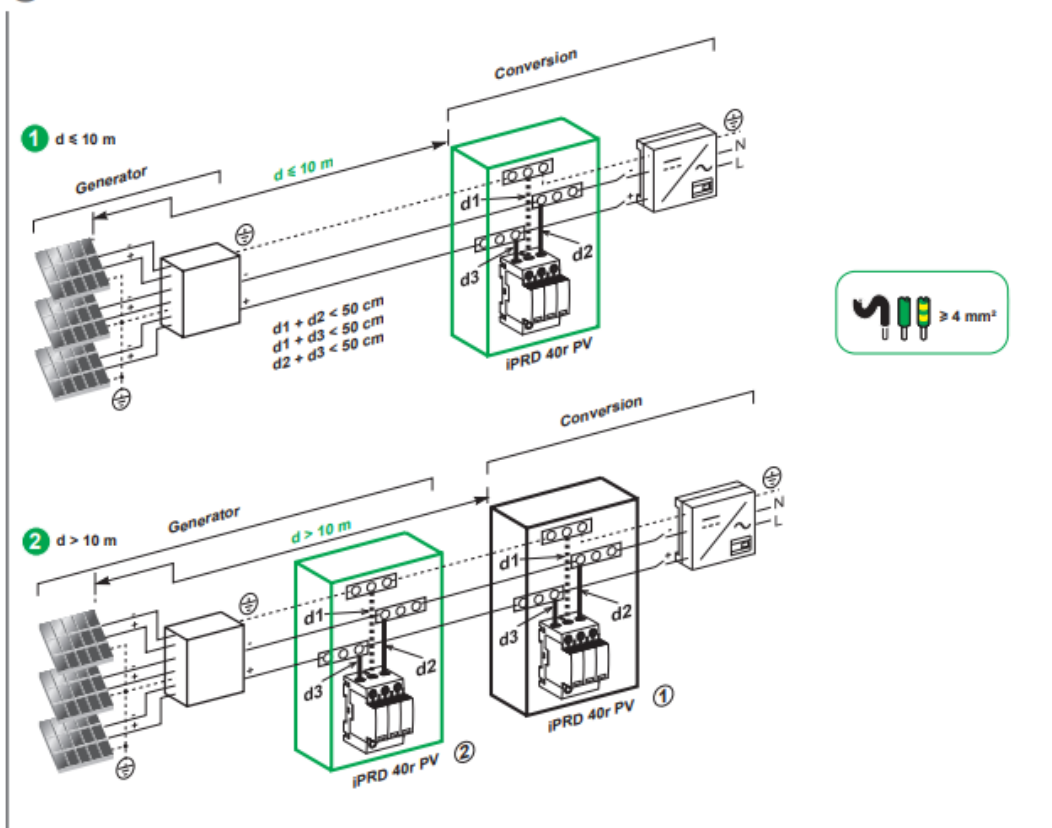


2/2

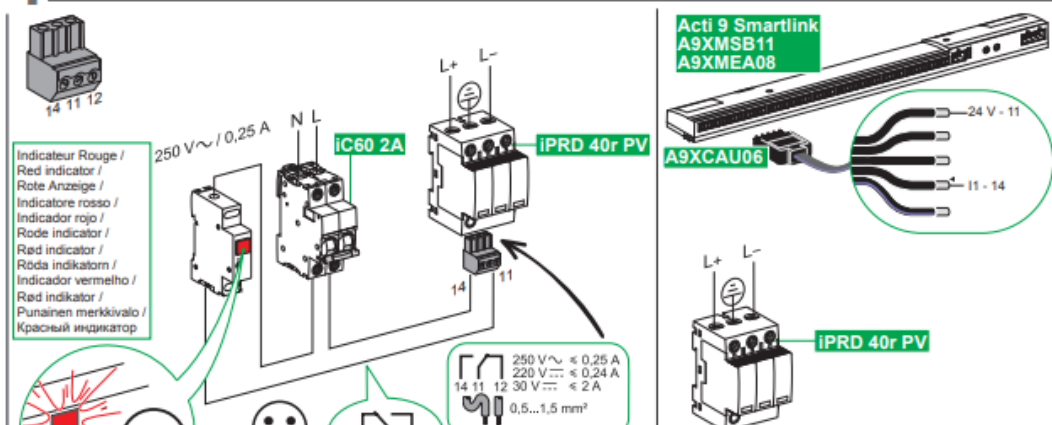
“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 5. Datos técnicos de la protección contra sobretensiones

3 Câblage / Wiring / Verdrahtung / Cablaggio / Cableado / Bedrading van / Kabelföring / Kabeldragning / Ligar / Kabelfremføring / johdotus / Подключение проводки



4 Câblage / Wiring / Verdrahtung / Cablaggio / Cableado / Bedrading van / Kabelföring / Kabeldragning / Ligar / Kabelfremføring / johdotus / Подключение проводки





1/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 6. Datos técnicos de la protección caja moldeada

Ficha técnica del producto

Especificaciones



H 18KA 3P 600V 150A

HDL36150

Principal

Gama	PowerPact
Nombre del producto	PowerPact H
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Aplicación del dispositivo	Distribución

Opcionales

[In] corriente nominal	150 A
Number of Poles	3P
Descripción de polos protegidos	3t
Tipo de control	Maneta
Código de poder de corte	D
Poder de corte	25 kA 240 V CA 50/60 Hz UL 489 18 kA 480 V CA 50/60 Hz 14 kA 600 V CA 50/60 Hz 20 kA 250 V DC
[Ue] tensión asignada de empleo	690 V CA 50/60 Hz valores instantáneos y de demanda
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ics] poder de corte en servicio	25 kA En> 50 A 220/240 V CA 50/60 Hz 18 kA En> 50 A 380/440/415 V CA 50/60 Hz 14 kA En> 50 A 500/525 V CA 50/60 Hz 20 kA En> 50 A 250 V DC 20 kA En> 50 A 500 V DC



2/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 6. Datos técnicos de la protección caja moldeada

Calibre AWG	AWG 14...AWG 3/0 aluminio/cobre terminales
Señalizaciones en local	1 indicador de disparo verde apagado (OFF)
Modo de montaje	Unit mount ((*)) Chasis de Lutze
Tipo de montaje	Chasis de Lutze
Consecutivo, seguido, continuo, adosado	Lugs ((*)) línea Lugs ((*)) load ((*))
Identificador de terminal	AL150HD
Par de apriete	5 N.m 2.5...6 mm ² AWG 14...AWG 10 14 N.m 10...95 mm ² AWG 8...AWG 3/0
Número de ranuras	2 interruptor del auxiliar OF conexión 1 interruptor de la alarma Dakota del Sur conexión 1 overcurrent trip switch SDE conexión 1 bobina de disparo MN o MX conexión
Power wire stripping length	16 mm
Color	Negro
Altura	163 mm
Anchura	104 mm
Profundidad	86 mm
Peso del producto	2.2 kg
Cantidad por juego	1
Interfaz de comunicación	Modbus Ethernet
Ambiente	
Etiquetas de calidad	CE
Normas	UL CSA NEMA NOM-003-SCFI-2000 En> 50 A
Certificaciones de producto	UL CSA NOM
Grado de protección IP	Tapa frontal IP40 IEC 60529
Grado de contaminación	3 IEC 60947-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-2...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-50...85 °C
Altitud máxima de funcionamiento	< 2000 m sin disminución 5000 m con restricciones



1/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 7. Pliego tarifario

PERIODO: **ENERO - DICIEMBRE ***
 EMPRESAS ELÉCTRICAS:
AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR
CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS
ENERO - DICIEMBRE **

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD Consumidor)	
CATEGORÍA RESIDENCIAL				
NIVEL VOLTAJE BAJO Y MEDIO VOLTAJE				
1-50		0,091	1,414	
51-100		0,093		
101-150		0,095		
151-200		0,097		
201-250		0,099		
251-300		0,101		
301-350		0,103		
351-500		0,105		
501-700		0,1285		
701-1000		0,1450		
1001-1500		0,1709		
1501-2500		0,2752		
2501-3500		0,4380		
Superior		0,6812		
RESIDENCIAL TEMPORAL				
		0,1285		
CATEGORÍA BAJO VOLTAJE SIN DEMANDA				
NIVEL VOLTAJE				
COMERCIAL				
1-300		0,092	1,414	
Superior		0,103		
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES				
1-300		0,082		
Superior		0,093		
BOMBEO AGUA				
1-300		0,072		
Superior		0,083		
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE				
1-300		0,058		
Superior		0,068		
INDUSTRIA ARTESANAL				
1-300		0,073		
Superior		0,089		
ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO				
1-100		0,034		
101-200		0,038		
201-300		0,038		
Superior		0,063		
NIVEL VOLTAJE BAJO VOLTAJE CON DEMANDA				
COMERCIALES				
	4,790	0,090	1,414	
INDUSTRIALES				
	4,790	0,080		
ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES				
	4,790	0,080		
BOMBEO AGUA				
	4,790	0,070		



2/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 7. Pliego tarifario

PERIODO: **ENERO - DICIEMBRE ***

EMPRESAS ELÉCTRICAS:

AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

ENERO - DICIEMBRE **

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD Consumidor)	
NIVEL VOLTAJE				
BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA				
COMERCIAL				
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,090	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,072		
INDUSTRIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,085		
22:00 hasta 08:00 horas		0,089		
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,080		
22:00 hasta 08:00 horas		0,088		
BOMBEO				
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,070		
22:00 hasta 08:00 horas		0,058		
NIVEL VOLTAJE				
BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA				
BOMBEO AGUA SERVICIO PUBLICO DE AGUA POTABLE				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	2,820	0,058	1,414	
L-V 18:00 horas hasta 22:00 horas		0,095		
L-V 22:00 hasta 08:00 horas***		0,045		
S.D 18:00 hasta 22:00 horas		0,058		
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,080		
L-D: 18:00 horas hasta 22:00 horas		0,100		
L-D: 22:00 hasta 08:00 horas		0,050		
SyD: 18:00 hasta 22:00 horas				
NIVEL VOLTAJE				
BAJO Y MEDIO VOLTAJE				
BOMBEO AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS SIN FINES DE LUCRO				
1-300 Superior		0,040	0,700	
		0,040		
ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA				
	3,000	0,085	1,414	
ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA				
08:00 hasta 22:00 horas	3,00	0,085		
22:00 hasta 08:00 horas		0,054		



1/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 8. Analizador de redes ficha técnica



Analizadores de calidad eléctrica y energía 434-II y 435-II de Fluke

Características principales

Analice los problemas de calidad eléctrica, calcule el coste de la energía desperdiciada y evite los tiempos de inactividad con el analizador de energía eléctrica 434-II y el analizador de calidad eléctrica y energía 435-II.

- **Estudio avanzado del estado de la calidad eléctrica:** los datos sobre calidad eléctrica al instante para que pueda tomar mejores decisiones de mantenimiento
- **Calculadora de pérdida de energía:** descubra los costes de la pérdida de energía causada por una calidad eléctrica deficiente

Tensión				
	Modelo	Rango de medida	Resolución	Precisión
Vrms (CA + CC)	434-II	1 V a 1000 V fase-neutro	0,1 V	± 0,1% de la tensión nominal ¹
	435-II	1 V a 1000 V fase-neutro	0,01 V	± 0,1% de la tensión nominal ¹
Tensión de pico		1 V pico a 1400 V pico	1 V	5% de la tensión nominal
Factor de cresta (CF) de tensión		1,0 > 2,8	0,01	± 5%
Vrms½	434-II	1 V a 1000 V fase-neutro	0,1 V	± 1% de la tensión nominal
	434-II y 435-II		0,1 V	± 0,2% de la tensión nominal
V fund	434-II	1 V a 1000 V fase-neutro	0,1 V	± 0,5% de la tensión nominal
	435-II		0,1 V	± 0,1% de la tensión nominal
Corriente (precisión sin incluir precisión de sonda)				
A (CA + CC)	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1 mV/A 1x	5 A a 2000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1 mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
Corriente de pico	i430-Flex	8400 A pico	1 Arms	± 5%
	1 mV / A	5500 A pico	1 Arms	± 5%
Factor de cresta (CF) de corriente		1 a 10	0,01	± 5%
A½	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 1% ± 10 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
	1 mV/A 1x	5 A a 2000 A	1 A	± 1% ± 10 cuentas
	1 mV/A 10x	0,5 A a 200 A (solo CA)	0,1 A	± 1% ± 10 cuentas
A fund	i430-Flex 1x	5 A a 6000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	i430-Flex 10x	0,5 A a 600 A	0,1 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	1 mV/A 1x	5 A a 2000 A	1 A	± 0,5% ± 5 cuentas



2/2

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 8. Analizador de redes ficha técnica

Hz				
Hz	Fluke 434 a 50 Hz nominal	42,50 Hz a 57,50 Hz	0,01 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 434 a 60 Hz nominal	51,00 Hz a 69,00 Hz	0,01 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 435 a 50 Hz nominal	42.500 Hz a 57.500 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
	Fluke 435 a 60 Hz nominal	51,00 Hz a 69,00 Hz	0,001 Hz	± 0,01 Hz
Alimentación				
W (VA, var)	i430-Flex	máx. 6000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
	1 mV / A	máx. 2000 MW	0,1 W a 1 MW	± 1% ± 10 cuentas
Factor de potencia (Cos ϕ /DPF)		0 a 1	0,001	± 0,1% con carga nominal
Energía				
kWh (kVAh, kvarh)	i430-Flex 10x	Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal		± 1% ± 10 cuentas
Pérdida de energía	i430-Flex 10x	Según escala de la sonda de corriente y tensión nominal		Precisión de ± 1% ± 10 cuentas sin resistencia de línea
Armónicos				
Orden de armónicos (n)		CC, grupos de 1 a 50: Grupos de armónicos según la norma IEC 61000-4-7		
Orden de interarmónicos (n)		Desactivado, grupos de 1 a 50: subgrupos de armónicos e interarmónicos de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7		
% tensión	f	0,0% a 100%	0,1%	± 0,1% ± n x 0,1%
	r	0,0% a 100%	0,1%	± 0,1% ± n x 0,4%
	Absoluta	0,0 a 1000 V	0,1 V	± 5% ¹
	THD	0,0% a 100%	0,1%	± 2,5%
% A	f	0,0% a 100%	0,1%	± 0,1% ± n x 0,1%
	r	0,0% a 100%	0,1%	± 0,1% ± n x 0,4%
	Absoluta	0,0 a 600 A	0,1 A	± 5% ± 5 cuentas
	THD	0,0% a 100%	0,1%	± 2,5%
% W	f o r	0,0% a 100%	0,1%	± n x 2%

Especificaciones generales	
Estuche	Diseño robusto y a prueba de golpes con protección integrada. A prueba de polvo y salpicaduras. Protección IP51 según la norma IEC60529 para su uso en una posición vertical inclinada. Golpes y vibraciones. Golpes de 30 g, vibraciones: 3 g sinusoidal, aleatorio 0,03 g/Hz según MIL-PRF-28800F Clase 2
Pantalla	Brillo: 200 cd/m2 típico con adaptador de alimentación, 90 cd/m2 típico con batería. Tamaño: LCD de 127 x 88 mm (153 mm/6,0 pulgadas de diagonal). Resolución: 320 x 240 píxeles. Brillo y contraste: ajustable por el usuario, compensación de temperatura
Memoria	Tarjeta SD de 8 GB (compatible con SDHC, formato FAT32), hasta 32 GB opcionales. Almacenamiento de pantallas y varias memorias de datos para almacenar registros (en función del tamaño de la memoria).
Reloj en tiempo real	Indicación de fecha y hora para modo de Tendencia, pantalla de Transitorios, Monitor del sistema y captura de eventos



1/3

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 9. Datos geográficos del lugar de interés en PVsyst

Parámetros del sitio geográfico, nuevo sitio

Coordenadas geográficas | **Meteo mensual** | Mapa interactivo

Ubicación

Nombre del sitio:

País: Región:

Coordenadas geográficas

Decimal Grad. Min. Seg.

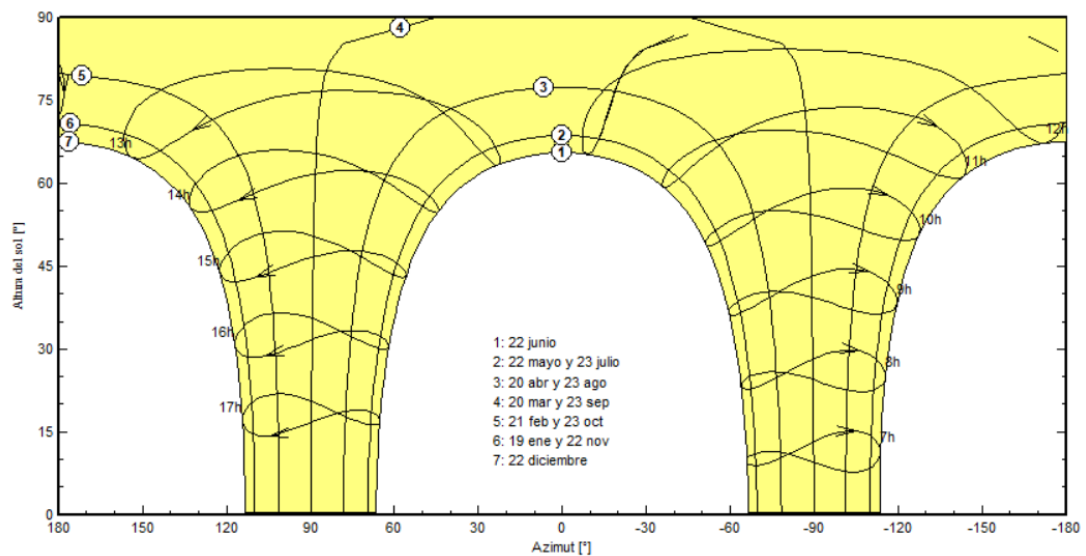
Latitud: [°] (+ = Norte, - = Hemisferio Sur)

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

Altitud: M por encima del nivel del mar

Zona horaria: Corresponde a una diferencia promedio
Hora Legal - Hora Solar = 0h 15m

Trayectorias solares en UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, (Lat. -0.9179° S, long. -78.6329° W, alt. 2769 m) - Hora Legal





2/3

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 9. Datos geográficos del lugar de interés en PVsyst

Coordenadas geográficas | **Meteo mensual** | Mapa interactivo

Sitio: **UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI (Ecuador)**

Fuente de datos:

	Irradiación horizontal global kWh/m ² /día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /día	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Turbidez Linke [-]	Humedad relativa %
Enero	5.77	2.32	14.1	3.90	2.674	75.5
Febrero	5.01	2.58	14.0	3.70	2.843	77.2
Marzo	5.45	2.09	13.9	3.40	2.718	78.5
Abril	5.45	2.53	13.6	3.20	2.702	78.9
Mayo	5.65	2.10	13.7	3.80	2.577	77.7
Junio	5.40	2.06	12.8	4.80	2.452	78.8
Julio	5.40	2.10	12.6	5.30	2.463	75.9
Agosto	5.82	2.06	12.7	5.20	2.723	73.1
Septiembre	5.46	2.40	12.9	4.61	2.836	73.6
Octubre	4.53	2.40	14.0	3.70	2.847	73.5
Noviembre	4.80	2.50	13.9	3.20	2.876	75.4
Diciembre	5.32	2.46	14.2	3.59	2.813	75.2
Año	5.34	2.30	13.5	4.0	2.710	76.1

Irradiación horizontal global variabilidad año a año 6.8%

Datos requeridos

Irradiación horizontal global

Temperatura ext. promedio

Datos adicionales

Irradiación difusa horizontal

Velocidad del viento

Turbidez Linke

Humedad relativa

Unidades de irradiación

kWh/m²/día

kWh/m²/mes

MJ/m²/día

MJ/m²/mes

W/m²

Índice de claridad Kt

Coordenadas geográficas | **Meteo mensual** | Mapa interactivo

Sitio: **UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI (Ecuador)**

Fuente de datos:

	Irradiación horizontal global kWh/m ² /mes	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² /mes	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Turbidez Linke [-]	Humedad relativa %
Enero	178.9	71.9	14.1	3.90	2.674	75.5
Febrero	140.4	72.2	14.0	3.70	2.843	77.2
Marzo	168.9	64.9	13.9	3.40	2.718	78.5
Abril	163.5	75.9	13.6	3.20	2.702	78.9
Mayo	175.2	65.2	13.7	3.80	2.577	77.7
Junio	162.1	61.7	12.8	4.80	2.452	78.8
Julio	167.5	65.1	12.6	5.30	2.463	75.9
Agosto	180.3	63.9	12.7	5.20	2.723	73.1
Septiembre	163.8	72.0	12.9	4.61	2.836	73.6
Octubre	140.3	74.3	14.0	3.70	2.847	73.5
Noviembre	144.0	75.0	13.9	3.20	2.876	75.4
Diciembre	165.0	76.3	14.2	3.59	2.813	75.2
Año	1949.9	838.5	13.5	4.0	2.710	76.1

Irradiación horizontal global variabilidad año a año 6.8%

Datos requeridos

Irradiación horizontal global

Temperatura ext. promedio

Datos adicionales

Irradiación difusa horizontal

Velocidad del viento

Turbidez Linke

Humedad relativa

Unidades de irradiación

kWh/m²/día

kWh/m²/mes

MJ/m²/día

MJ/m²/mes

W/m²

Índice de claridad Kt

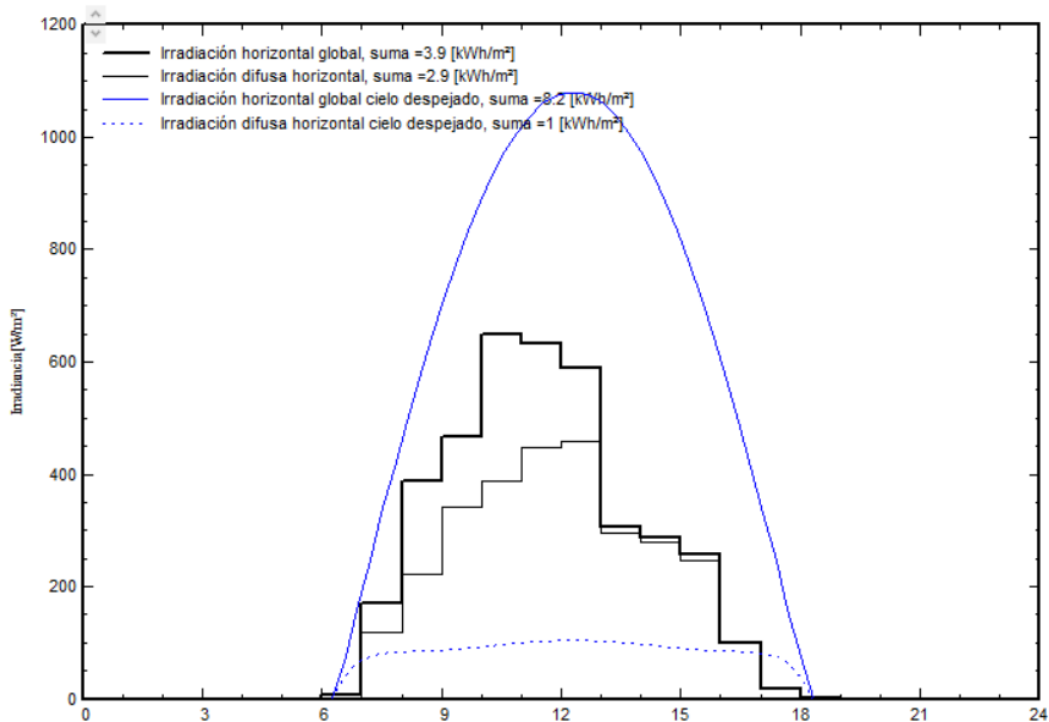


“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

3/3

Anexo 9. Datos geográficos del lugar de interés en PVsyst

Meteo para UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI - Datos generados sintéticamente a partir de valores mensuales



Meteo para UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI - Datos generados sintéticamente a partir de valores mensuales

Comienzo del intervalo	GlobHor kWh/m²/mes	DiffHor kWh/m²/mes	T_Amb °C
Enero	178.9	71.9	14.1
Febrero	140.4	72.2	14.0
Marzo	168.9	64.9	13.9
Abril	163.5	75.9	13.6
Mayo	175.2	65.2	13.7
Junio	162.1	61.7	12.8
Julio	167.5	65.1	12.6
Agosto	180.3	63.9	12.7
Septiembre	163.8	72.0	12.9
Octubre	140.3	74.3	14.0
Noviembre	144.0	75.0	13.9
Diciembre	165.0	76.3	14.2
Año	1949.8	838.5	13.5



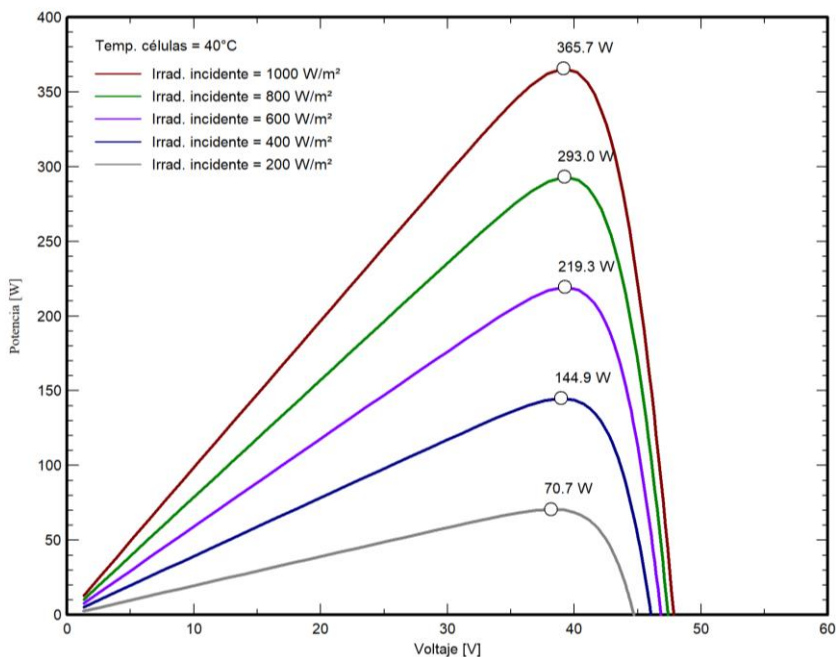
1/1

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 10. Curvas del panel solar según PVsyst

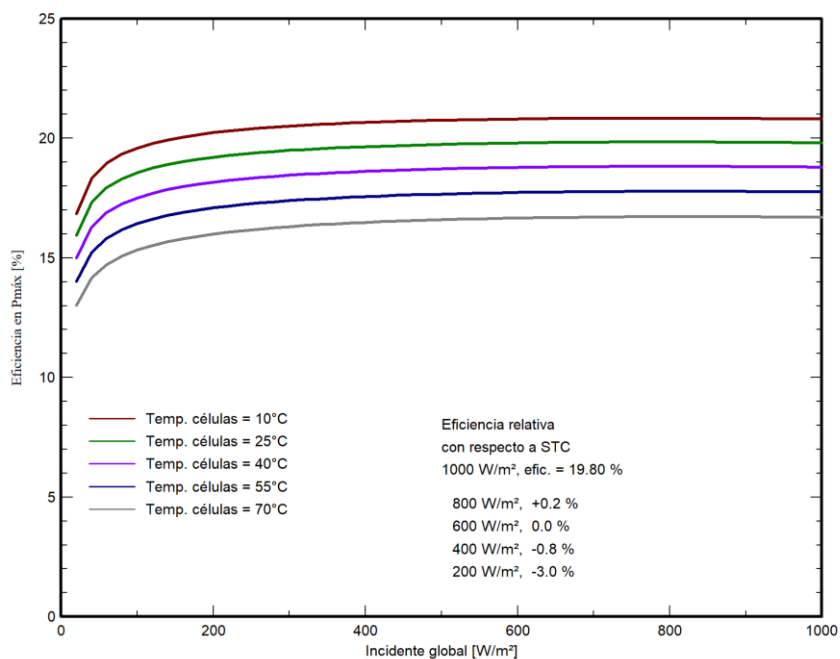
POTENCIA VS VOLTAJE

Módulo FV: BYD, BYD-385-M6K-36



EFICIENCIA VS IRRADIANCIA

Módulo FV: BYD, BYD-385-M6K-36



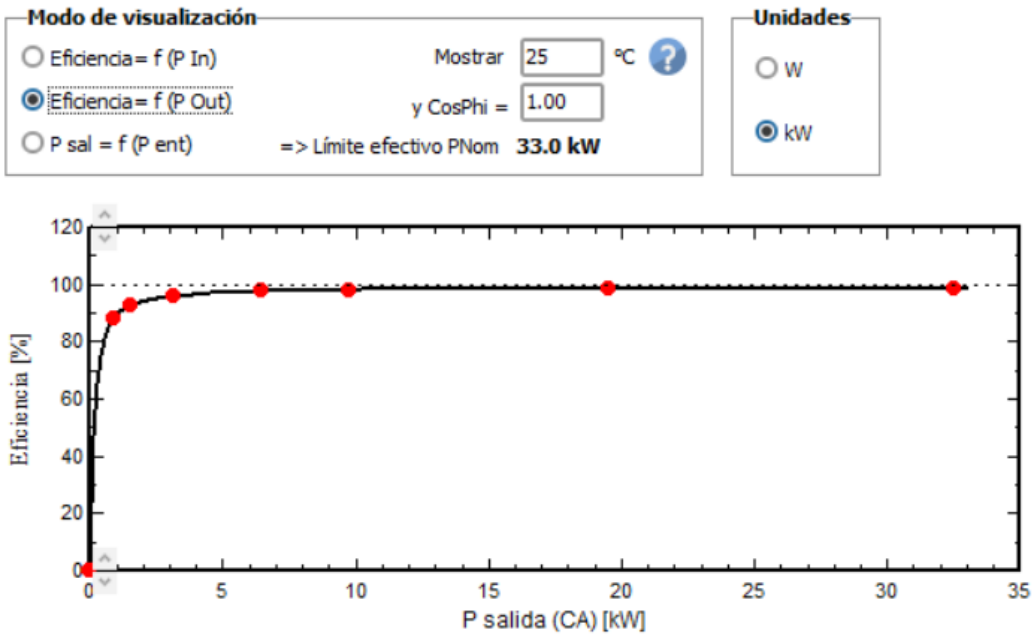


“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

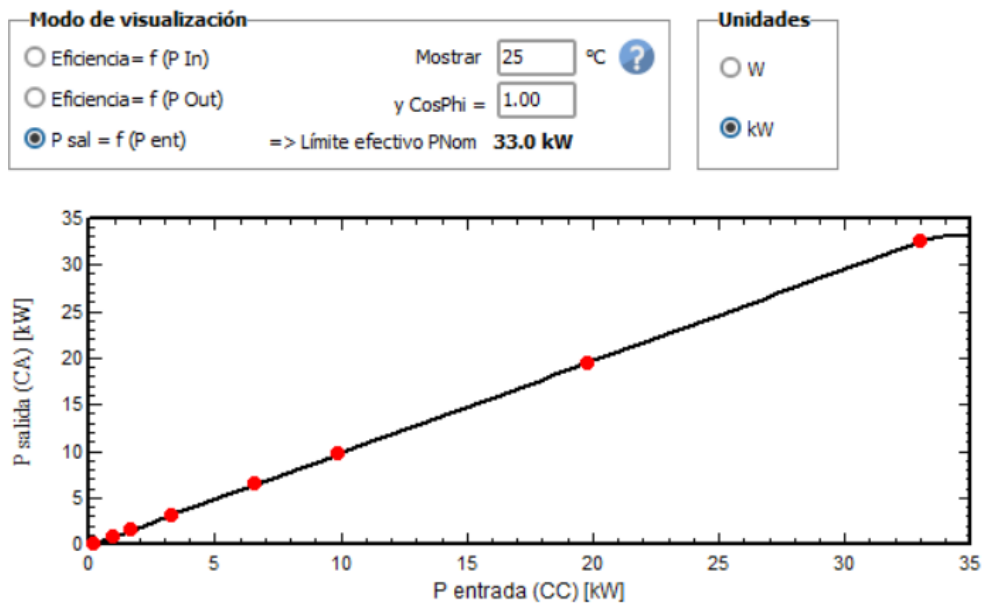
1/1

Anexo 11. Curvas del inversor según PVsyst

RENDIMIENTO VS POTENCIA DE SALIDA



POTENCIA DE SALIDA VS POTENCIA ENTRADA





1/1

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE TIPO OFF-GRID CONSIDERANDO ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE ENERGÍA”

Anexo 12. Informe de anti plagio “Urkund”



Document Information

Analyzed document	antiplagio Alvarez-Heredia.docx (D143447639)
Submitted	2022-08-31 19:00:00
Submitted by	
Submitter email	luis.cruz@utc.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	luis.cruz.utc@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	submission.pdf Document submission.pdf (D124301404)		2
SA	submission.pdf Document submission.pdf (D124373997)		1
SA	TFM - Jorge Pérez Brenes.pdf Document TFM - Jorge Pérez Brenes.pdf (D54085710)		1
SA	1597974969_586__Conectado_Red_MiguelMuñoz.pdf Document 1597974969_586__Conectado_Red_MiguelMuñoz.pdf (D79027971)		1
SA	submission.pdf Document submission.pdf (D124400007)		1