



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO PARA ELECTROLINERA EN
ESPACIOS TURÍSTICOS DE USO PÚBLICO – CASO
AGUAS TERMALES DE GUAPÁN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

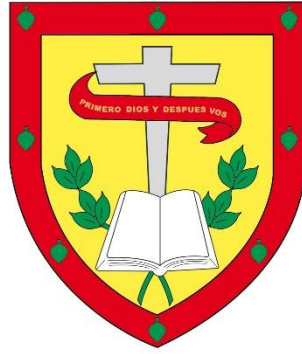
AUTOR: EDISON HERNÁN SUMBA ZUMBA

DIRECTOR: ING. DANIEL ORLANDO ICAZA ALVAREZ MSc.

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
PARA ELECTROLINERA EN ESPACIOS TURÍSTICOS DE USO
PÚBLICO – CASO AGUAS TERMALES DE GUAPÁN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: EDISON HERNÁN SUMBA ZUMBA

DIRECTOR: ING. DANIEL ORLANDO ICAZA ALVARES MSc.

CUENCA – ECUADOR


2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoria y Responsabilidad

Yo, **Edison Hernán Sumba Zumba** portador de la cédula de ciudadanía N° **0302302823**. Declaro ser el autor del trabajo: “**DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ELECTROLINERA EN ESPACIOS TURÍSTICOS DE USO PÚBLICO – CASO AGUAS TERMALES DE GUAPÁN**”, sobre el cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que el trabajo ha sido realizado cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 15 de julio de 2022

F:

Edison Hernán Sumba Zumba

CI: 0302302823

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Edison Hernán Sumba Zumba, bajo mi supervisión.




Ing. Daniel Orlando Icaza Álvarez MGs.

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida, a mi familia y la sabiduría para alcanzar esta meta.

Agradezco a mis padres por haberme dado la oportunidad de perseguir mis sueños y alcanzarlos, quedo eternamente agradecido con ustedes por el sacrificio y cariño que me supieron dar en todo momento.

Agradezco a todos los docentes de la Universidad Católica de Cuenca, de la facultad de Ingeniería Eléctrica por el apoyo y conocimientos brindados a lo largo de mis estudios, en especial a mi Tutor el Ingeniero Daniel Icaza, gracias por compartir sus conocimientos, su tiempo y aquel apoyo incondicional lo cual me permite concluir mi Carrera Universitaria.

Y finalmente un agradecimiento muy especial para toda mi familia y amigos, que en su momento me supieron brindar su apoyo, a todos muchas gracias.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos padres Nube y Jorge, quienes supieron brindarme ese apoyo incondicional a lo largo de mi vida y en mis estudios, quienes son y serán el pilar fundamental en mi vida, gracias queridos Padres porque a pesar de mis errores siempre confiaron en mí y me inculcaron con sus sabios consejos.

A mis hermanos Mónica y Jorge, por siempre creer en mí, por entregarme aquel apoyo sincero y en el momento más indicado, gracias por ser los mejores hermanos.

A mi querida esposa Blanca, por siempre estar ahí, apoyándome, motivándome para así formarme como profesional y como una persona de bien, gracias por permitirme compartir junto a ti, nuestros triunfos y fracasos.

Y al regalo más hermoso que me pudo haber entregado la vida, mi hijo Matías Sebastián, quien es mi principal motivación para seguir en adelante, yo sé que varias veces hay que hacer sacrificios, pero todo lo sea por ti mi hijo querido, eres mi mayor felicidad y por ti cumplí esta meta para así poderte entregar un mejor futuro.

RESUMEN

El Balance Energético Nacional 2020 presenta un incremento anual en el consumo de combustibles en el sector transporte para el periodo 2010-2020, siendo más relevantes la gasolina y el diésel representando un incremento anual del 1.9% y el 3.4% respectivamente.

El incremento exponencial en el consumo de combustibles derivados del petróleo y su combustión genera emisiones de gases tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros gases que han contribuido y aún contribuyen a generar y potenciar el efecto invernadero, la lluvia ácida, la contaminación del aire, suelo y agua.

En la presente investigación, se analiza la implementación de electrolineras en espacios turísticos de uso público, mediante el uso de energía solar fotovoltaica, basándose en leyes, normativas y estudios gubernamentales como el Balance Energético Nacional que manifiesta un incremento anual en el consumo de combustibles tanto gasolina como diésel.

En los diferentes capítulos que se exponen en este trabajo, se da a conocer conceptos de energías renovables y con la determinación del recurso solar disponible en la zona, se estima la energía producida, la cual abastecerá la demanda requerida por la electrolinera, utilizando software para su simulación y modelado, promoviendo el uso de vehículos eléctricos brindando una carga gratuita, además, presentaremos un análisis económico/ambiental para así promover el turismo en sectores de remediación ambiental como lo es el Complejo de Aguas Termales de Guapán, parroquia que se ha visto afectado durante décadas por la explotación minera.

Palabras clave: balance energético, electrolinera, sistema fotovoltaico, vehículos eléctricos, análisis ambiental

ABSTRACT

The National Energy Balance 2020 reports an overall increase in fuel consumption in transportation between 2010 and 2020, with gasoline and diesel representing an annual increase of 1.9% and 3.4%, respectively.

This exponential consumption of petroleum-based energy sources and their subsequent combustion produces gas emissions such as carbon dioxide, carbon monoxide, and others, contributing to the greenhouse effect, acid rain, and air, soil, and water pollution.

In this research, an analysis on the deployment of electric charging stations in touristic public spaces is conducted using photovoltaic solar energy based on laws, regulations, and governmental studies such as the National Energy Balance that indicates an annual increase in the consumption of both gasoline and diesel fuels.

Throughout the different chapters of this work, concepts of renewable energies are presented, and with the determination of the solar resource available in the area, the energy produced is estimated to meet the demand required by the electric station using software for its simulation and modeling, promoting the use of electric vehicles by providing a free charge. Furthermore, we will present an economic/environmental analysis to promote tourism in environmental remediation sectors. One of them is the Guapán Hot Springs Complex, a parish that has been impacted for decades by mining exploitation.

Keywords: energy balance, electric vehicle, photovoltaic system, electric vehicles, environmental analysis

INDICE DE CONTENIDO

Declarat3ria de Autoria y Responsabilidad	ii
CERTIFICACI3N	iii
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
CAPITULO 1	15
1. INTRODUCCION	15
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo general	15
1.1.2 Objetivos espec3ficos	15
1.2 Alcance	15
1.3 Justificaci3n	15
1.4 Energ3as renovables a nivel mundial, Sudam3rica y Ecuador	16
CAPITULO 2	20
2. MARCO TE3RICO	20
2.1 La radiaci3n solar	20
2.2 Sistema de generaci3n	24
2.2.1 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red	24
2.2.2 Sistemas fotovoltaicos aislados	24
2.3 Modulo solar fotovoltaico	25
2.3.1 Funcionamiento del panel fotovoltaico	26
2.3.2 Par3metros de funcionamiento de una c3lula solar	27
2.3.3 Silicio cristalizado	29
2.3.4 Panel de silicio monocristalino	29
2.3.5 Panel de silicio policristalino	30
2.3.6 Thin film	30
2.3.7 Panel del silicio amorfo	30
2.4 Conexi3n de panel fotovoltaico en serie – paralelo	31
2.4.1 Conexi3n en serie	31
2.4.2 Conexi3n en paralelo	32
2.4.3 Conexi3n mixta	32
2.5 Dispositivo de regulaci3n	33
2.5.1 Regulador en serie	34
2.5.2 Regulador en paralelo	35

2.5.3	Regulador todo - nada.....	36
2.5.4	Regulador PWM (Pulse Width Modulation).....	36
2.6	Batería	37
2.6.1	Baterías abiertas.....	37
2.6.2	Baterías selladas.....	37
2.6.3	Baterías de gel.....	37
2.6.4	Baterías de AGM.....	38
2.6.5	Parámetros de una batería.....	38
2.6.6	Conexión de baterías.....	39
2.7	Vehículo Eléctrico.....	40
2.7.1	Carga lenta.	41
2.7.2	Carga semi-rápida.	41
2.7.3	Carga rápida.	41
2.7.4	Modo de recarga 1.	41
2.7.5	Modo de recarga 2.	42
2.7.6	Modo de recarga 3.	42
2.7.7	Modo de Recarga 4.	43
2.8	Electrolinera	44
2.8.1	El conector eléctrico Tipo 1.....	44
2.8.2	El conector Tipo 2.....	45
2.9	Sistemas fotovoltaicos en el Ecuador.....	45
2.10	Electrolineras en el Ecuador.....	47
CAPITULO 3		49
3.	METODOLOGÍA.....	49
3.1	Análisis de la zona de estudio	49
3.2	Análisis de radiación solar	51
3.3	Análisis meteorológico	54
3.3.1	Tabulación de datos.	55
3.4	Dimensionamiento de sistema fotovoltaico para electrolinera	68
3.4.1	Determinación de la demanda.....	70
3.4.2	Determinación de paneles fotovoltaicos.	71
3.4.3	Potencia generada por los paneles fotovoltaicos.	72
3.4.4	Determinación de baterías.....	73
3.4.5	Dimensionamiento del inversor controlador.....	74

3.4.6	Cálculo del área necesaria para la implementación del proyecto.	77
3.5	Modelación matemática y simulación	79
3.6	Estación de Carga DC.....	90
3.7	Estación de carga, conexión a red.....	94
3.7.1	Definición.	94
3.7.2	Marco del Sistema.....	95
3.7.3	Estrategia para una carga óptima.	99
3.7.4	Estudio de caso.....	104
3.8	Arquitectura del Sistema.....	113
3.9	Aporte Ambiental.....	118
3.10	Análisis Económico	119
CAPITULO 4	120
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	120
4.1	Conclusiones.....	120
4.2	Recomendaciones	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
ANEXOS	125

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Generación por Energías Renovables en el Ecuador	17
Fig. 2 Generación de energía renovable en el mundo.	18
Fig. 3 Generación de energía renovable en Sudamérica.	18
Fig. 4 Generación de energía renovable en Ecuador.....	19
Fig. 5 Energía Solar Incidente en la Tierra.....	20
Fig. 6 Fluctuación Anual de Constante Solar.....	21
Fig. 7 Irradiación Espectral	21
Fig. 8 Distribución Espectral de Longitudes de Onda	22
Fig. 9 Radiación Directa, Difusa y Reflejada	22
Fig. 10 Radiación Directa y Global en el Ecuador	23
Fig. 11 Sistema Aislado con consumo en CA.....	24
Fig. 12 Sistema Aislado con consumo en CC	24
Fig. 13 Sistema Aislado con consumo en CA/CC.....	25
Fig. 14 Componentes de un Panel Solar.....	26
Fig. 15 Funcionamiento de una Célula Fotovoltaica.....	27
Fig. 16 Circuito Equivalente de una Célula Fotovoltaica.....	27
Fig. 17 Características I-V de una célula Fotovoltaica	28
Fig. 18 Características P-V de una célula Fotovoltaica.....	29
Fig. 19 Panel Solar de Silicio Monocristalino.....	29
Fig. 20 Panel Solar de Silicio Policristalino	30
Fig. 21 Panel Solar de Silicio Amorfo.....	30
Fig. 22 Módulo Conexión en Serie	31
Fig. 23 Módulo Conexión en Paralelo	32
Fig. 24 Módulo Conexión Mixta.....	33
Fig. 25 Conexión Batería - Regulador.....	34
Fig. 26 Regulador en Serie	35
Fig. 27 Bucle de trabajo en Regulador Serie	35
Fig. 28 Regulador en Paralelo.....	36
Fig. 29 Ciclo de trabajo de Regulador en Paralelo	36
Fig. 30 Tensión flotante para batería de tensión nominal de 12V	38
Fig. 31 Tensión de Corte.....	39
Fig. 32 Conexión de Baterías en Serie	39
Fig. 33 Conexión de Baterías en Paralelo.....	40
Fig. 34 Conexión de Baterías Mixta	40
Fig. 35 Modo 1 de Recarga	41
Fig. 36 Modo 2 de Recarga	42
Fig. 37 Modo 3 de Recarga	43
Fig. 38 Modo 4 de Recarga	43
Fig. 39 Conectores Utilizados en Electrolineras.....	44
Fig. 40 Conector Tipo 1 SAE J1772.....	45
Fig. 41 Conector Tipo 2 IEC 62196.....	45
Fig. 42 Producción de Energía hasta Octubre de 2021	46
Fig. 43 Planta Fotovoltaica San Pedro - Loja	46

Fig. 44 Conexión Microgeneración Fotovoltaica	47
Fig. 45 Electrolinera Parque Samanes -Guayaquil.....	48
Fig. 46 Punto de Carga para Vehículos Eléctricos – Centro Comercial los Andes Ambato .	48
Fig. 47 Ubicación Complejo de Aguas Termales de Guapán	49
Fig. 48 Zona de Parqueo Vehicular en el Complejo de Aguas Termales de Guapán.....	49
Fig. 49 Levantamiento de Información con GeoXT y Cálculo en Autocad.....	50
Fig. 50 Trayectoria Solar Guapán - Ecuador	50
Fig. 51 Carta Solar Estereográfica Guapán - Ecuador.....	51
Fig. 52 Carta Solar Estereográfica Ubicación Guapán - Ecuador	51
Fig. 53 Radiación solar Ubicación Guapán - Azogues - Ecuador	52
Fig. 54 Irradiación Global.....	52
Fig. 55 Irradiación Directa.....	53
Fig. 56 Relación Difusa/Global.....	53
Fig. 57 Estación Meteorológica en Guapán Centro	54
Fig. 58 Base monitoreo Estación Meteorológica Guapán Centro	54
Fig. 59 Sensor de Humedad, Temperatura y Pluviómetro de Estación Meteorológica	55
Fig. 60 Grafica de Temperatura Anual 2019.....	56
Fig. 61 Grafica de Humedad Relativa Anual 2019.....	57
Fig. 62 Anemómetro de la Estación Meteorológica	57
Fig. 63 Veleta para medición de Dirección de Viento en Estación Meteorológica.....	58
Fig. 64 Grafica de la Velocidad del Viento Anual 2019	58
Fig. 65 Piranómetro de Estación Meteorológica.	59
Fig. 66 Datos Mensuales por hora de Radiación	59
Fig. 67 Grafica de Irradiación para un día de Medición	60
Fig. 68 Irradiación Solar mes de Enero	60
Fig. 69 Irradiación Solar mes de Febrero.....	61
Fig. 70 Irradiación Solar mes de Marzo.....	61
Fig. 71 Irradiación Solar mes de Abril.....	62
Fig. 72 Irradiación Solar mes de Mayo	62
Fig. 73 Irradiación Solar mes de Junio	63
Fig. 74 Irradiación Solar mes de Julio.....	63
Fig. 75 Irradiación Solar mes de Agosto.....	64
Fig. 76 Irradiación Solar mes de Septiembre.....	64
Fig. 77 Irradiación Solar mes de Octubre.....	65
Fig. 78 Irradiación Solar mes de Noviembre.....	65
Fig. 79 Irradiación Solar mes de Diciembre	66
Fig. 80 Posicionamiento de la Zona de Estudio en Software Meteonorm.....	67
Fig. 81 Temperatura estimada en Software Meteonorm.....	67
Fig. 82 Duración de horas de sol en Software Meteonorm	68
Fig. 83 Diagrama de Flujo Sistema Fotovoltaico para Electrolinera	69
Fig. 84 Modelo Matemático de Panel Fotovoltaico	71
Fig. 85 Arreglo por Array del Sistema	75
Fig. 86 Zona 1 y Zona 2 Emplazamiento del Sistema Fotovoltaico y Electrolinera.....	77
Fig. 87 Zona 1 Emplazamiento de Electrolinera	78
Fig. 88 Zona 2 Emplazamiento de Electrolinera	78

Fig. 89 Curva I-V del Panel Solar EGE-400W en condiciones Standar	79
Fig. 90 Simulación de Panel Fotovoltaico	80
Fig. 91 Simulación de Panel con temperatura de 18°C y radiación de 800 W/m2	80
Fig. 92 Simulación de Panel con temperatura de 10°C y radiación de 600 W/m2	81
Fig. 93 Simulación de Panel con temperatura de 15°C y radiación de 683 W/m2	81
Fig. 94 Simulación de Panel con temperatura de 20°C y radiación de 766 W/m2	82
Fig. 95 Simulación de Panel con temperatura de 25°C y radiación de 849 W/m2	82
Fig. 96 Simulación de Panel con temperatura de 30°C y radiación de 932 W/m2	83
Fig. 97 Simulación de Panel con temperatura de 35°C y radiación de 1015 W/m2	83
Fig. 98 Comportamiento P-V del panel EGE-400W con datos de mediciones	84
Fig. 99 Comportamiento I-V del panel EGE-400W con datos de mediciones.....	84
Fig. 100 Simulación de Panel con temperatura de 10°C y radiación de 600 W/m2, del panel SPR-P3-500W.....	85
Fig. 101 Simulación de Panel con temperatura de 15°C y radiación de 683 W/m2, del panel SPR-P3-500W.....	85
Fig. 102 Simulación de Panel con temperatura de 20°C y radiación de 766 W/m2, del panel SPR-P3-500W.....	86
Fig. 103 Simulación de Panel con temperatura de 25°C y radiación de 849 W/m2, del panel SPR-P3-500W.....	86
Fig. 104 Simulación de Panel con temperatura de 30°C y radiación de 932 W/m2, del panel SPR-P3-500W.....	87
Fig. 105 Simulación de Panel con temperatura de 35°C y radiación de 1015 W/m2, del panel SPR-P3-500W.....	87
Fig. 106 Comportamiento P-V del panel SPR-P3-500W con datos de mediciones	88
Fig. 107 Comportamiento I-V del panel SPR-P3-500W con datos de mediciones.....	88
Fig. 108 Simulación Batería – Sistema.....	89
Fig. 109 Simulación comportamiento de Batería respecto a la Carga	89
Fig. 110 Sistema de la estación de carga de vehículos eléctricos mediante la generación fotovoltaica con un sistema de almacenamiento.....	90
Fig. 111 Estructura de control DC/DC del sistema de almacenamiento de energía a la batería.	91
Fig. 112 Control DC/DC del sistema de almacenamiento de energía a la batería	92
Fig. 113 Respuesta de voltajes de referencia.	92
Fig. 114 Resumen esquemático de la estación de carga para EV con almacenamiento de energía fotovoltaica.....	93
Fig. 115 Características de funcionamiento del sistema en general.....	93
Fig. 116 Características del funcionamiento del sistema con almacenamiento de energía con la batería completamente cargada.....	94
Fig. 117 Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.	95
Fig. 118 Sistema de control propuesto para la estación de carga para vehículos eléctricos	96
Fig. 119 Funciones de pertenencia del controlador de lógica difusa	98
Fig. 120 Algoritmo 2, proceso de evolución híbrida.....	100
Fig. 121 Marco ADP propuesto para el sistema de carga EV.....	102
Fig. 122 Proceso del sistema ADP de un cargador EV.....	102
Fig. 123 Diagrama de flujo, esquema de cobro ADP	103

Fig. 124 Predicción del precio de la electricidad.....	105
Fig. 125 Número de vehículos eléctricos en parqueaderos residenciales.....	106
Fig. 126 Perfiles de operación del cargador EV#1, EV#5, EV#10, EV#20	107
Fig. 127 Perfil de potencia de carga total (Caso 1).....	108
Fig. 128 Perfiles de carga de vehículos eléctricos con ADP (Caso A)	108
Fig. 129 Comparación de la potencia de carga entre EVCS-SSC y el EVCS-MTC (Caso A2)	109
Fig. 130 Número de vehículos eléctricos en el parqueadero.....	110
Fig. 131 Perfiles de operación del cargador EV#1, EV#5, EV#10, EV#20	110
Fig. 132 Perfiles de potencia de carga total (Caso B1)	111
Fig. 133 Perfiles de carga de vehículos eléctricos con ADP (Caso B)	112
Fig. 134 Comparación de la potencia de carga entre el EVCS-SSC y el EVCS-MTC (Caso B2)	112
Fig. 135 Diagrama esquemático del circuito VSI trifásico con filtro LC.	113
Fig. 136 Arquitectura, Estación de Carga – Electrolinea.....	114
Fig. 137 Sistema de carga.....	115
Fig. 138 Arquitectura, Estación de Carga – Electrolinea Zona 1.	115
Fig. 139 Vista frontal, Estación de Carga – Electrolinea Zona 1.....	116
Fig. 140 Arquitectura, Estación de Carga – Electrolinea Zona 2.	116
Fig. 141 Estación de Carga – Electrolinea Zona 2.....	117
Fig. 142 Vista frontal estación de carga – Electrolinea Zona 2.	117

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Eficiencia de Paneles Fotovoltaicos.....	31
Tabla 2 Datos Medidos de Temperatura	55
Tabla 3 Datos de Humedad Relativa	56
Tabla 4 Datos de Velocidad de Viento.....	58
Tabla 5 Datos de Radiación Solar Medidos.....	66
Tabla 6 Resumen de Elementos del Sistema.....	76
Tabla 7 Reglas difusas de prioridad de carga	97
Tabla 8 Configuración de los cargadores EVCS-MTC y EVCS-SSC	106
Tabla 9 Costo de elementos del Sistema.....	119

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Ficha técnica EV Kia Soul	126
Anexo 2 Ficha técnica cargador EV	133
Anexo 3 Ficha técnica PV	135
Anexo 4 Ficha técnica Baterías.....	137
Anexo 5 Ficha técnica Inversor	143
Anexo 6 Ficha técnica PV	147

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Diseñar un sistema fotovoltaico para electrolinera en el complejo turístico de aguas termales de la parroquia Guapán en el Cantón Azogues.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Recopilar información de la generación solar fotovoltaica por medio de una estación meteorológica en el sector.
- Tabular la información recopilada por la estación meteorológica con fines de generación eléctrica en el sector.
- Dimensionar el Sistema Fotovoltaico y electrolinera en el sitio de estudio teniendo como base los registros y tabulaciones de recurso solar disponibles.
- Realizar el análisis de factibilidad económica y aporte ambiental.

1.2 Alcance

El estudio se limita al Complejo de Aguas Termales de Guapán sitio turístico de uso público en el cual se realiza la investigación para posterior aplicación por entes gubernamentales aprovechando su disponibilidad de espacio para la implementación de paneles fotovoltaicos.

1.3 Justificación

El Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 propuesto por el Gobierno fija dentro de sus políticas en el Objetivo 11, promover la protección y conservación de los ecosistemas y su biodiversidad; así como el patrimonio natural y genético nacional (Nacional, 2021). En el mismo plan en el Objetivo 12, se promueve la implementación de mejores prácticas ambientales con responsabilidad social y económica, que fomenten la concientización, producción y consumo sostenible, desde la investigación, innovación y transferencia de tecnología, además, el fortalecer las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático (Nacional, 2021).

Según el Balance Nacional de Energía Eléctrica 2020 en el Ecuador, la potencia efectiva en generación de energía eléctrica está sustentada en un 64.87% de energías renovables siendo la de gran aporte la hidráulica con el 62.51% mientras que la fotovoltaica representa el 0.33%, las energías no renovables representan el 35.13% (ARCONEL, 2020).

La constitución de 2008, reconoce a la naturaleza como sujeto de derecho, lo que implica respetar, mantener y restaurar, para que podamos vivir en un ambiente libre de contaminación, estos son desafíos del diario vivir del estado y la sociedad. La implementación de electrolinerías mediante sistemas fotovoltaicos reemplaza a las estaciones de servicio, los cuales requieren combustibles derivados del petróleo para su funcionamiento. La producción de estos combustibles genera una afección ambiental e impacto económico negativo para nuestro medio, ya que la gasolina ha incrementado en su precio de adquisición y generan contaminación.

El diseño de una electrolinería para su aprovechamiento en espacios turísticos de uso público basa su estudio en la recolección y análisis de datos respecto al recurso solar disponible, mediante una estación meteorológica, la cual determina la hora solar pico disponible en la zona, con base al recurso disponible se realiza el dimensionamiento de los componentes que constituyen la electrolinería, fomentando el turismo y mitigando el cambio climático.

Sobre la base de estos antecedentes se plantea el desarrollo de la presente investigación, promoviendo la participación de energía renovable con paneles fotovoltaicos para alimentación de vehículos eléctricos en espacios turísticos de uso público, buscando mitigar el calentamiento global ocasionado por el hombre y reducir el consumo de combustibles en el país.

1.4 Energías renovables a nivel mundial, Sudamérica y Ecuador.

A nivel mundial, las energías renovables han entrado en auge ya que desde los años 2015 – 2016 se ha presentado un crecimiento del 2.3%, por lo cual nos ha beneficiado ya que se ha mantenido el porcentaje con respecto a las emisiones globales de carbono a comparación de años anteriores.

Conforme a Energía International Agency (2022), tales acontecimientos presentados han sido de gran ayuda al uso de las energías renovables para así obtener gratos resultados en la parte de eficiencia energética (Minas M. , 2020).

Mediante los diferentes entes y proyectos se ha ido concientizando la gran importancia del uso de energías renovables con el objetivo de conservar, mejorar el cambio climático y reducir la contaminación, aproximadamente, desde el año 2010 a nivel mundial las energías renovables presentan una participación del 18% y como objetivo hacia el 2030 se desea una participación del 36%.

El sector eléctrico hace que tome un cierto grado de importancia el uso de energías renovables, además en los últimos años se ha notado el crecimiento de las energías como es

la solar y la eólica, claro está el gran aporte que durante décadas ha aportado la fuente hidroeléctrica. Cabe mencionar que el sector eléctrico representa la quinta parte en el consumo y en las energías renovables, ya que también existen sectores en los que estos intervienen como es el transporte y la calefacción ya que estos forman parte de la eficiencia o transición energética.

La inversión pública y privada es fundamental para la implementación de proyectos de energías renovables en el Ecuador, y es también una importante fuente de combustible para nuestra economía. Proporcionar empleos dignos, apoyar el desarrollo social, introducir nuevas tecnologías y fuentes de energía limpias y únicas son estrategias claves para diversificar la matriz energética.

En el Ecuador el 92% de la generación eléctrica es mediante las centrales Hidroeléctricas, el 7% entrega las centrales térmicas y el 1% las fuentes no convencionales entre ellas están la energía solar, eólica, biomasa, biogás, geotermia, etc. Esta producción de energía limpia satisface la demanda eléctrica nacional y a su vez exporta energía eléctrica a los países que se encuentran a las fronteras del país como son Colombia y Perú (Minas M. , 2020).

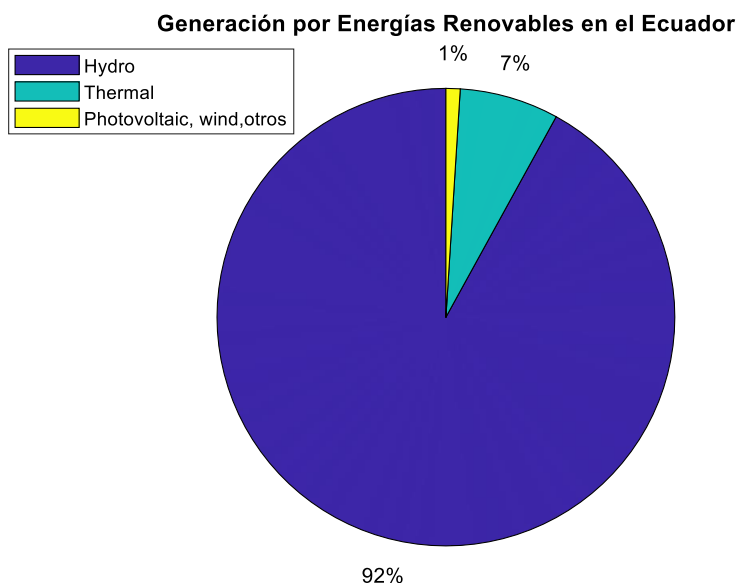


Fig. 1 Generación por Energías Renovables en el Ecuador

Fuente: Propia

Actualmente, el Gobierno Nacional ejecuta políticas que su principal objetivo es entregar la confianza para los diferentes inversionistas que desarrollan proyectos en el Ecuador, desarrolladas con un marco legal citando la seguridad jurídica y sus procesos, en el país se

encuentran empresas que están desarrollando diferentes proyectos, empresas provenientes de Canadá, España, China, Corea, entre otros (Minas M. d., 2021) (Energía:, 2021).

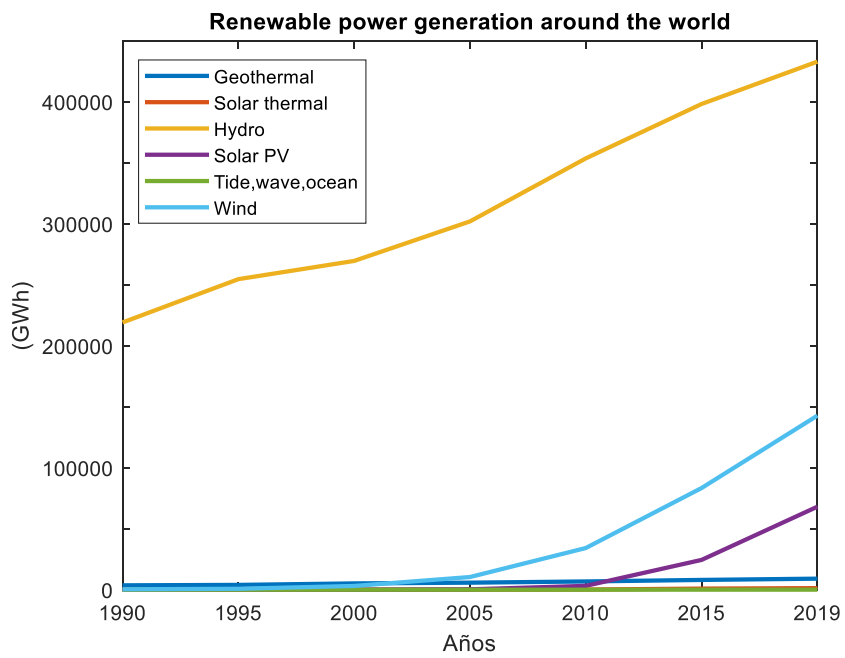


Fig. 2 Generación de energía renovable en el mundo.

Fuente: Propia

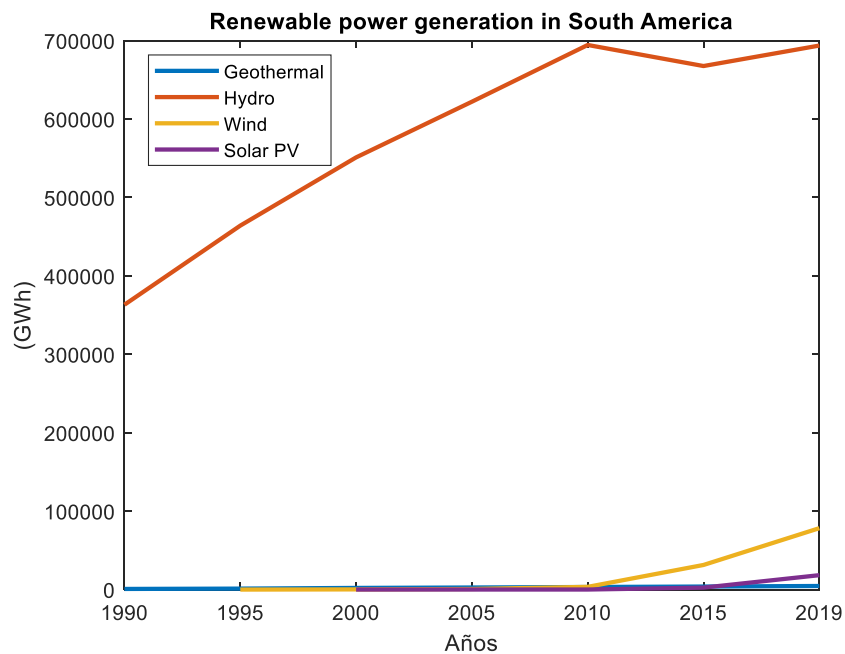


Fig. 3 Generación de energía renovable en Sudamérica.

Fuente: Propia

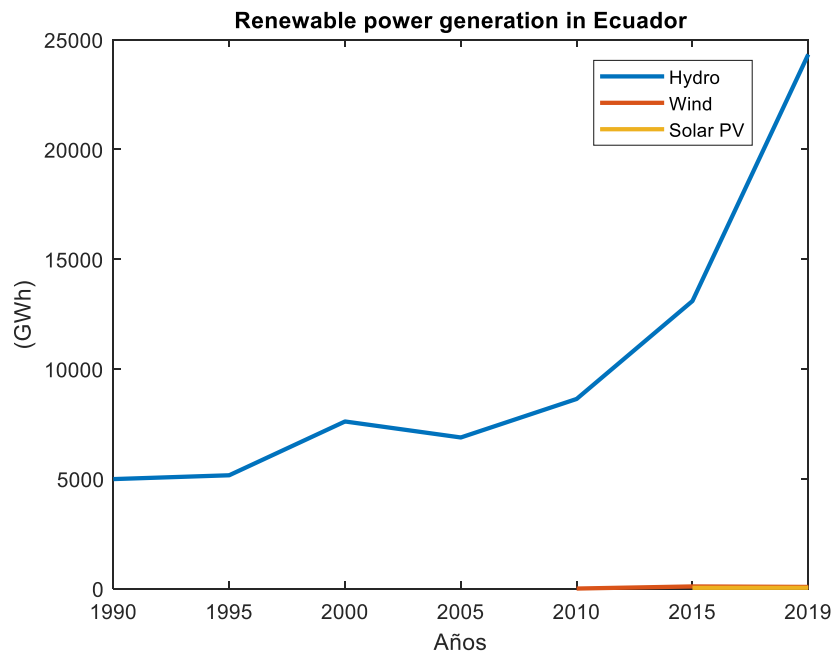


Fig. 4 Generación de energía renovable en Ecuador.

Fuente: Propia

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 La radiación solar

El 94% de la energía que se encuentra sobre la superficie de la Tierra es producida por el sol, este porcentaje de energía permite sostener el ecosistema y facilita la existencia de vida.

Como varios autores manifiestan si tan solo se utilizara el 0,001% de la energía que nos brinda el sol, se podría abastecer la demanda energética mundial (Pérez, 2020)

Las reacciones nucleares de fusión que se producen en el núcleo del Sol generan energía, a esta energía se la conoce como radiación solar, la cual es de $63'450.720 W/m^2$, esta radiación es transmitida hasta la tierra como espectro electromagnético con longitudes de onda variable, si trazamos una superficie perpendicular a los rayos del sol fuera de la atmosfera se estima que la radiación solar sobre esta es de $1360 W/m^2$, a este valor se le denomina constante solar y es variable debido a que la tierra describe una forma elíptica en su órbita en un intervalo $\pm 3\%$ (O'Connor, 2020).

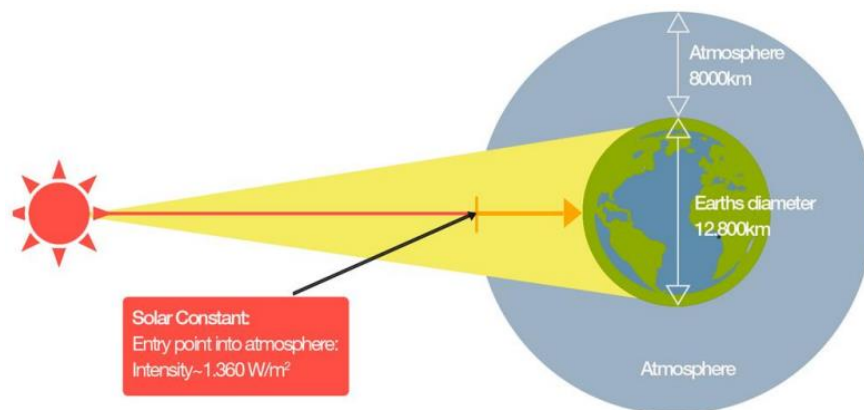


Fig. 5 Energía Solar Incidente en la Tierra

Fuente: (Pérez, 2020)

Dentro de la constante solar se consideran diferentes tipos de radiación solar, tales como, radiación visible, infrarroja y ultravioleta. Debido a la traslación que realiza nuestro planeta respecto al sol se produce una variación de la distancia entre estos dos cuerpos celestes, lo que produce una variación del valor de constante solar, por lo que, el valor de $1360 W/m^2$ es una aproximación ya que la constante fluctúa en este valor (Pérez, 2020).

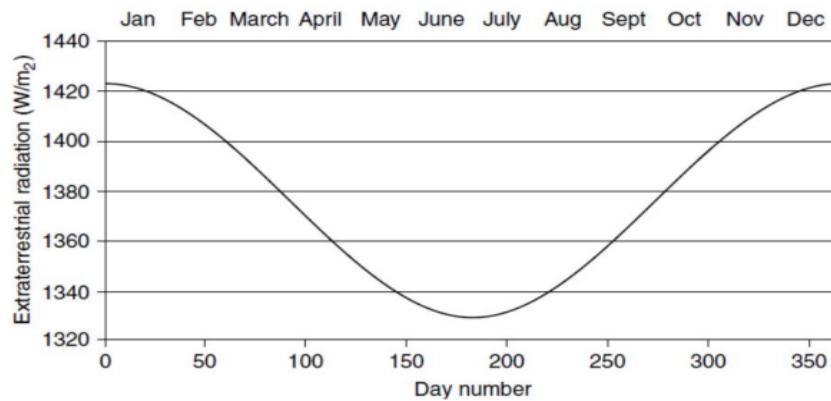


Fig. 6 Fluctuación Anual de Constante Solar

Fuente: (Pérez, 2020)

Además de la órbita de nuestro planeta las impurezas del aire y demás elementos que contiene la atmosfera modifican la radiación solar que recibe la superficie terrestre, esta radiación tiene variaciones climáticas predecibles como las estaciones del año, el día, la noche y aleatorias como la nubosidad, todas estas debido a la rotación de la Tierra (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019).

El espectro solar varía según las diferentes latitudes y horas del día, la luz blanca del sol está constituida por colores iguales a los del arco iris, cada una con su propia longitud de onda, estos colores van desde una longitud de 400 nm hasta 780 nm (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019).

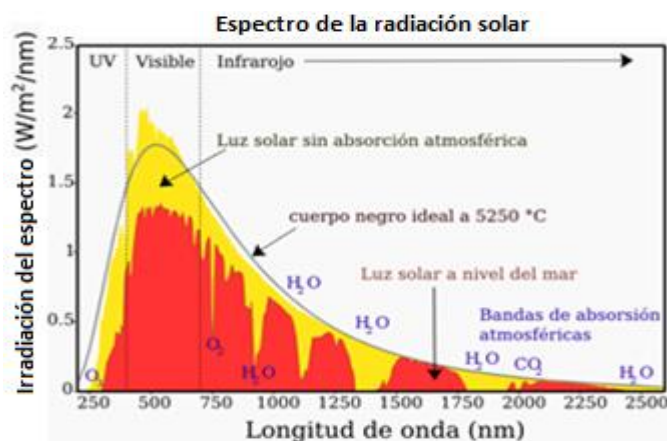


Fig. 7 Irradiación Espectral

Fuente: (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019)

Para estudios de generación es considerable saber que los fotones azules son más energéticos que los fotones rojos, el pico de los espectros pertenecen a los colores que se pueden ver, el trabajo de una célula solar no es igual si tiene que convertir fotones procedentes de un espectro rojo que de un azul (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019).

Radiación		Longitud de onda λ
Ultravioleta 100-400 nm	ultravioleta C	100 nm – 280 nm
	ultravioleta B	280 nm – 315 nm
	ultravioleta A	315 nm – 400 nm
Visible 400-780 nm	violeta	400 nm – 455 nm
	azul	455 nm – 490 nm
	verde	490 nm – 570 nm
	amarillo	570 nm – 590 nm
	anaranjado	590 nm – 620 nm
	rojo	620 nm – 780 nm
Infrarroja 780nm-1mm	infrarroja A	780 nm – 1400 nm
	infrarroja B	1400 nm – 3000 nm
	infrarroja C	3000 nm – 1 mm

Fig. 8 Distribución Espectral de Longitudes de Onda

Fuente: (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019)

La radiación solar se debilita al atravesar la atmósfera por distintos tipos de efecto llamados reflexión, difusión y absorción de la materia atmosférica, así pues, en un día perfectamente claro y con rayos solares incidiendo de forma perpendicular, las tres cuartas partes de la energía que llega del exterior del planeta alcanzan la superficie, la partes restante se refleja en la capa atmosférica (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019).

Según la incidencia de los rayos en la superficie terrestre se tiene las diferentes radiaciones:

Radiación Directa: Esta conformada por los rayos que llegan al receptor directamente desde el sol sin modificar su dirección.

Radiación Difusa: La radiación solar al encontrarse con partículas en la atmosfera se difunde en todas las direcciones para luego llegan al receptor, en un día nublado la radiación solar que percibe el receptor es la radiación difusa.

Radiación de Albedo o Reflejada: Es la radiación procedente de la reflexión de la radiación que incide en nevados, montañas, edificios, etc. Esta radiación depende directamente de la naturaleza del elemento (Pareja, 2016).

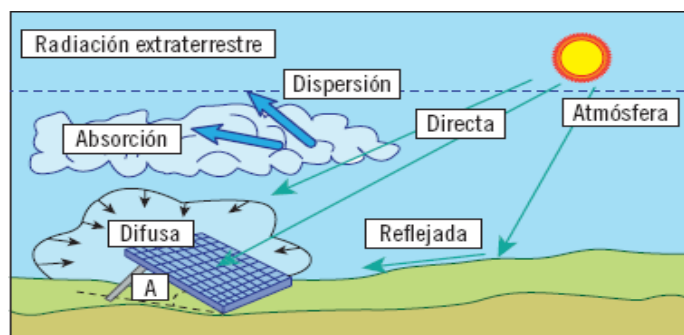


Fig. 9 Radiación Directa, Difusa y Reflejada

Fuente: (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019)

La sumatoria de las radiaciones antes mencionadas se le denomina radiación global, para la medición de la radiación solar se emplean los piranómetros los cuales son un instrumento de elevada precisión que permiten conocer la radiación directa y global de un sitio, de esta forma se puede contar con registros de radiación confiables para el dimensionamiento de sistemas solares térmicos o fotovoltaicos (Pareja, 2016).

Una vez determinados los niveles de radiación se obtiene el promedio anual, este criterio se aplica para no sobredimensionar el sistema, o caso contrario exista deficiencia de producción de energía. El factor determinante de radiación es la hora solar pico (HSP) que posee una equivalencia de 1000 W/m^2 , este valor constante es dividido para la irradiación solar medida y de esta forma se obtiene las horas de sol pico, valor fundamental para determinar la producción de energía de un panel fotovoltaico (Pascual, 2019).

$$HSP = \frac{\text{Promedio Irradiación anual}}{1000 \text{ W/m}^2} \quad (1)$$

En el Ecuador en el año 2006 se presentó el Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, en este atlas se presentan los promedios de energía tanto mensual como anual, estos valores son representados mediante datos de radiación global ya que se tiene en consideración la radiación directa y difusa sobre una superficie horizontal.

La información base empelada en la realización del Atlas Solar del Ecuador fue obtenida por el Nacional Renewable Energy Laboratory - NREL, que tienen por objetivo la investigación y desarrollo de energías renovables y eficiencia energética en el mundo (CONELEC, 2008).

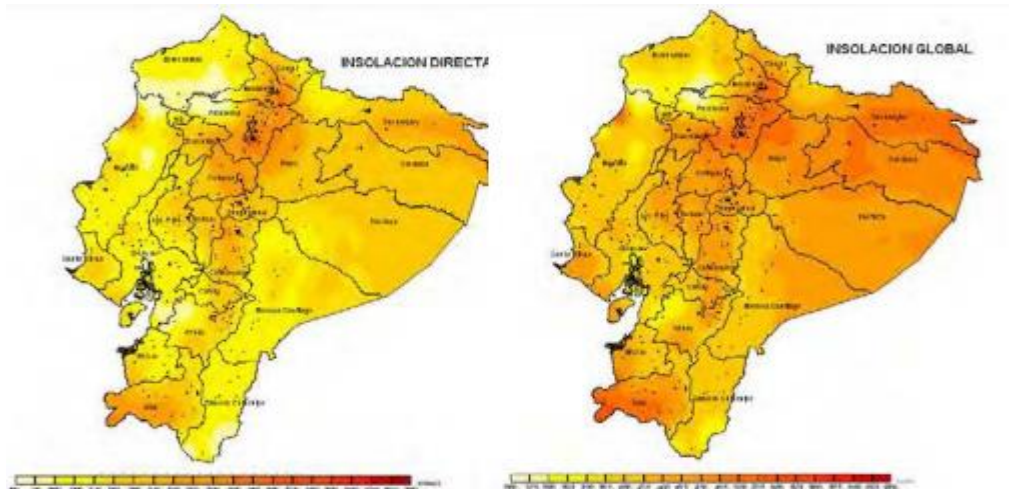


Fig. 10 Radiación Directa y Global en el Ecuador

Fuente: (CONELEC, 2008)

2.2 Sistema de generación

La energía solar fotovoltaica con fines de generación eléctrica tiene amplias aplicaciones siendo desde las más simples como la alimentación de una calculadora solar hasta los más sofisticados sistemas de generación para satélites (Pascual, 2019).

Según la topología se pueden tener sistemas fotovoltaicos conectados a la red o sistemas aislados.

2.2.1 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red son instalaciones en donde la totalidad de energía producida es suministrada a la red de distribución convencional, estos sistemas carecen de reguladores de carga y baterías, pero sí contienen sistemas de conversión de CA-CC o inversores, los cuales deben disponer de un sistema de medida de inyección de energía a la red y poder adaptarse en CA a la fase de la red (Pascual, 2019).

2.2.2 Sistemas fotovoltaicos aislados.

Los sistemas fotovoltaicos aislados son los que se encuentran conectados a sistemas de acumulación que permiten el suministro eléctrico en los periodos de bajo aprovechamiento de la radiación solar. Los sistemas aislados además cuentan con un sistema de regulación, dependiendo el consumo al cual administre energía el sistema pueden clasificarse como se especifican en las siguientes gráficas (Pareja, 2016).

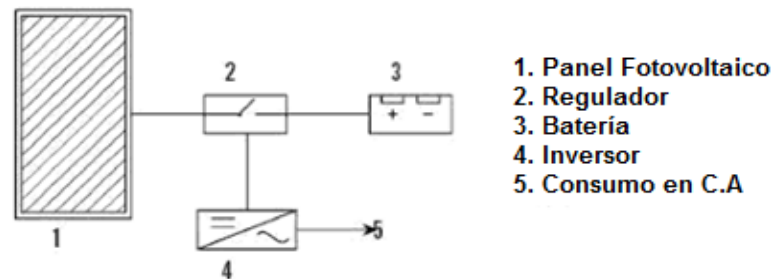


Fig. 11 Sistema Aislado con consumo en CA

Fuente: Propia

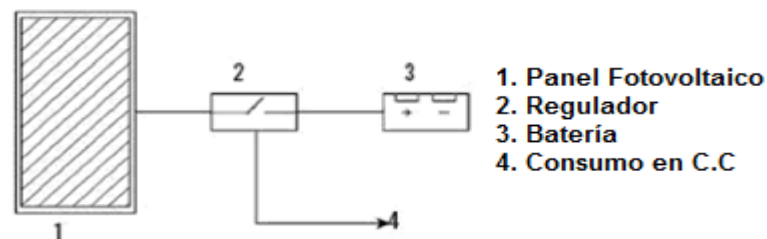


Fig. 12 Sistema Aislado con consumo en CC

Fuente: Propia

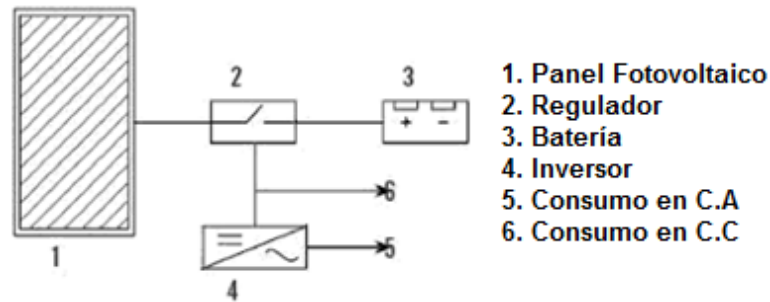


Fig. 13 Sistema Aislado con consumo en CA/CC

Fuente: El Autor

2.3 Modulo solar fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es el fenómeno físico cuyo principio se basa en la conversión energía luminosa en energía eléctrica. Este fenómeno se produce en los elementos cuyas propiedades permiten la absorción de fotones para luego emitir electrones, de esta forma se genera una corriente eléctrica para ser utilizada en diversos propósitos como electricidad (Pareja, 2016).

En 1839 en Francia, el físico Edmond Becquerel presento la descripción del efecto fotovoltaico, por primera vez se conoció la transformación de la energía lumínica en energía eléctrica (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019).

En 1873 Willoughby Smith descubrió la fotoconductividad de los materiales empleando barras de selenio mientras detectaba fallas en conductores Smith presencio que en la noche, la conductividad de las barras de selenio era óptima, pero no al exponerse a la luz del día luz diurna (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019).

En 1884, Charles Fritts creó el primer panel solar de la historia en la ciudad de Nueva York, su panel consistía en una capa de selenio extendida sobre una plancha de metal recubierta con una fina capa de pan de oro. Este primer panel solar de la historia tenía una eficiencia no mayor al 2% (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019).

En 1905 Albert Einstein explicó el efecto fotoeléctrico mediante su teoría cuántica de la luz, interpretando los fenómenos de interacción entre radiación y materia electrodinámica, Einstein propuso la composición de la luz mediante partículas de diferentes energías según su frecuencia de radiación, Einstein manifestó que al disparar un electrón desaparece un fotón, el electrón posee una energía de impulso igual a la energía del fotón desaparecido (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019).

Existe una variedad de tecnologías fotovoltaicas, debido a la composición de su célula el panel fotovoltaico diversifica su eficiencia, costo y disponibilidad en el mercado.

2.3.1 Funcionamiento del panel fotovoltaico.

Un panel fotovoltaico está constituido por células de silicio de características similares conectadas entre sí ya sean en serie o paralelo dando como resultado un nivel de tensión e intensidad deseado [9].

Su estructura consiste en una cubierta frontal que comúnmente es de vidrio templado cuyas características le permite transmitir de forma óptima la radiación solar, el encapsulante usado en la mayoría de paneles solares es de silicona o una combinación de etileno, vinil y acetato [6].



Fig. 14 Componentes de un Panel Solar

Fuente: (Pérez, 2020)

El panel solar en su parte posterior contiene una placa de protección que sella a los demás componentes para no sufrir daños a causa de las condiciones climáticas, a su vez permite la salida de los bornes de conexión diferenciando plenamente el borne positivo del negativo, todos estos componentes se encuentran dentro de un marco metálico permitiendo una correcta fijación entre cada elemento y su posterior fijación en estructura para su uso [6].

La conversión de la energía que producen los paneles consta de dos etapas, la primera es la captación de la luz generando huecos de electrones, este electrón y los huecos se dividen, de tal forma que los electrones van a la terminal negativa y los huecos a la positiva, dando paso a la generación eléctrica (Pérez, 2020).

Para llevar a cabo este proceso se emplean materiales especiales en el proceso de construcción de las células fotovoltaicas, estos materiales semiconductores son los más comunes ya que la energía de los electrones de su última capa brinda valencia es similar a la energía de partícula que ocasionan la radiación solar (Pérez, 2020).

La célula solar se conforma de dos zonas de tal forma que se produce un campo eléctrico en su interior, este campo eléctrico excita químicamente las dos regiones, en la primera zona

sustituye átomos de silicio por átomos de fósforo, al poseer cinco electrones respecto al silicio resulta en un electrón libre (Pérez, 2020).

En la segunda zona se da la sustitución de átomos de boro, con valencia de electrones igual a 3, menor en una unidad al silicio, al tener un hueco disponible se da como resultado el flujo de electrones de la zona de fósforo a la de boro generando el campo eléctrico en la unión P-N (Pérez, 2020).

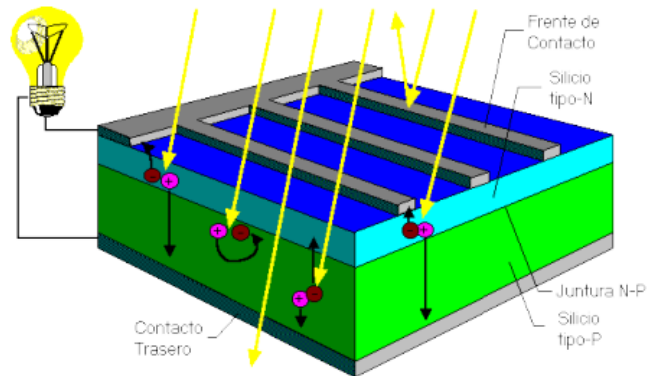


Fig. 15 Funcionamiento de una Célula Fotovoltaica

Fuente: (Pérez, 2020)

2.3.2 Parámetros de funcionamiento de una célula solar.

La curva de un panel fotovoltaico define las zonas de operación del mismo, partiendo de su circuito equivalente se tiene la siguiente gráfica.

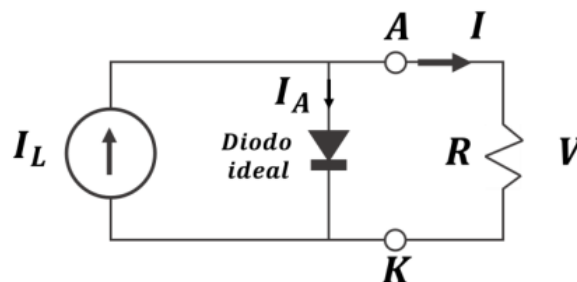


Fig. 16 Circuito Equivalente de una Célula Fotovoltaica

Fuente: (Pérez, 2020)

Del circuito equivalente de la célula fotovoltaica se presenta la siguiente ecuación para la tensión.

$$I = I_L - I_A = I_L - I_0(T) \left[e^{\frac{V \cdot q}{n \cdot k \cdot T}} - 1 \right] \tag{2}$$

$I_L = I_{SC}$ corriente proporcional a la irradiancia

$I_A =$ corriente del ánodo del diodo ideal, depende de tensión y temperatura

$K =$ constante Boltzman $= 1,38E23$ J/K

$n =$ factor de indentidad del diodo (Pérez, 2020).

De esta forma se representa gráficamente la curva I-V clásica de un panel (Pérez, 2020).

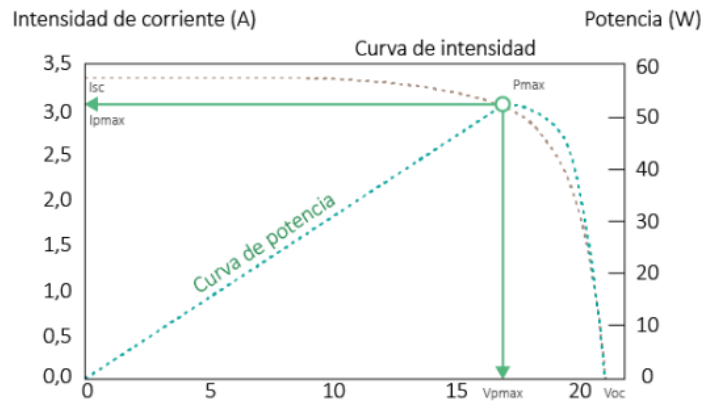


Fig. 17 Características I-V de una célula Fotovoltaica

Fuente: (Pérez, 2020)

Intensidad de cortocircuito (I_{cc}). Esta intensidad se produce en un corto intervalo de tiempo cuando la resistencia del módulo es igual a cero, esta intensidad de cortocircuito es igual a la intensidad máxima que posee, este valor de intensidad permite calcular el número de arreglos (strings) en los sistemas fotovoltaicos, también permite determinar el inversor a emplear y la intensidad admisible por parte del regulador (Pérez, 2020).

Tensión de circuito abierto (V_{oc}). Se da cuando no existe una corriente a través del circuito eléctrico, en ese instante la diferencia de tensión entre los polos del módulo fotovoltaico es máxima, este valor se le conoce como tensión de circuito abierto.

La tensión de circuito abierto se presenta cuando el panel recibe radiación, sin tener una carga conectada, al agregarle una carga, la tensión del panel disminuirá, mientras incrementa el nivel de intensidad de salida, según la curva de funcionamiento I-V (Pérez, 2020).

Intensidad en el punto de máxima potencia (I_{mpp}). La potencia es el producto de la tensión y la intensidad, una curva P-V SE puede definir de forma similar a una curva I-V (Pérez, 2020).

El punto de máxima potencia en la curva del panel fotovoltaico se le define como MPP (maxim power point), y sus componentes de intensidad y tensión se le conoce como I_{mpp} y V_{mpp} (Pérez, 2020).

Potencia máxima del módulo (P_{mpp}). Se define como el máximo output de energía por unidad de tiempo que el panel FV puede generar.

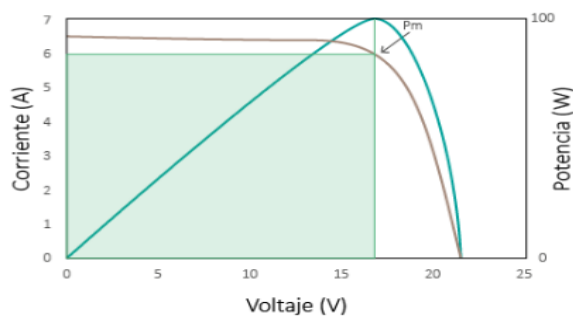


Fig. 18 Características P-V de una célula Fotovoltaica

Fuente: (Pérez, 2020)

La curva color turquesa representa la potencia en todos los puntos de operación del panel, de los datos de circuito abierto, tensión e intensidad en el punto de máxima potencia y corriente de cortocircuito se determina el factor de forma, el cual mide la calidad de unión en una célula. (Pérez, 2020).

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{OC} \times I_{SC}} \quad (3)$$

Existe una variedad de tecnologías fotovoltaicas, debido a la composición de su célula el panel fotovoltaico diversifica su eficiencia, costo y disponibilidad en el mercado.

2.3.3 Silicio cristalizado.

Son las de mayor comercialización, su mediano costo se complementa con su mediana eficiencia clasificándose en paneles de silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo.

2.3.4 Panel de silicio monocristalino.

Obtenida de una aleación de boro y silicio puro es la más eficiente en cuanto a rendimiento, no obstante, su costo es elevado lo que emplearlos en proyectos de gran capacidad de energía requiere de una inversión alta, se caracteriza por su monocromía oscura (Pareja, 2016).



Fig. 19 Panel Solar de Silicio Monocristalino

Fuente: Propia

2.3.5 Panel de silicio policristalino.

Su fabricación es similar al monocristalino pero con el uso de un silicio de menor costo, el cual afecta la eficiencia pero su valor muy por debajo del monocristalino lo hace factible en las aplicaciones fotovoltaicas (Pareja, 2016).



Fig. 20 Panel Solar de Silicio Policristalino

Fuente: Propia

2.3.6 Thin film.

La tecnología fotovoltaica que emplea Thin Film posee una mayor sensibilidad a las variaciones de temperatura y a la radiación difusa, pues se beneficia de está transformando la radiación en corriente eléctrica, si bien estos niveles de intensidad son bajos superan a los que pueden suministrar las tecnologías de silicio monocristalino y silicio policristalino (Pareja, 2016).

2.3.7 Panel del silicio amorfo.

Con un rendimiento menor respecto a los paneles de silicio monocristalino y policristalino ya que su célula se deteriora con mayor rapidez por la radiación, son de bajo costo y sus dimensiones son mayores respecto a las dos tecnologías antes mencionadas dando como resultado un panel fotovoltaico robusto poco empleado en sistemas fotovoltaicos (Pareja, 2016).



Fig. 21 Panel Solar de Silicio Amorfo

Fuente: Propia

La eficiencia de cada una de las células se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1 Eficiencia de Paneles Fotovoltaicos

Materiales	Eficiencia de la célula (%)	Eficiencia del Sistema (%)
Monocristalino	17	13.5%
Policristalino	15	12%
Amorfo	8	6.5%

Fuente: (Pareja, 2016)

Las células que se encuentran en fase de investigación prometen ser de mayor eficiencia, lo que llevaría a un costo más elevado de la tecnología fotovoltaica.

2.4 Conexión de panel fotovoltaico en serie – paralelo

El nivel de tensión e intensidad de un panel fotovoltaico no siempre puede satisfacer las necesidades de un sistema, para lograr estos niveles requeridos se agrupan diversos paneles, teniendo en cuenta que sean de las mismas características y fabricante (Martin, 2021).

2.4.1 Conexión en serie.

Al asociar varios paneles en serie se incrementa la tensión del sistema. En un sistema solar fotovoltaico mayor es la tensión del arreglo y disminuyen las pérdidas de energía en los conductores. Se debe tener en consideración la tensión máxima que se puede obtener del arreglo mediante el “Maximum System Voltage” que detalla el fabricante en el dato de placa, pues superar este nivel de tensión deteriora al panel (O'Connor, 2020).

La conexión se realiza de un polo positivo de un módulo con el polo negativo del siguiente, con ello se consigue en la agrupación un nivel de intensidad de generación que es igual a la de un solo panel, mientras que la tensión del generador es el producto entre el valor de tensión de un panel y el número total de paneles conectados en serie (Vicente, 2019).

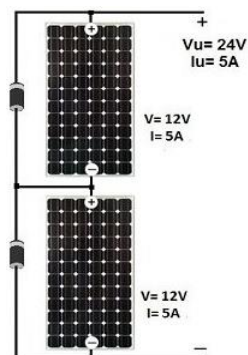


Fig. 22 Módulo Conexión en Serie

Fuente: Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar la conexión en serie de dos paneles fotovoltaicos de 12 V y 5 A respectivamente, obteniéndose en los bornes de conexión 24 V y 5 A siendo estos los niveles de tensión e intensidad que suministra este arreglo (Javier, Rafael, & Bureau, 2019).

2.4.2 Conexión en paralelo.

Se conectan entre si todos los polos positivos y, por separado, todos los polos negativos, con ello se consigue en la agrupación un nivel de tensión de generación que es igual a la de un solo panel, mientras que la intensidad del generador es el producto entre el valor de intensidad de un panel y el número total de paneles conectados en paralelo (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019).

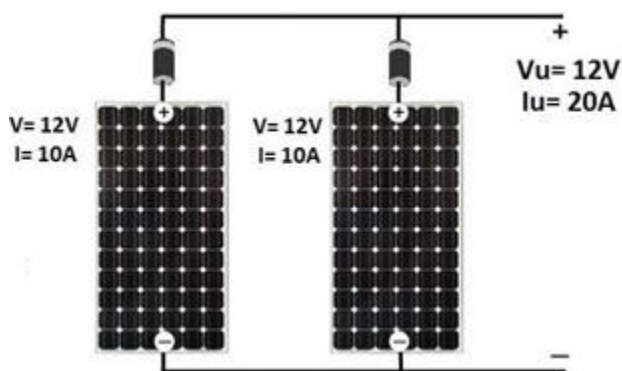


Fig. 23 Módulo Conexión en Paralelo

Fuente: Propia

En la gráfica tenemos una conexión de cuatro módulos en paralelo cada uno de 12 V y 10 A, gracias a la conexión en paralelo se obtiene como resultado 12 V y 20 A siendo estos los valores de tensión e intensidad respectiva del arreglo.

Se puede realizar la conexión de paneles fotovoltaicos de igual nivel de tensión, pero de diferente intensidad, sin embargo, si su tensión es diferente y se asocian en serie para luego colocarlos en paralelo con el mismo nivel de tensión este proceso va en detrimento de la eficiencia de los paneles fotovoltaicos. Por ejemplo, tenemos un panel de 24 V y dos de 12 V, es posible conectar los dos paneles de 12 V en serie y esta rama obtenida conectarla en paralelo con el panel de 24 V, esta conexión afecta el rendimiento del sistema por lo que para asociar paneles fotovoltaicos se debe tener en cuenta la tensión ya que esta rige a los demás elementos del sistema (O'Connor, 2020).

2.4.3 Conexión mixta.

Este arreglo es la combinación serie/paralelo que se puede dar dentro de una misma agrupación de generadores fotovoltaicos, se conectan en serie los dispositivos para luego

cada rama ser asociada en paralelo, en este arreglo se pueden obtener varios niveles de tensión e intensidad según las necesidades del sistema.

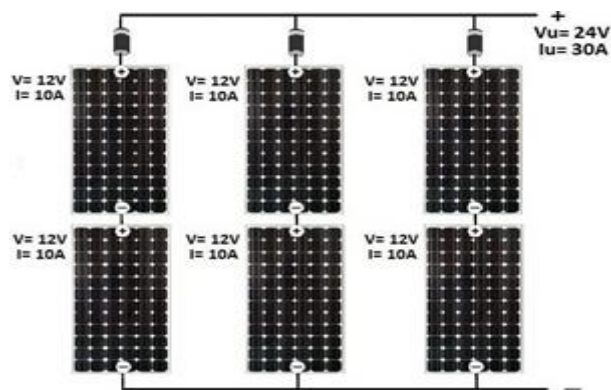


Fig. 24 Módulo Conexión Mixta

Fuente: Propia

En la gráfica tenemos una conexión de cuatro módulos en paralelo cada uno de 12 V y 10 A, gracias a la conexión en paralelo se obtiene como resultado 12 V y 20 A siendo estos los valores de tensión e intensidad respectiva del arreglo.

2.5 Dispositivo de regulación

En los sistemas fotovoltaicos aislados es necesario un sistema de control que evite la sobrecarga o descargue total de la batería ya que podría deteriorarse. El elemento que hace estas dos funciones es el regulador de carga o controlador, siendo el puente de conexión entre las baterías y el panel fotovoltaico alargando la vida útil del acumulador y mejorando el funcionamiento del sistema (O'Connor, Energía solar autónoma, 2020).

El regulador monitorea de forma continua el nivel de tensión del acumulador, al alcanzar el nivel de cargada máxima el regulador interrumpe el suministro de energía entre el panel y el acumulador cortando el proceso de carga; de igual forma al alcanzar el acumulador niveles muy bajos de tensión debido al consumo de la carga, el regulador reconecta el suministro panel - acumulador iniciando un nuevo ciclo de carga (O'Connor, Energía solar autónoma, 2020).

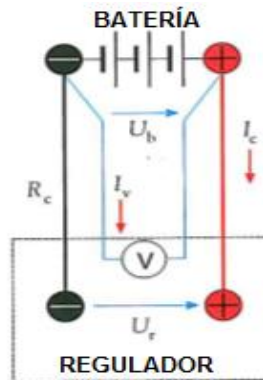


Fig. 25 Conexión Batería - Regulador

Fuente: Propia

En la figura se representa la conexión entre el regulador y el acumulador en donde la tensión U_r (tensión del regulador) es menor a U_b (tensión de batería) ya que en la resistencia de conductores R_c se da una caída de tensión al circular la corriente I_c . La mayoría de reguladores disponen de un sistema de medida independiente, en la figura se representa como el voltímetro que mide la tensión en los bornes del acumulador, al ser la corriente I_v prácticamente cero, se obtiene una tensión que corresponde a la real en el acumulador (O'Connor, 2020).

Los valores de tensión en los que trabaja la batería son afectados por la temperatura, el regulador de carga mediante microprocesadores permite medir estas variaciones y la temperatura interna de la batería, dependiendo del fabricante los reguladores más sofisticados incluyen pantallas LCD que permiten la visualización de los niveles de tensión e intensidad que proporciona el generador fotovoltaico, como estas afectan a la batería y los niveles de consumo de la carga (O'Connor, 2020).

En base de cómo el regulador realiza el proceso de conexión y desconexión estos se clasifican en regulador serie, regulador paralelo, regulador todo o nada y regulador PWM.

2.5.1 Regulador en serie.

Controla la carga del acumulador interrumpiendo la conexión entre el panel fotovoltaico y la batería por medio de un relé de estado sólido, en la gráfica se representa como interruptores. Su funcionamiento se basa en el corte de suministro de energía antes que el acumulador alcance su valor de tensión máxima, además, controla su descarga evitando la sobre descarga que reduce de su vida útil (Javier, Rafael, & Bureau, 2019).

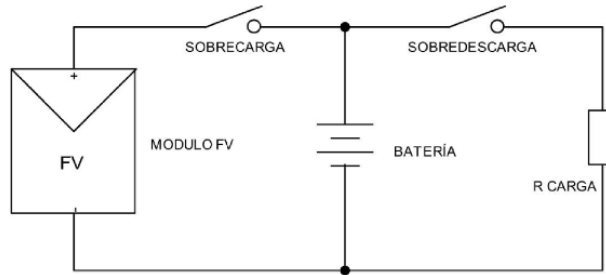


Fig. 26 Regulador en Serie

Fuente: Propia

El bucle de trabajo del controlador serie se limita cuando se alcanza la tensión V_{SC} , esta tensión es la máxima que puede alcanzar el acumulador, mientras que la tensión de histéresis o V_{rc} es la que reinicia el proceso de carga del acumulador, mientras que el consumo de la carga a la cual está conectada la batería se corta al alcanzar el valor de tensión V_{sd} que es el valor mínimo para evitar sobre descarga, esta se reconecta al nivel de tensión V_{rd} (Pareja, 2016).

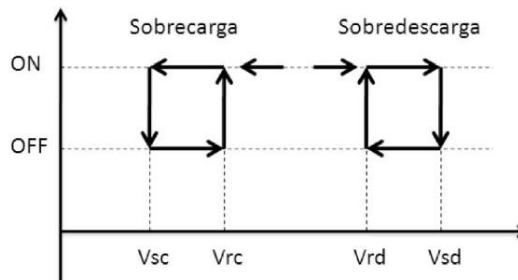


Fig. 27 Bucle de trabajo en Regulador Serie

Fuente: (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2019)

El regulador serie tiene una pequeña disipación de energía permitiendo ser empleado en sistemas fotovoltaicos de gran potencia, su desventaja radica en el autoconsumo ya que es elevado en comparación a los reguladores paralelos, además, la caída de tensión entre el panel fotovoltaico y el acumulador es mayor debido al circuito de conmutación (Pareja, 2016).

2.5.2 Regulador en paralelo.

Su funcionamiento se basa en la disipación de potencia, eliminado el exceso de energía mediante un transistor conectado en paralelo con el panel fotovoltaico, con un circuito de control se mide la tensión del acumulador de esta forma cuando la tensión supere el nivel máximo V_{SC} se impide la circulación de intensidad desde el acumulador al panel fotovoltaico I_B (Javier, Rafael, & Bureau, 2019).

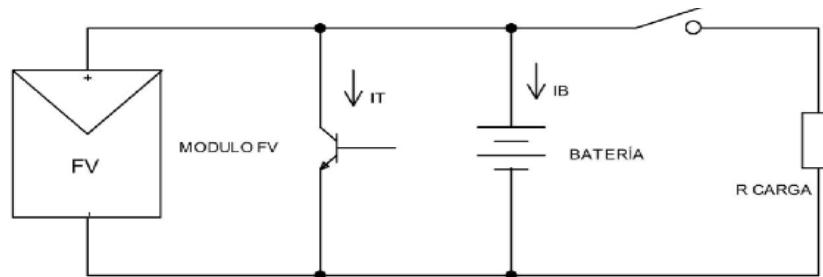


Fig. 28 Regulador en Paralelo

Fuente: Propia

2.5.3 Regulador todo - nada

Su funcionamiento se da como el de un interruptor que permite y corta la intensidad que se administra al acumulador, en la etapa de carga este permite la circulación de corriente hasta que el nivel de tensión del acumulador alcance un valor determinado. En la etapa de flotación el regulador mantiene una tensión constante del acumulador en un rango de ± 1 V del valor constante, con esto se obtiene rango de carga de la batería entre el 75% y el 90%, si el valor de tensión de flotación disminuye se reinicia la etapa de carga del acumulador (O'Connor, 2020).

2.5.4 Regulador PWM (Pulse Width Modulation)

Como su nombre lo indica se basa en la modulación por ancho de pulso, en el periodo de trabajo t_{on} se permite el paso de corriente controlándola mediante la variación de la anchura de pulsos. La tensión del panel fotovoltaico V_{fv} y la tensión aplicada a la batería V_m se obtienen mediante la apertura del interruptor en el tiempo t_{off} y cerrándola en t_{on} , la relación entre los tiempos de apertura y cierre se definen como ciclo de trabajo del regulador, variando este periodo se varía la tensión V_m que se aplica al acumulador (Pareja, 2016).

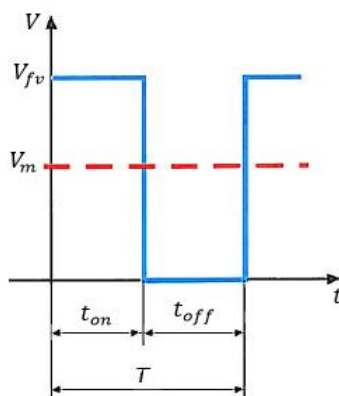


Fig. 29 Ciclo de trabajo de Regulador en Paralelo

Fuente: (O'Connor, 2020)

Los parámetros que son fundamentales al momento de seleccionar el regulador son la tensión nominal del sistema y la intensidad nominal, este valor de intensidad se selecciona en función de la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico (Martin, 2021).

2.6 Batería

Las necesidades de suministro eléctrico no siempre concuerdan con el tiempo de captación de la radiación en el panel fotovoltaico, razón por la cual es necesario un sistema de acumulación. Los acumuladores o baterías son elementos que transforman la energía recibida en una reacción química para suministrar una corriente eléctrica (Espinoza, 2015).

Las baterías más empleadas en sistemas fotovoltaicos son del tipo monobloque las cuales disponen de diferentes tecnologías según como presenten su electrólito (conductor de iones, puede ser pasta, sólido o líquido y la forma hermética de cerrarse se tienen baterías abiertas y baterías selladas (Javier, Rafael, & Bureau, 2019).

2.6.1 Baterías abiertas.

Las más comunes en el mercado ya que su uso en el sector automotriz facilita su comercialización, necesitan de mantenimiento pues el electrólito tiende a sulfatarse, su diseño le permite tener descargas entre el 15 % y 20% de su capacidad suministrando niveles de intensidad altos en pocos segundos, son conocidas como baterías de arranque (Pareja, 2016).

2.6.2 Baterías selladas.

Conocidas como baterías de ciclo profundo son libres de mantenimiento, su diseño les permite tener un nivel de descarga de 75% de su capacidad, proporciona bajos niveles de intensidad en un tiempo prologando (Martin, 2021).

Dentro de este tipo de acumuladores se distinguen dos tecnologías baterías con tecnología GEL y baterías AGM.

2.6.3 Baterías de gel.

En este acumulador el electrólito se presenta en forma gelatinosa (gell cell batteries), contiene válvulas de seguridad (Valve Regulated Lead Acid) VRLA para situaciones emergentes.

En temperaturas elevadas el volumen del electrólito (gel) incrementa de forma considerable como consecuencia el acumulador disminuye sus propiedades eléctricas reduciendo su vida útil. Las bajas temperaturas generan una concentración del electrólito (gel) en la celda provocando un incremento en la resistencia interna del acumulador la cual afecta la intensidad de arranque en frío (Javier, Rafael, & Bureau, 2019).

2.6.4 Baterías de AGM.

Los acumuladores (Aggregated Glas Mat) AGM retienen ácido en un separador de microfibras de vidrio, soportan extremas temperaturas y ciclos de descarga continuos, tienen una mayor resistencia mecánica por lo cual se puede colocar en cualquier posición para su uso, poseen mayor reacción recombinada lo que evita fugas de hidrógeno y el ingreso de oxígeno (Pascual, 2019).

2.6.5 Parámetros de una batería.

En los sistemas fotovoltaicos aislados la fiabilidad del circuito depende del sistema de acumulación, este elemento tiene parámetros que determinan su eficiencia para empleado en sistemas de energía renovable.

Tensión de flotación.

Mediante este nivel de tensión que es superior a la de circuito abierto se mantiene cargada la batería cuando no está en operación. Debido a que todas las baterías sufren una auto descarga esta se compensa mediante una intensidad al sobrepasar el nivel de tensión de alimentación en 0.5 V, superior al nivel de tensión en vacío (Pareja, 2016).

Los rangos de tensión de flotación (2.23 V a 2.25 V) se especifican en los reguladores los cuales actúan dentro de este intervalo para el proceso de carga de la batería (Javier, Rafael, & Bureau, 2019).

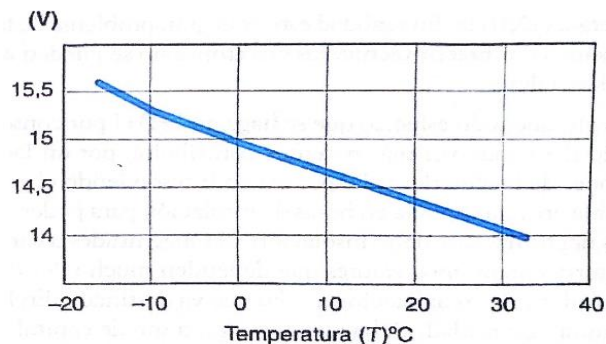


Fig. 30 Tensión flotante para batería de tensión nominal de 12V

Fuente: (Martin, 2021)

Tensión de carga.

A una batería descargada al aplicar el nivel de tensión de flotación esta llegará a su nivel máximo de carga en un tiempo muy prolongado, para lograr que esta se cargue en un menor tiempo es necesario aplicar una tensión mayor, esta tensión se le conoce como tensión de carga de la batería o tensión de igualación, la cual está comprendida en valores entre 2.50 V y 2.55 V (Pareja, 2016).

Tensión nominal.

Es el valor de funcionamiento del acumulador, este parámetro influye de forma directa en el sistema fotovoltaico aislado pues su nivel es igual a la tensión nominal del panel fotovoltaico, regulador e inversor (Pareja, 2016).

Tensión de Corte.

Es el valor de tensión que indica cuando la descarga ha finalizado permitiendo que la capacidad del acumulador en ese punto sea útil según la aplicación a la que está instalada.

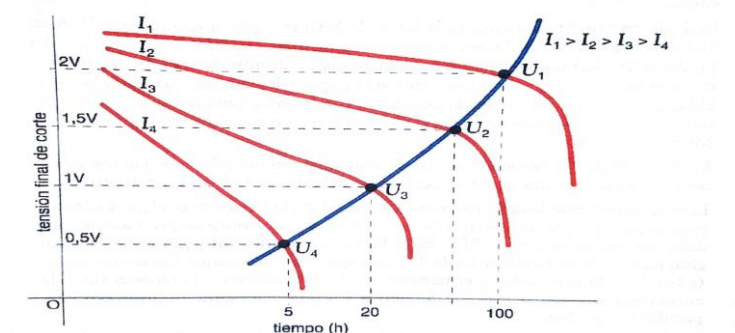


Fig. 31 Tensión de Corte

Fuente: (Cuauhtli & Sánchez, 2009)

2.6.6 Conexión de baterías.

Las baterías se pueden conectar entre sí para obtener niveles de corriente y niveles de tensión adecuadas, para realizar estas conexiones se recomienda que los acumuladores posean idénticas características y de ser posible del mismo fabricante, ya que al emplear baterías de diferentes características su rendimiento y vida útil disminuyen.

Conexión serie.

En un banco de baterías con la conexión del polo positivo al polo negativo contiguo se puede incrementar la tensión del sistema manteniendo el valor de la corriente, el resultado de esta conexión es el producto de la tensión de cada acumulador por el número de baterías conectadas.

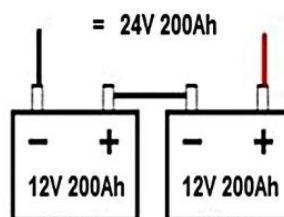


Fig. 32 Conexión de Baterías en Serie

Fuente: (Pareja, 2016)

Conexión en paralelo.

Por medio de la conexión de los polos positivos entre sí y de similar forma los polos negativos, se puede incrementar la corriente del banco de acumuladores manteniendo el valor de tensión, la capacidad resultante de esta conexión equivale a la sumatoria de la capacidad multiplicado por el número total de baterías conectadas.

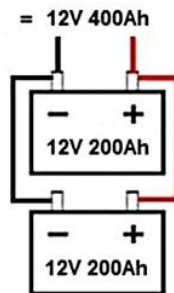


Fig. 33 Conexión de Baterías en Paralelo

Fuente: (Pascual, 2019)

Conexión mixta.

El sistema de acumulación puede tener una conexión combinada en serie y paralelo, esta asociación de las baterías permite ajustar los niveles de intensidad y tensión según lo requiera.

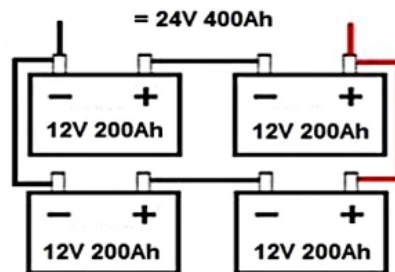


Fig. 34 Conexión de Baterías Mixta

Fuente: (Martin, 2021)

2.7 Vehículo Eléctrico

El vehículo eléctrico es impulsado por un motor a base de energía eléctrica gracias a las baterías recargables que tiene el sistema, estas baterías de ciclo profundo brindan energía eléctrica que es transformada en energía mecánica produciendo el movimiento del vehículo.

Teniendo en cuenta que los vehículos eléctricos poseen un sistema de acumuladores recargables es necesario determinar el tiempo de recarga de las mismas, la cual, dependerá de la potencia empleada para este proceso.

Los vehículos eléctricos definen su autonomía en base a los kilómetros recorridos, esta autonomía limita la aplicación de este medio de transporte en diversas áreas ya sean estas

del sector público o privado. Debido a la autonomía de estos vehículos se hace necesaria la implementación de electrolineras que abastezcan la demanda de energía requerida por estos automotores, el tipo de recarga de los vehículos eléctricos está ligado al tiempo que toma para efectuar la misma, pueden ser de carga lenta, semi-rápida y rápida.

2.7.1 Carga lenta.

Esta recarga es empleada en el uso doméstico ya que la carga del vehículo puede realizarse mediante la conexión a un tomacorriente, esta carga necesita de un período entre 20 a 22 horas para un adecuado abastecimiento (Lillo Sarret, 2017).

2.7.2 Carga semi-rápida.

Su periodo de carga oscila entre las 2 y 3 horas con una intensidad de 32 amperios, los puntos de carga semi-rápida son más frecuentes en centros comerciales y lugares públicos (Lillo Sarret, 2017).

2.7.3 Carga rápida.

La intensidad de alimentación supera los 40 amperios logrando la carga del vehículo en un 80% en un periodo máximo de 30 minutos, la carga rápida la brindan las electrolineras cuyos componentes son exclusivos para este propósito.

Las estaciones de generación proporcionan electricidad a los acumuladores de los vehículos basándose en diferentes modos de recarga, estos modos de recarga difieren debido a la comunicación que se posee entre el vehículo eléctrico y la electrolinera (Lillo Sarret, 2017).

2.7.4 Modo de recarga 1.

Este tipo de recarga se usa un tomacorriente monofásico de uso no exclusivo para recarga, por medio de un enchufe convencional y el conector en la pared de tipo Schuko se procede con la recarga del vehículo, este tipo de conexión se conecta a la red de distribución (Electromovilidad, 2020).



Fig. 35 Modo 1 de Recarga

Fuente: (Electromovilidad, 2020)

Este modo de recarga posee una intensidad máxima de 16 amperios en instalaciones monofásicas, es utilizada a nivel domiciliario para bicicletas, no se recomienda para vehículos eléctricos ya que su uso continuo produce un sobrecalentamiento de las instalaciones (Electromovilidad, 2020).

2.7.5 Modo de recarga 2.

Similar al modo 1 ya que el tomacorriente es estándar de uso no exclusivo, su diferencia radica en que el conductor tiene incluido el sistema de protección. El conductor especial posee un sistema de protección diferencial, la cual, permite verificar si está conectado correctamente a la red.

La intensidad máxima es de 32 Amperios, el voltaje y potencia son análogos al modo 1, este modo de conexión además cuenta con una conexión trifásica dando una variante de 400 voltios y alrededor de 22kW, el conector en la pared sigue siendo el tipo Schuko, mientras que el del vehículo lo elige el fabricante, entre los más usados están el Mennekes (o Tipo 2) y el SAE J1772, en este modo de carga los conectores deben tener al menos un pin para la transmisión de señal.



Fig. 36 Modo 2 de Recarga

Fuente: (Electromovilidad, 2020)

2.7.6 Modo de recarga 3.

En esta conexión de carga se usa un tomacorriente especial de uso exclusivo o único para la recarga, siendo este un terminal SAVE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico) o "Wall Box", este dispositivo consta de un procedimiento de suministro especial (específico) para vehículos eléctricos, donde el sistema de control y protección están en la instalación fija (Electromovilidad, 2020).



Fig. 37 Modo 3 de Recarga

Fuente: (Electromovilidad, 2020)

Este terminal evalúa si existe carga en el conector, de no ser así, el sistema corta el suministro eléctrico, en los extremos del cable de comunicación se dispone de conectores específicos para realizar este trabajo, este tipo de conexión de carga permite una intensidad de hasta 63 Amperios, aunque de forma convencional es de 32 Amperios (Electromovilidad, 2020).

2.7.7 Modo de Recarga 4.

En esta conexión de carga se usa un tomacorriente especial de uso exclusivo o único para la recarga, siendo este un terminal SAVE (Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico) o "Wall Box", este dispositivo consta de un procedimiento de suministro especial (específico) para vehículos eléctricos (Electromovilidad, 2020).

Debido a la conversión externa al vehículo evita inconvenientes como calentamiento o pérdidas de energía. En la parte de la infraestructura se encuentran las protecciones las funciones de control, como también se encuentran en el cable de recarga, de igual manera que el modo de recarga 3, el cable en sus extremos tiene conectores específicos (Electromovilidad, 2020).



Fig. 38 Modo 4 de Recarga

Fuente: (Electromovilidad, 2020)

Este modo de recarga al utilizar corriente continua los conectores del lado del vehículo se utilizan principalmente CHAdeMO, el CCS Combo o el SAE J1772 con pines extra preparado para corriente continua, este modo es exclusivo para recarga rápida, con intensidad de hasta 400A y potencia de 240kW, una desventaja es su tamaño, es demasiado grande y de costos elevados (Electromovilidad, 2020).

2.8 Electrolinera

La electrolinera es una estación de recarga para vehículos eléctricos, su función es la de proveer de energía eléctrica al sistema de acumuladores de los vehículos con un proceso de recarga rápida (Electromovilidad, 2020).

La ubicación de electrolineras está definida por varios parámetros a tener en consideración tales como: el consumo eléctrico del vehículo, la accesibilidad a la estación y la disponibilidad del recurso eléctrico en cuanto a demanda se refiere (Electromovilidad, 2020). Las estaciones de recarga de vehículos eléctricos poseen cargadores con sus propias mangueras que son capaces de hacer fluir la corriente eléctrica hasta el vehículo. Estas mangueras se conectan manualmente al vehículo (Erazo Almeida, 2017).

Las electrolineras tienen una limitante en cuanto a los conectores a utilizar en el proceso de recarga de los vehículos debido a que estos no cuentan con la homologación adecuada para su uso, sin embargo, la eficiencia que estos poseen permiten catalogarlos según su modo de recarga con los cuales son compatibles (Martin, 2021).

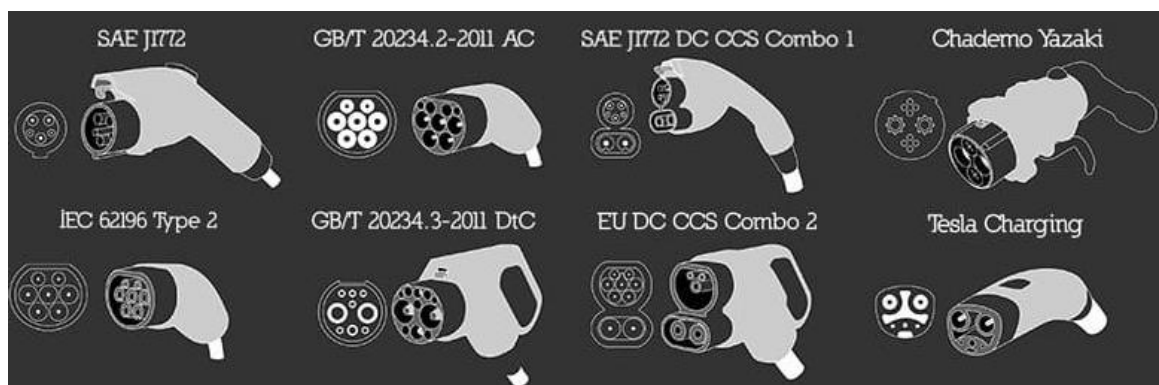


Fig. 39 Conectores Utilizados en Electrolineras

Fuente: (Olvera, 2018)

En la actualidad los conectores con mayor relevancia son el Tipo 1 SAE J1772 (Yazaki) y el Tipo 2 IEC 62196 (Mennekes).

2.8.1 El conector eléctrico Tipo 1.

Es uno de los más utilizados a nivel mundial, los modelos de vehículos eléctricos que utilizan este conector son: Nissan Leaf, Chevrolet Bolt Eléctrico, Chevrolet Volt Híbrido, Fisker

Karma, Coda Automotive Sedan, Toyota Prius Plug-in Hybrid, Mitsubishi i MiEV, Honda Fit EV (concept), Ford Focus Electric (Electromovilidad, 2020).



Fig. 40 Conector Tipo 1 SAE J1772

Fuente: (LUGENERGY, 2021)

2.8.2 El conector Tipo 2.

Es el modelo estándar utilizado en Europa, es también conocido como modelo Mennekes ya que fue propuesto por el fabricante alemán que lleva el mismo nombre, los vehículos que utilizan este modelo son Tesla, Mercedes o el Nissan Leaf, este conector utiliza una potencia de 3.7 kW en sistemas monofásicas hasta 44 kW en trifásica (LUGENERGY, 2021).



Fig. 41 Conector Tipo 2 IEC 62196

Fuente: (LUGENERGY, 2021)

La energía que abastece a las electrolinerías tiene diferentes orígenes de generación desestimando la producida por los combustibles fósiles, las estaciones para vehículos eléctricos pueden ser abastecidas de sistemas fotovoltaicos, eólicos o centrales hidroeléctricas de tal forma que se aprovecharían los recursos renovables en un medio de transporte no contaminante.

2.9 Sistemas fotovoltaicos en el Ecuador

Según el Balance Nacional de Energía Eléctrica hasta el mes de octubre de 2021 la producción de energía solar representa el 0,11% del total nacional, mientras que las centrales hidráulicas representan el 75,77% siendo la base de producción nacional de energía (ARCONEL, 2020).

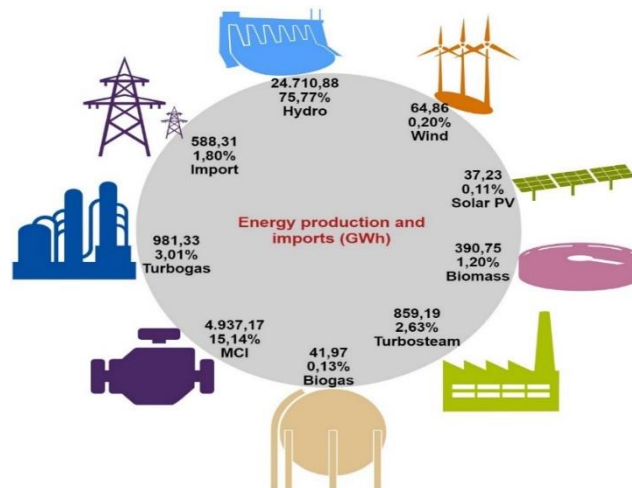


Fig. 42 Producción de Energía hasta Octubre de 2021

Fuente: Propia

Debido a su ubicación geográfica el Ecuador es un país con niveles de radiación solar y clima favorable para la producción de energía eléctrica mediante energía solar, es por esto que se han implementado plantas fotovoltaicas, ubicadas en las provincias de El Oro y Loja, las centrales solares de 1 MW producen energía para los sectores de estas provincias ya que se encuentran distantes de las centrales hidroeléctricas.

El parque Solar San Antonio de 3 MW, beneficia a las comunidades de Arenillas, Santa y San Antonio en la provincia de El Oro. El Parque Solar Fotovoltaico La Era de 2 MW, el Parque Gonzanamá de similar potencia y Parque San Pedro de la Bendita de 1 MW se encuentran en la provincia de Loja, benefician a los poblados de Lanzacam, Cariamanga, Gonzanamá, Macará y zonas rurales fronterizas con el Perú.



Fig. 43 Planta Fotovoltaica San Pedro - Loja

Fuente: (Manuel, 2020)

Según la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés) la potencia instalada de energía fotovoltaica en el Ecuador es de 26 MW hasta finales de 2018. La mayor parte de esta capacidad proviene de del proyecto Rancho Solar Villa Cayambe de

20 MW la cual está en marcha desde 2014 siendo hasta la fecha la única planta solar fotovoltaica superior a los 5 MW instalada en el país (Manuel, 2020).

Además de estos proyectos la regulación emitida por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad ARCONEL, 03/18 denominada “Microgeneración fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica”, establece las condiciones para la implementación y participación de consumidores que cuenten con sistemas de microgeneración fotovoltaica, que bajo el cumplimiento previo de requisitos operen en sincronismo con la red y su generación sea auto consumida en sus propias instalaciones, aportando eventuales excedentes a la red de distribución, siendo esta regulación aplicable a las empresas distribuidoras y a los usuarios regulados para la categoría residencial y general determinadas en el pliego tarifario en bajo o medio voltaje (ARCONEL, 2020).

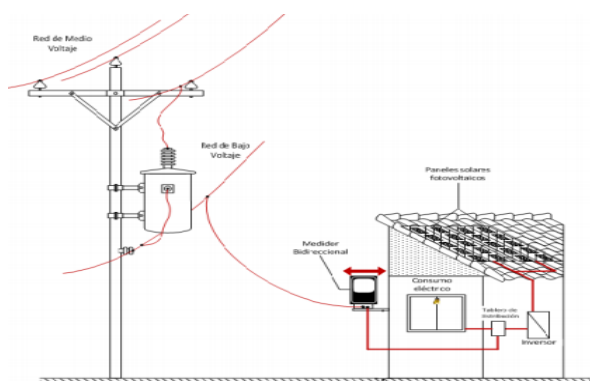


Fig. 44 Conexión Microgeneración Fotovoltaica

Fuente: (ARCONEL, 2020)

Como menciona la regulación, se aplica para clientes de las empresas distribuidoras, sin embargo, para los sistemas fotovoltaicos aislados con los cuales cuentan los pobladores de zonas remotas existen incentivos, como la reducción de aranceles para disminuir los costos de importación y posterior comercialización de estos sistemas de tal forma que se facilita la expansión de la energía fotovoltaica en zonas de difícil acceso o áreas protegidas.

En 2019 el Ecuador lanzó la convocatoria a empresas privadas nacionales e internacionales para la concesión de proyectos de energía renovable, siendo estos proyectos los parques eólicos Villonaco en su etapa II y III en la provincia de Loja, con una potencia de 110 MW, y el Parque Fotovoltaico El Aromo, con una potencia de 200 MW, en la provincia de Manabí (Manuel, 2020).

2.10 Electrolineras en el Ecuador

En el Ecuador existen cerca de 60 puntos para carga de autos eléctricos. En su mayoría son cargadores de cara lenta de 7 kW. Sin embargo, existe una estación de 5.000 m², instala

en la ciudad de Guayaquil en el parque Samanes, esta estación brinda 20 cargadores rápidos, 18 de 40 kW y 2 de 80 kW (VARUS, 2021).



Fig. 45 Electrolinera Parque Samanes -Guayaquil

Fuente: (Vinueza, 2019)

Entre enero y julio del 2021 se comercializaron 108 vehículos eléctricos, cifra superior a la de los años 2019 (103 ventas) y 2020 (106 ventas), sin embargo, esta cifra es ínfima respecto a la que registra en venta los vehículos a combustión (65.604 ventas) (UNIVERSO, 2021).

Los factores que influyen para que la cifra no incremente son el precio del vehículo y la falta de electrolineras, ya que solo la ciudad de Guayaquil cuenta con una electrolinera de carga rápida. Hasta la fecha se puede evidenciar la implementación de puntos de carga de vehículos eléctricos en centros comerciales de diferentes ciudades.

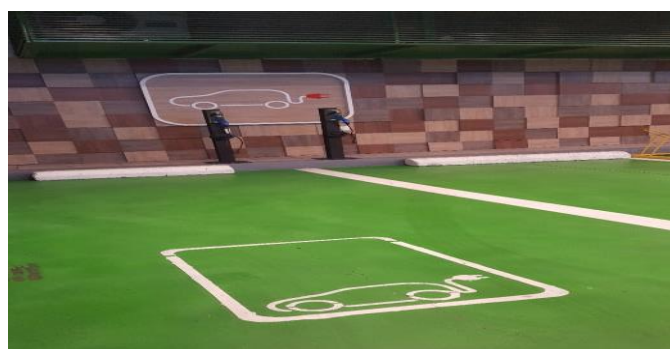


Fig. 46 Punto de Carga para Vehículos Eléctricos – Centro Comercial los Andes Ambato

Fuente: Propia

En el mercado nacional están disponibles once modelos de autos eléctricos, correspondientes a siete marcas (Nissan, Kia, MG, Zhidou, BYD, Dayang y Kaiyun), sin embargo, los vehículos eléctricos económicos tienen un costo de \$25.000, con una autonomía máxima de 400 kilómetros, por ejemplo para una persona que hace un uso extensivo de su vehículo, una alternativa tradicional con motor de combustión puede encontrarse en \$14.000 (HORA, 2021).

CAPITULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1 Análisis de la zona de estudio

El complejo turístico de Guapán se encuentra ubicado en la parroquia rural que lleva el mismo nombre, se encuentra a 7 kilómetros de distancia del centro de la ciudad de Azogues, en la provincia del Cañar, sus coordenadas son S. 2°42'38.872" O. 78°50'49.34", caracterizado por su terreno árido y con presencia de aguas termales en la zona la convierten en un punto a ser evaluado en el ámbito de las energías renovables.



Fig. 47 Ubicación Complejo de Aguas Termales de Guapán

Fuente: Google Earth

El complejo turístico de Guapán posee un amplio espacio de parqueo y zonas libres de construcción lo cual le vuelven ideal para la implementación de sistemas fotovoltaicos. Con la ayuda de un GPS de corrección diferencial Trimble GeoXT 2008, se determina el área disponible para propósitos fotovoltaicos en el complejo turístico.



Fig. 48 Zona de Parqueo Vehicular en el Complejo de Aguas Termales de Guapán

Fuente: Propia

El complejo cuenta con un área disponible de 41329.8 m².

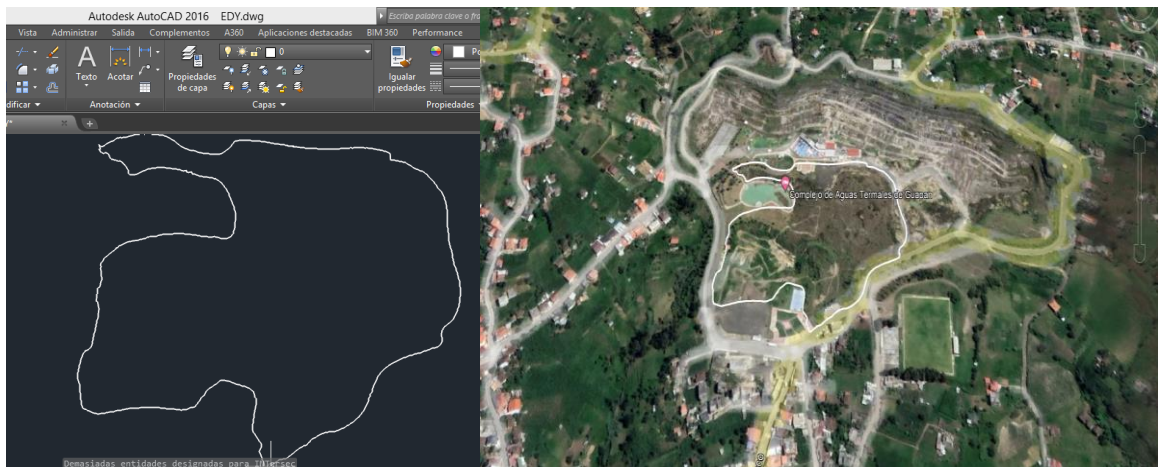


Fig. 49 Levantamiento de Información con GeoXT y Cálculo en Autocad

Fuente: Propia

La información geográfica permite conocer las características climáticas de la zona, estas características son medidas por una estación meteorológica la que permite conocer los valores de cada parámetro climático siendo estas muestras evaluadas con propósitos energéticos.

En las siguientes figuras se presenta la trayectoria solar y la carta solar estereográfica solar de la parroquia Guapán en la cual se puede apreciar que el crepúsculo y el amanecer se observa casi a la misma hora en todos los días del año, presentando una marcada simetría de geometría solar característica típica del centro terráqueo.

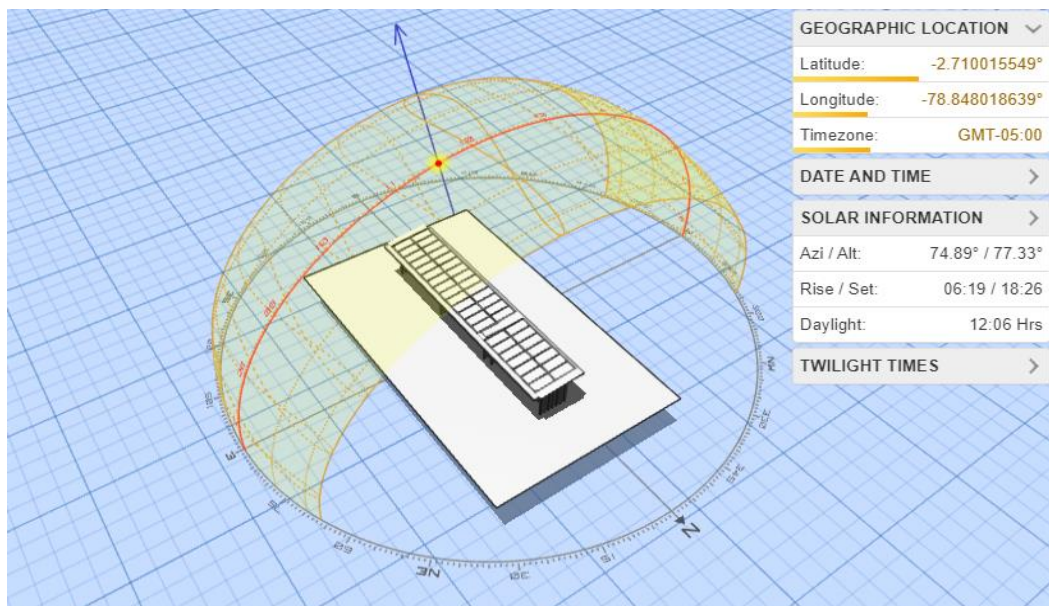


Fig. 50 Trayectoria Solar Guapán - Ecuador

Fuente: Propia

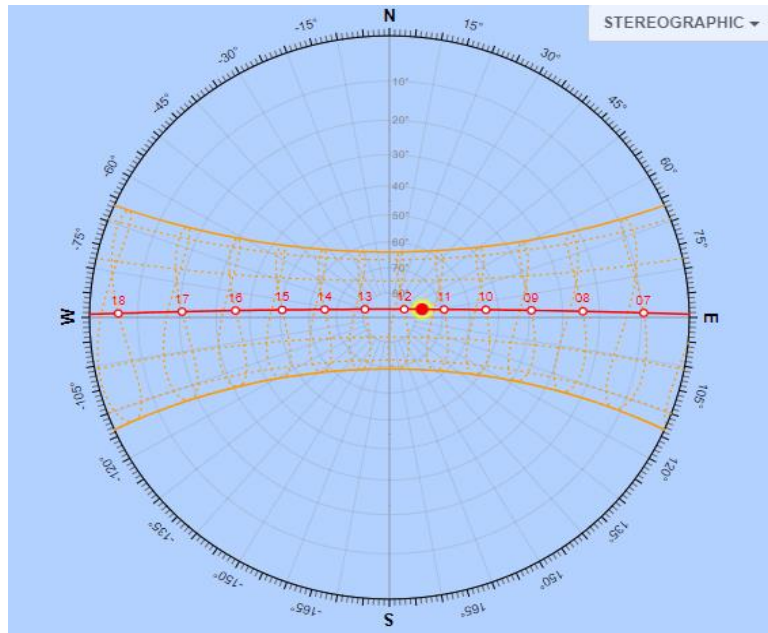


Fig. 51 Carta Solar Estereográfica Guapán - Ecuador

Fuente: SUN-PATH

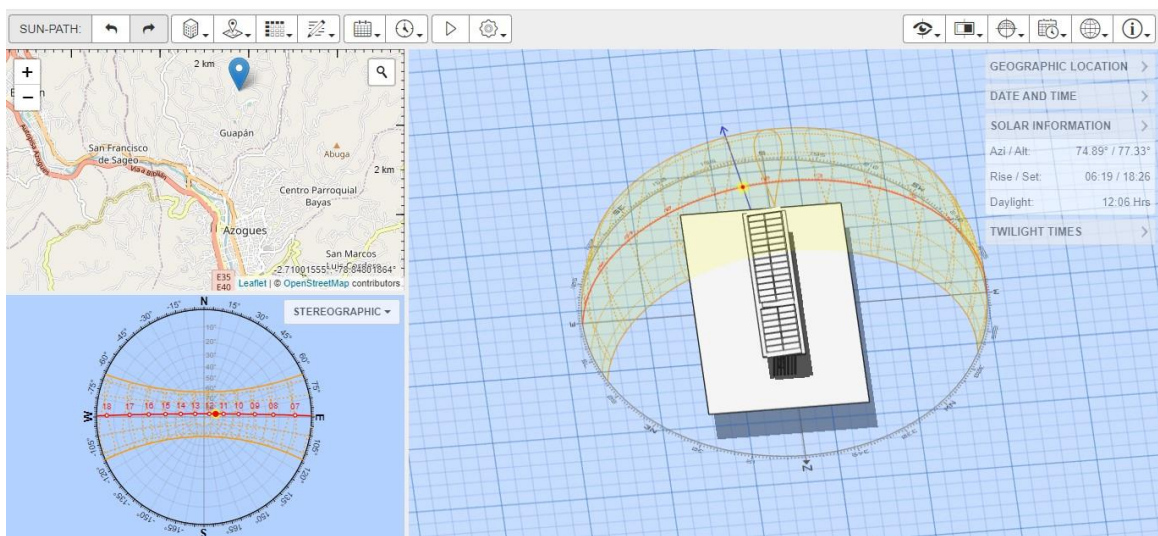


Fig. 52 Carta Solar Estereográfica Ubicación Guapán - Ecuador

Fuente: El Autor

3.2 Análisis de radiación solar

A continuación, realizaremos un análisis de la radiación solar, en nuestro lugar de estudio (ubicación), Complejo de aguas termales Guapán – Azogues.

Como bien se conoce, existen diferentes parámetros, los cuales intervienen en la radiación solar que alcanza la superficie terrestre, los parámetros que intervienen son:

- Temperatura

- Radiación Solar Global
- Radiación Solar Difusa
- Dirección y Velocidad del Viento
- Índice pluviométrico

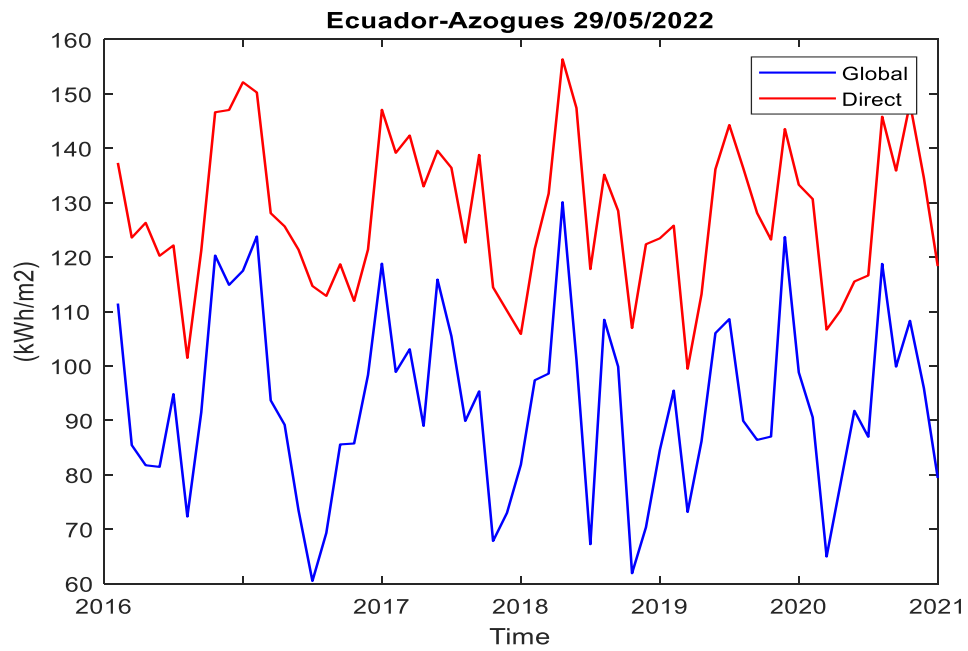


Fig. 53 Radiación solar Ubicación Guapán - Azogues - Ecuador

Fuente: Propia

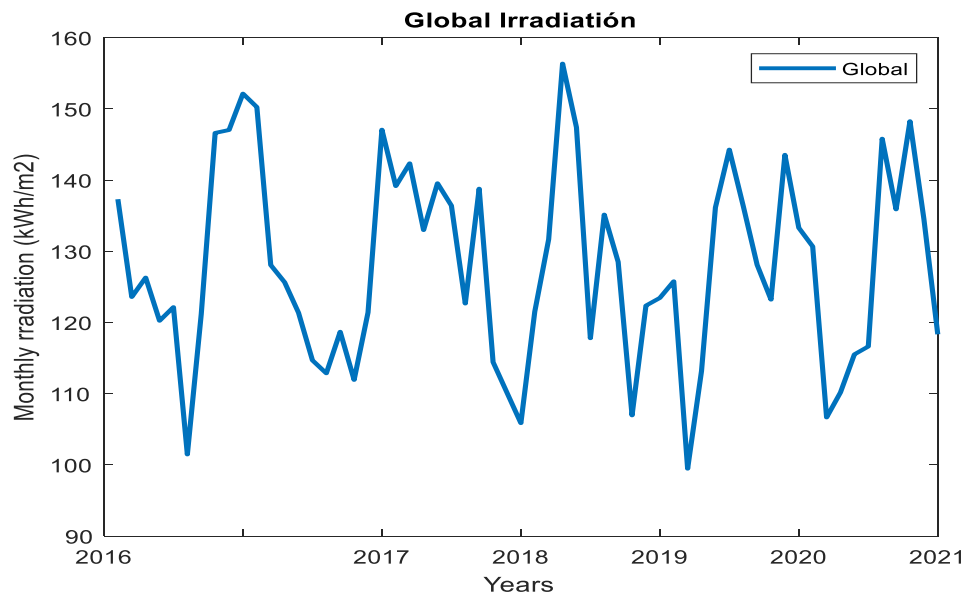


Fig. 54 Irradiación Global

Fuente: Propia

3.3 Análisis meteorológico

El clima se afecta por variables que caracterizan el comportamiento de la atmósfera tales como: radiación solar, humedad, temperatura, presión, precipitación, velocidad y dirección del viento, ya que permiten determinar, clasificar y zonificar el clima en una región determinada.

La variación de los parámetros climatológicos en la parroquia Guapán son determinados mediante sensores de acuerdo a cada parámetro a obtener, los datos registrados se almacenan en la estación KL-23C02 (IAZOGUE3 de propiedad privada) la cual se encuentra instalada en el barrio Guapán Centro (Manuel, 2020).



Fig. 57 Estación Meteorológica en Guapán Centro

Fuente: (Manuel, 2020)

Los datos que recopila la estación meteorológica son compartidos en línea permitiendo un acceso instantáneo a los datos medidos, los datos enviados pueden ser descargados al ordenador lo cual permite graficar el comportamiento de cada parámetro y realizar un análisis estadístico.



Fig. 58 Base monitoreo Estación Meteorológica Guapán Centro

Fuente: Propia

3.3.1 Tabulación de datos.

La estación meteorológica KL-23C02 (IAZOGUE3) registra las condiciones atmosféricas en un intervalo de 5 minutos con el objetivo de analizar con mejor precisión la variación de los parámetros climatológicos, los datos tabulados a continuación corresponden al período comprendido entre el 1 de enero de 2019 y 1 de enero de 2020 (Manuel, 2020).



Fig. 59 Sensor de Humedad, Temperatura y Pluviómetro de Estación Meteorológica

Fuente: Propia

La temperatura es el principal parámetro para caracterizar las condiciones climáticas de una zona, la medición realizada en el período antes mencionado se presenta la siguiente tabla.

Tabla 2 Datos Medidos de Temperatura

Datos Registrados	
Número de Muestras	52560
Datos Efectivos	52000
Datos Perdidos	560
Temperatura Máxima	27.3°C
Temperatura Media	13.67°C
Temperatura Mínima	6.1°C

Fuente: (Manuel, 2020)

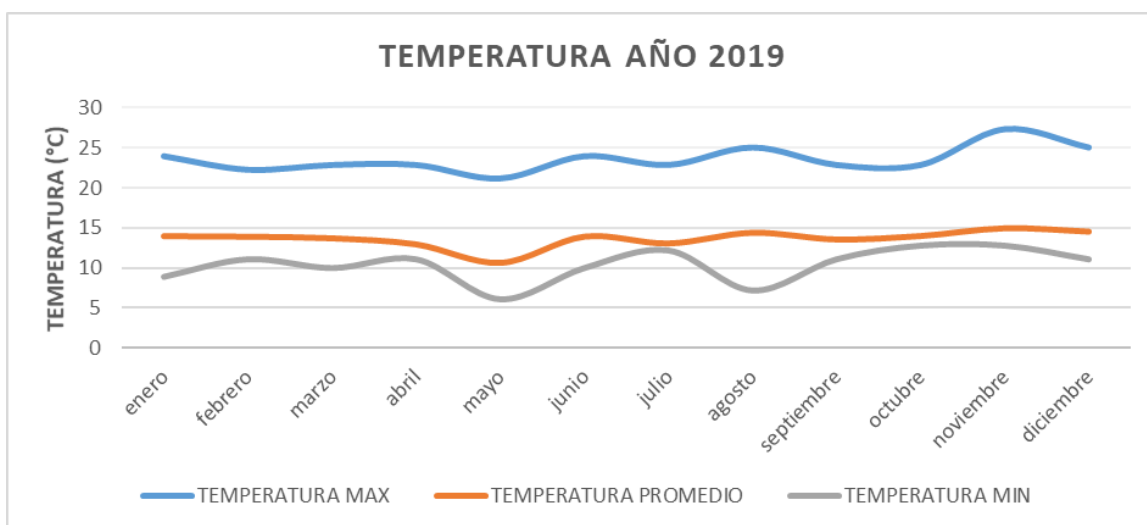


Fig. 60 Grafica de Temperatura Anual 2019

Fuente: (Manuel, 2020)

Debido a la afectación que pueden sufrir ciertos elementos debido a la humedad es necesario conocer este parámetro en la Parroquia Guapán, pues determinar este parámetro nos ayuda en la selección de sistemas fotovoltaicos como de proyectores que se adapten a estas condiciones sin afectar su funcionamiento.

Tabla 3 Datos de Humedad Relativa

Datos Registrados	
Número de Muestras	52560
Datos Efectivos	52000
Datos Perdidos	560
Humedad Máxima	100%
Humedad Media	80.2%
Humedad Mínima	4%

Fuente: (Manuel, 2020)

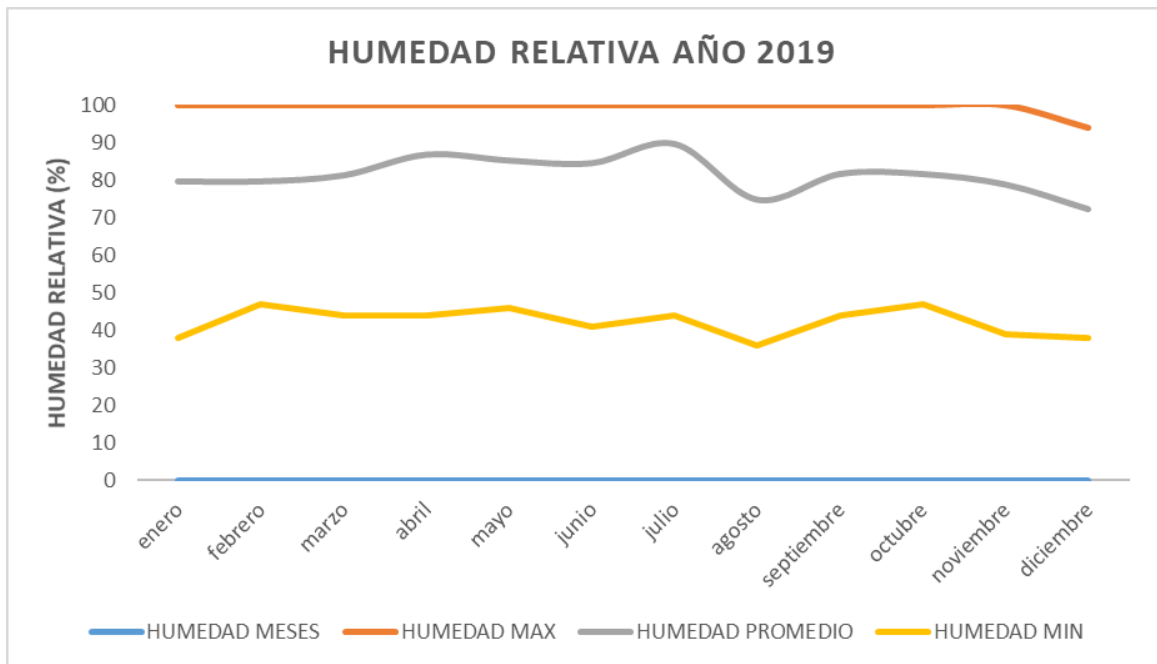


Fig. 61 Grafica de Humedad Relativa Anual 2019

Fuente: (Manuel, 2020)

El anemómetro de la estación KL-23C02 (IAZOGUE3) registra la velocidad del viento mediante tres cazoletas de forma troncocónica segmentadas de forma simétrica sobre un eje vertical. Su funcionamiento mecánico radica en la fuerza que ejerce el viento en el lado cóncavo de la cazoleta la cual es mayor a la del lado convexo, debido a que la velocidad de giro de la cazoleta es proporcional a la velocidad del viento esta se la determina.



Fig. 62 Anemómetro de la Estación Meteorológica

Fuente: (Manuel, 2020)



Fig. 63 Veleta para medición de Dirección de Viento en Estación Meteorológica

Fuente: (Manuel, 2020)

Tabla 4 Datos de Velocidad de Viento

Datos Registrados	
Número de Muestras	52560
Datos Efectivos	52000
Datos Perdidos	560
Humedad Máxima	100%
Humedad Media	80.2%
Humedad Mínima	4%

Fuente: (Manuel, 2020)

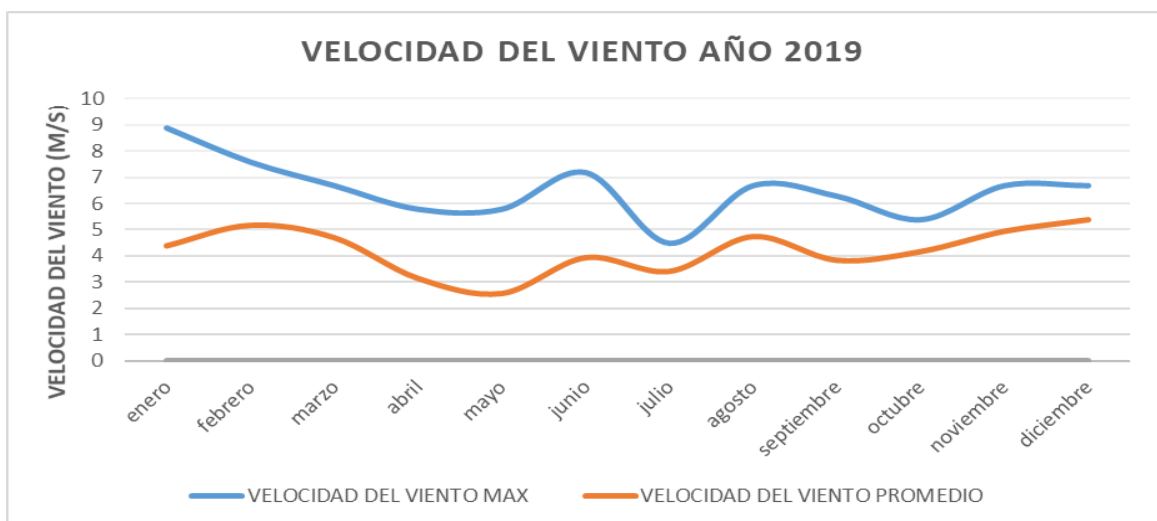


Fig. 64 Grafica de la Velocidad del Viento Anual 2019

Fuente: (Manuel, 2020)



Fig. 65 Piranómetro de Estación Meteorológica.

Fuente: (Manuel, 2020)

Empleando los datos medidos en el periodo 2019-2020 por la estación meteorológica se determina la radiación solar del lugar de estudio, para obtener datos con fines de generación se considera un intervalo de medición en la toma de muestras de 6:20 am a 18:25 pm ya que en este transcurso de tiempo podemos obtener una radiación solar efectiva, el resumen anual se presenta en la siguiente figura.

RADIACIÓN Wh/m ²												
HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	10	7	25	10	8	0	27	0	11	51	13	8
8:00	81	48	143	70	91	23	106	27	98	175	111	14
9:00	206	109	228	190	238	115	217	106	356	310	200	98
10:00	259	203	330	315	439	406	734	217	660	389	399	319
11:00	397	440	412	426	741	687	968	734	831	420	419	401
12:00	531	539	457	519	802	719	819	968	680	519	501	634
13:00	500	477	413	521	722	805	998	1005	483	365	725	600
14:00	401	379	295	850	663	810	873	1015	239	320	873	491
15:00	319	319	421	430	526	853	128	873	152	287	128	333
16:00	208	205	266	267	448	645	60	128	104	156	60	121
17:00	59	179	209	236	168	577	48	60	74	35	48	51
18:00	50	79	94	85	108	256	20	48	42	0	20	5
19:00	0	0	0	0	0	42	0	20	0	0	0	0
20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	3021	2984	3293	3919	4954	5938	4998	5201	3730	3027	3497	3075
HSP	3,021	2,984	3,293	3,919	4,954	5,938	4,998	5,201	3,73	3,027	3,497	3,075

Fig. 66 Datos Mensuales por hora de Radiación

Fuente: (Manuel, 2020)

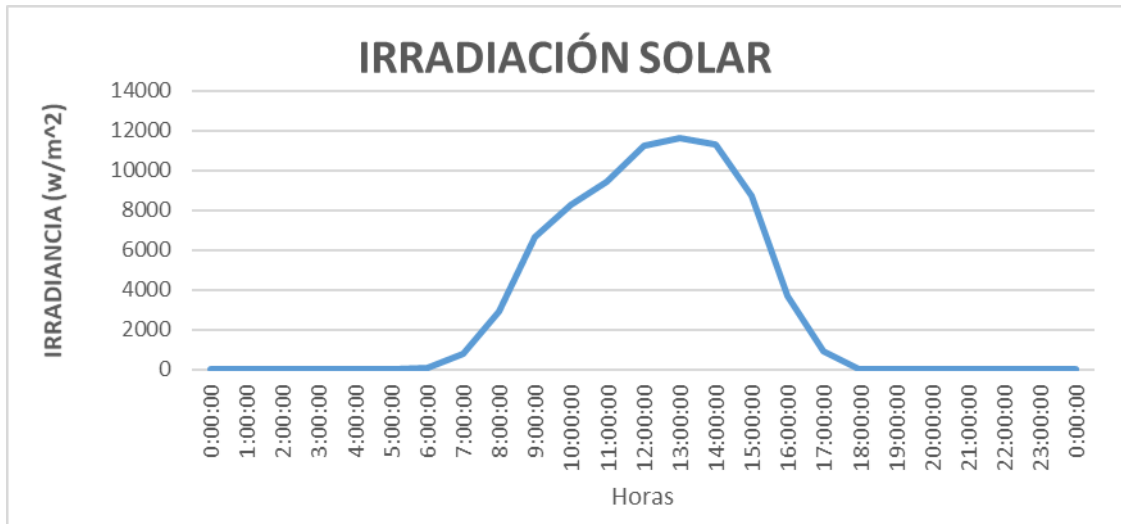


Fig. 67 Grafica de Irradiación para un día de Medición

Fuente: (Manuel, 2020)

En base a los datos presentados en la gráfica 66 se presentan los siguientes valores mensuales.

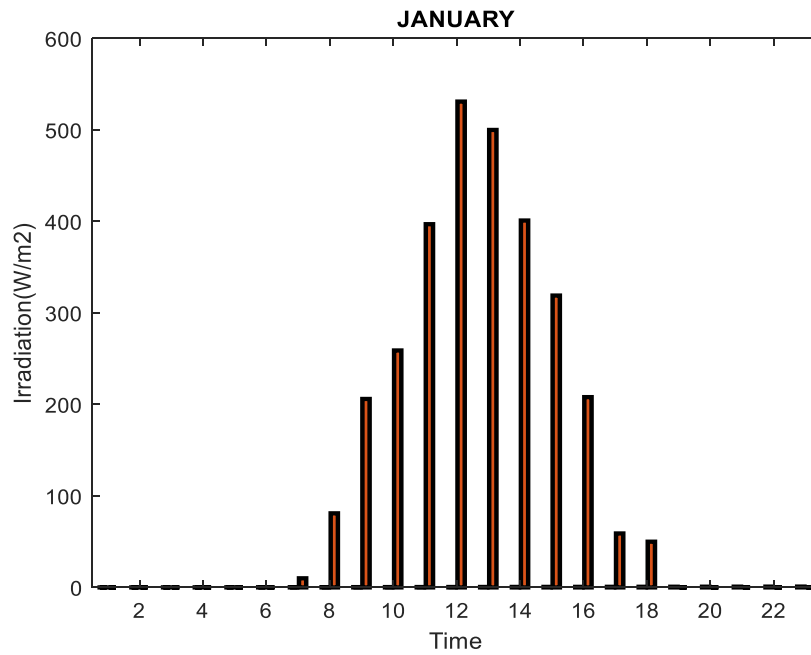


Fig. 68 Irradiación Solar mes de Enero

Fuente: Propia

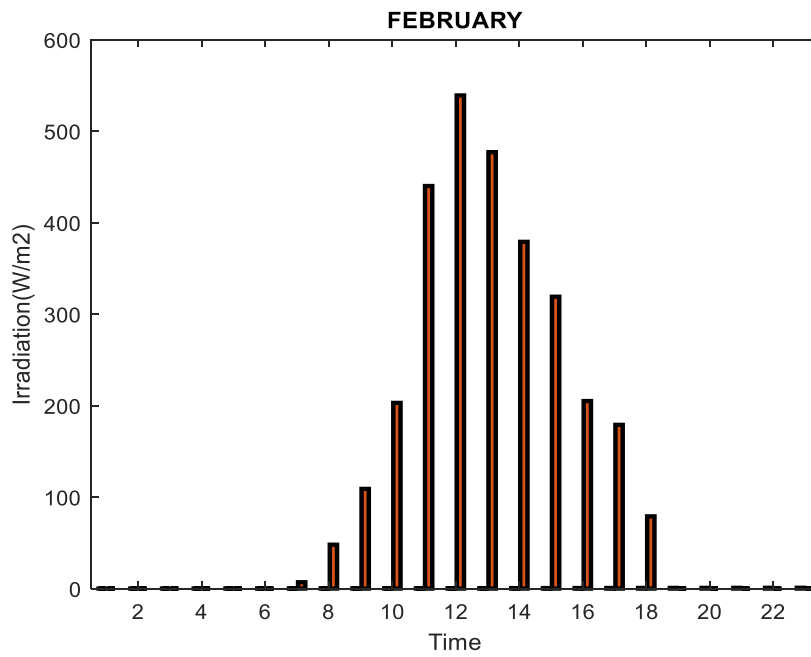


Fig. 69 Irradiación Solar mes de Febrero

Fuente: Propia

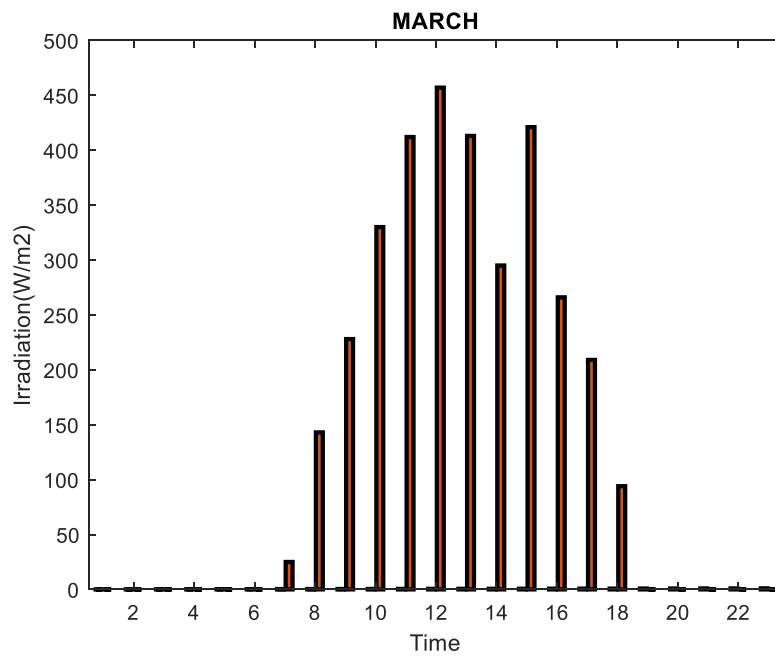


Fig. 70 Irradiación Solar mes de Marzo

Fuente: Propia

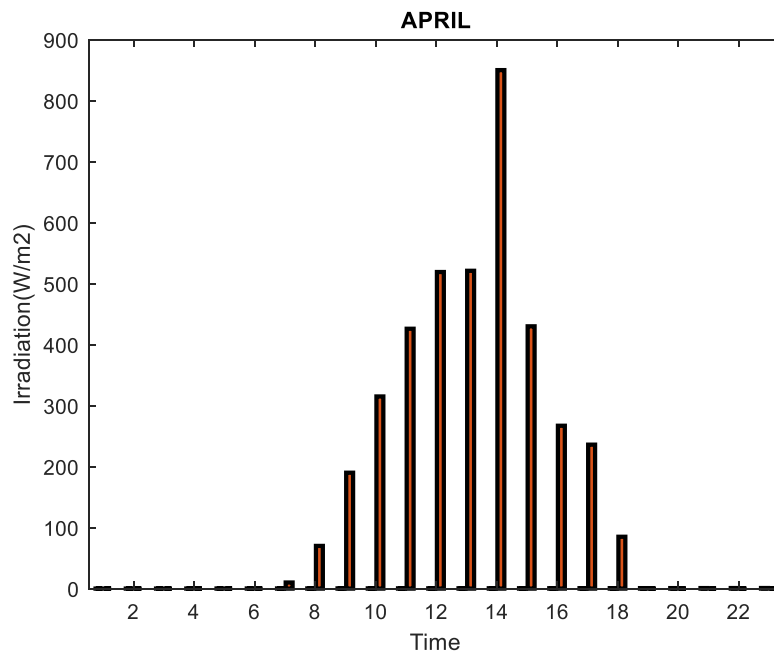


Fig. 71 Irradiación Solar mes de Abril

Fuente: Propia

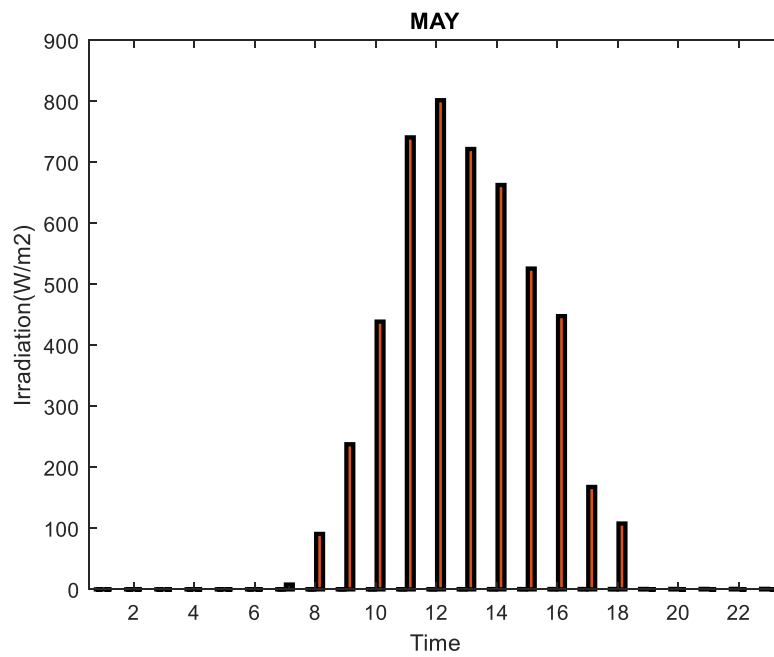


Fig. 72 Irradiación Solar mes de Mayo

Fuente: Propia

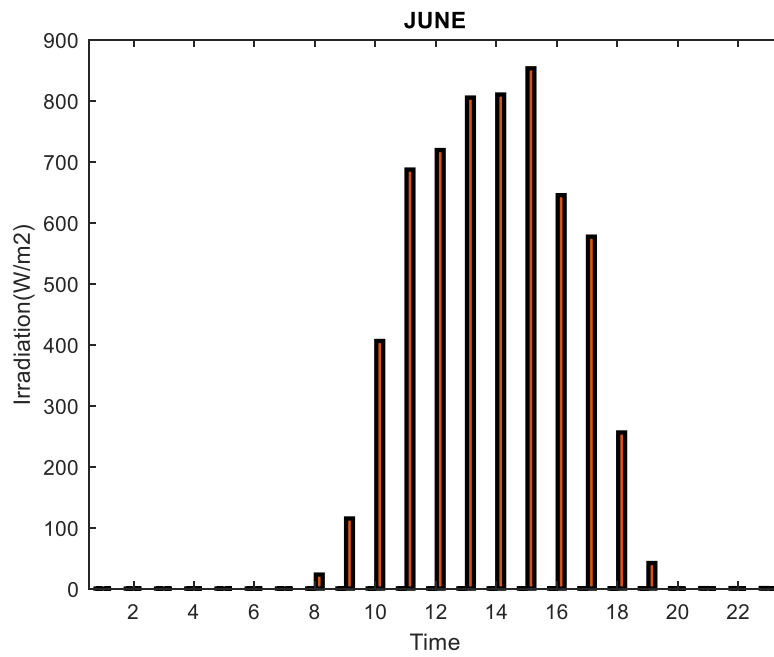


Fig. 73 Irradiación Solar mes de Junio

Fuente: Propia

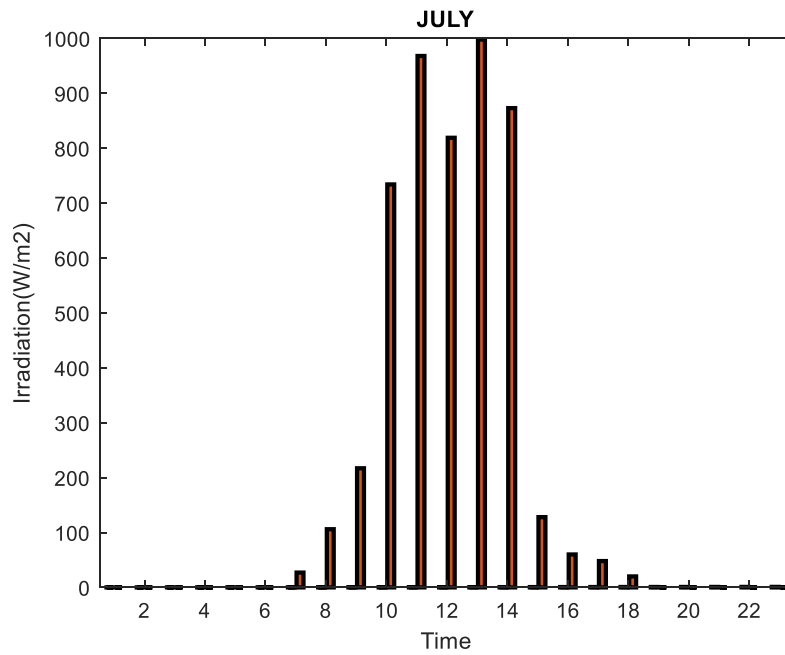


Fig. 74 Irradiación Solar mes de Julio

Fuente: Propia

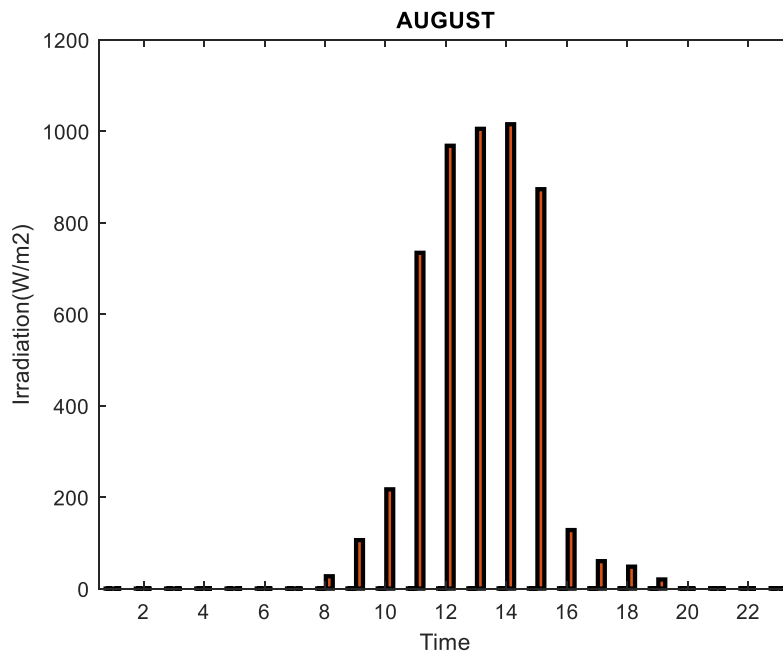


Fig. 75 Irradiación Solar mes de Agosto

Fuente: Propia

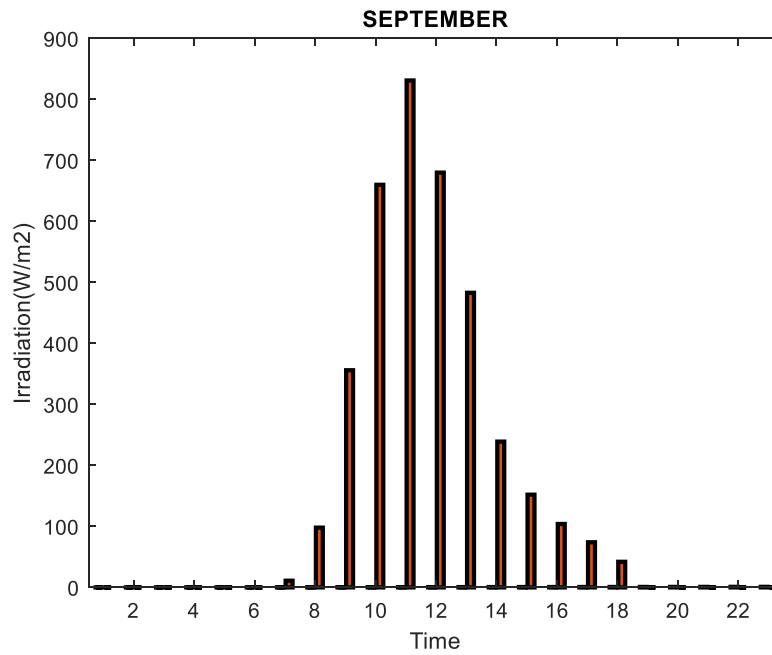


Fig. 76 Irradiación Solar mes de Septiembre

Fuente: Propia

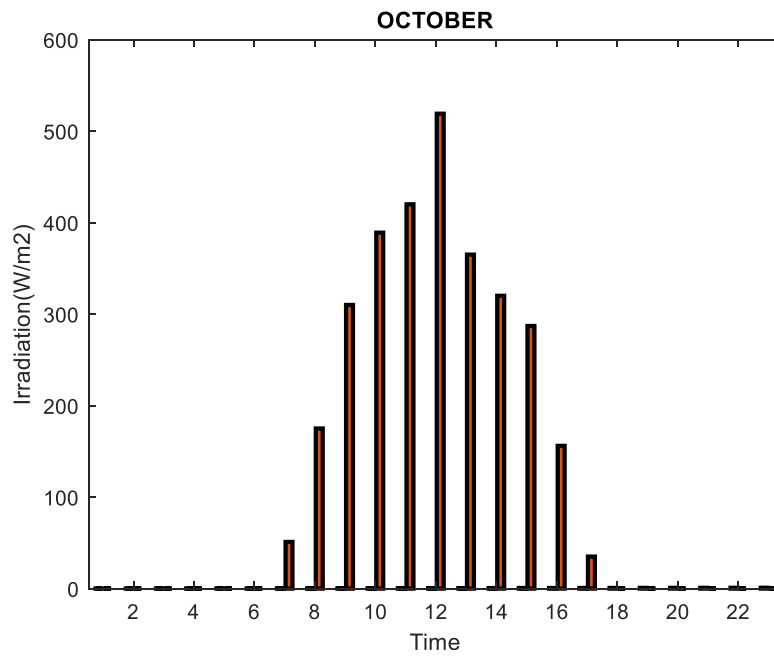


Fig. 77 Irradiación Solar mes de Octubre

Fuente: Propia

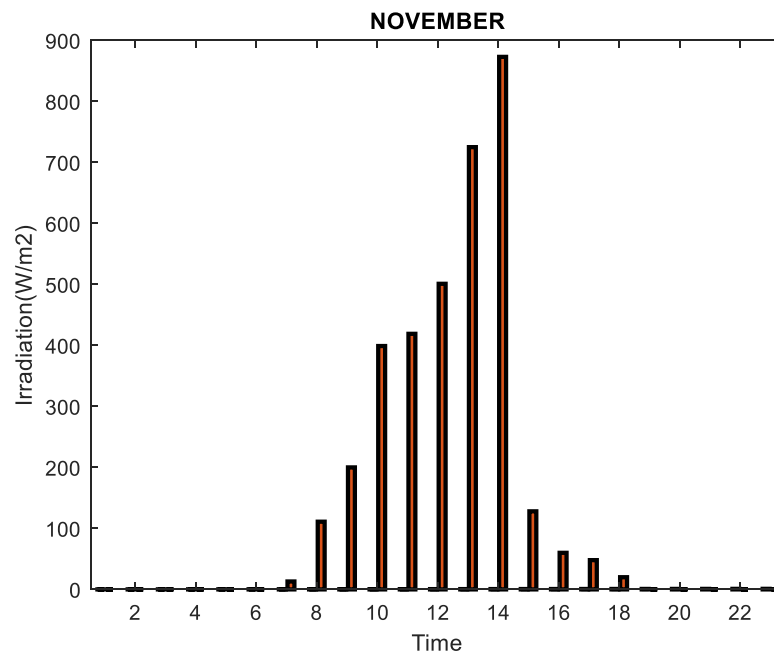


Fig. 78 Irradiación Solar mes de Noviembre

Fuente: Propia

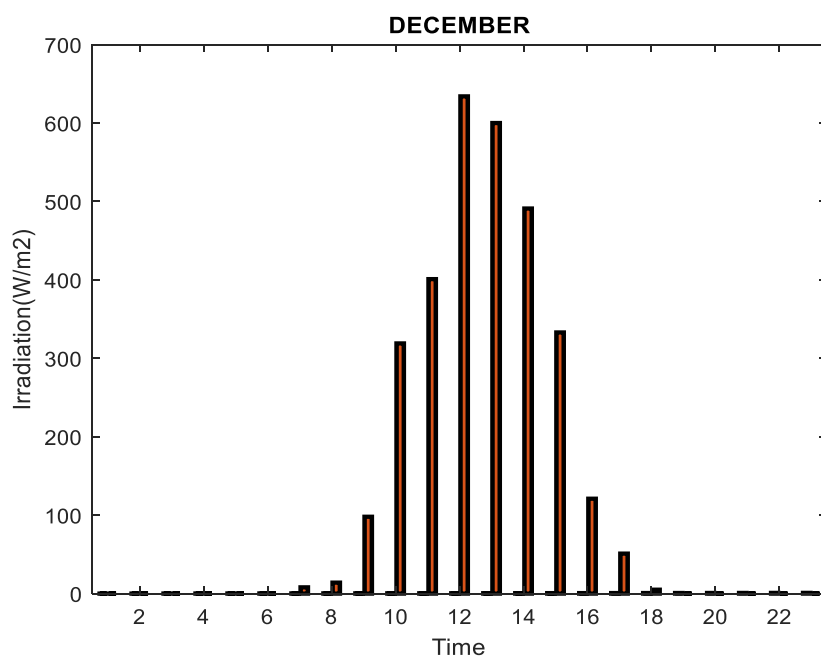


Fig. 79 Irradiación Solar mes de Diciembre

Fuente: Propia

De las tablas anteriores se puede apreciar que el mes con mayor incidencia de radiación es el mes de Junio con un nivel máximo $5938 \text{ Wh}/\text{m}^2$, los datos medidos de radiación se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 5 Datos de Radiación Solar Medidos

Datos Registrados	
Número de Muestras	52560
Datos Efectivos	52000
Datos Perdidos	560
Radiación Solar Máxima	$5938 \text{ Wh}/\text{m}^2$
Radiación Solar Media	$3983.69 \text{ Wh}/\text{m}^2$
Radiación Solar Mínima	$298.4 \text{ Wh}/\text{m}^2$

Fuente: (Manuel, 2020)

Para determinar la HSP (Hora Solar Pico) se toma la radiación solar media obteniendo:

$$HSP = \frac{3983.69 \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$HSP = 3.98$$

Los datos medidos son corroborados en el software gratuito Meeonorm.

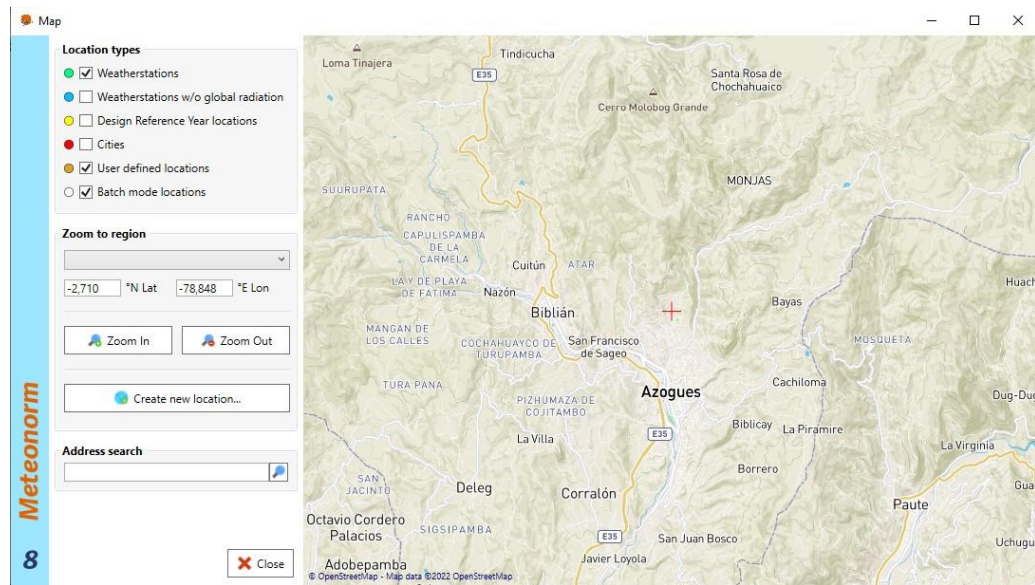


Fig. 80 Posicionamiento de la Zona de Estudio en Software Meeonorm

Fuente: Propia

El software Meeonorm permite conocer un aproximado de los valores de temperatura, radiación global, horas de sol y precipitación.

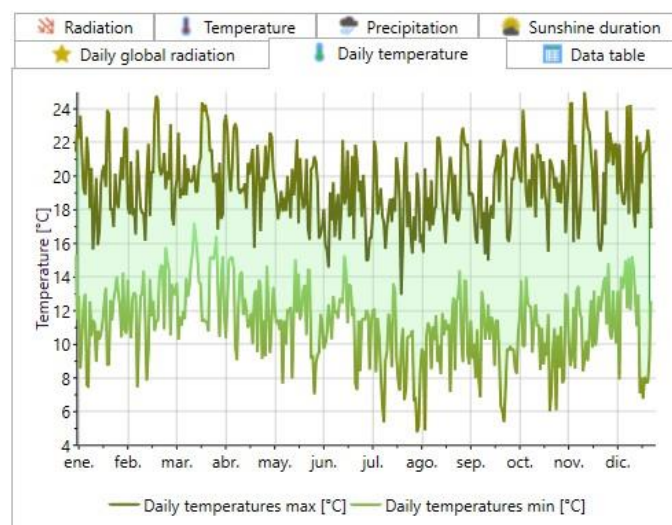


Fig. 81 Temperatura estimada en Software Meeonorm

Fuente: Propia

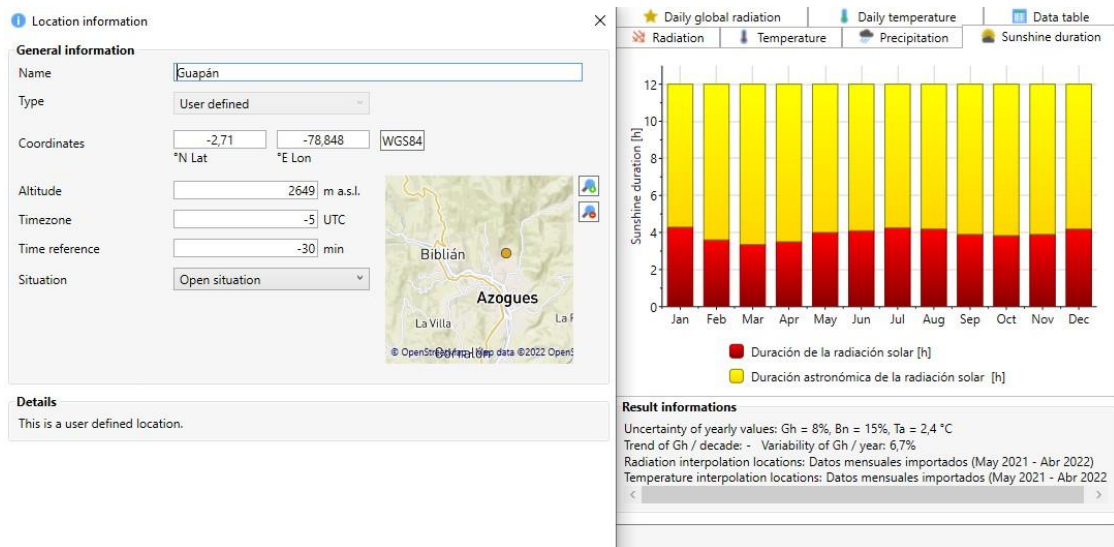


Fig. 82 Duración de horas de sol en Software Meteorm

Fuente: Propia

En el software se puede apreciar que los datos estimados para las horas solares fluctúan entre 3,5 y 4 horas de sol pico, dándonos como resultado un óptimo valor medido por la estación meteorológica

3.4 Dimensionamiento de sistema fotovoltaico para electrolinera

El principio de funcionamiento de los sistemas de energía se basa en la demanda necesaria, la necesidad de transportarse sin la afección producida por la emanación de gases contaminantes producidos por los motores de combustión ha ocasionado que las electrolineras sean planteadas como la solución para el transporte sustentable.

Estas estaciones dependen de la radiación solar efectiva y del espacio disponible, ya que la energía requerida para estos sistemas es grande y por consiguiente la cantidad de paneles es amplia, además, la electrolinera basa su demanda según el tipo de cargador utilizado, como se mencionó, este cargador puede ser de carga lenta, semirápida y rápida, siendo la demanda la que define la velocidad de carga, teniendo en consideración la ubicación de una electrolinera es necesario también considerar la circulación vehicular.

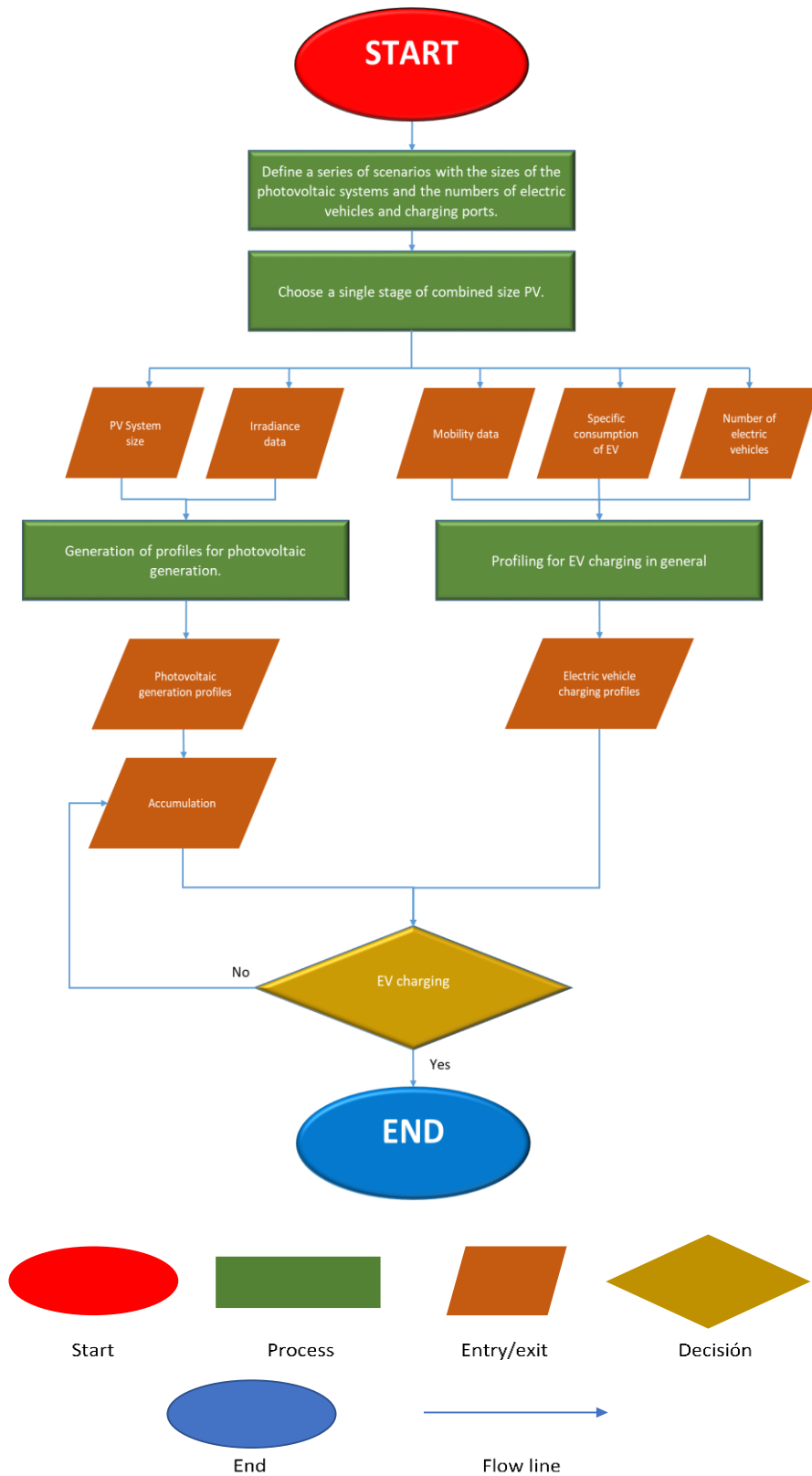


Fig. 83 Diagrama de Flujo Sistema Fotovoltaico para Electrolinera

Fuente: Propia

3.4.1 Determinación de la demanda.

Según los datos proporcionados por Uswitch.com en nuestro país, el Kia Soul (Anexo1) es el vehículo eléctrico más vendido, comercializándose con una energía de 81 kW, aproximadamente 110 HP y 285 Nm de par de motor, alcanzando su velocidad máxima de 145 km/h en 11,2 segundos. (MOVILIDAD, 2021) (KIA, 2021).

El vehículo eléctrico mencionado anteriormente tiene una capacidad de 27 kWh, con una densidad energética de (200Wh/Kg), esto se debe a que está compuesta por celdas de polímero de litio con cátodos de níquel cobalto manganeso.

La batería que se encuentra en el Kia Soul se puede cargar con AC monofásica hasta 6.6 kW – 32 A haciendo uso del conector TIPO 1 Yazaki, la recarga del vehículo eléctrico está determinada por la potencia de la carga establecida, que por lo general se encuentra alrededor de 5 – 14 horas, en el caso de que se opte recargar mediante el sistema de Recarga rápida (CHAdeMo) puede tardar alrededor de 30 minutos.

Según la capacidad del vehículo se elige un cargador para conocer el tiempo de carga, el cargador delimitará si la electrolinera es de carga lenta o rápida (LUGENERGY, 2021).

Para proceder con el cálculo es importante determinar el consumo energético real, ya que, por lo general en un sistema de recarga mediante el uso de paneles fotovoltaicos se generan factores de pérdida (Erique Cruz, 2016).

$$E = \frac{Et}{R} \quad (4)$$

Donde:

E = Consumo energético real

Et = Consumo energético teórico

R = Parámetro de rendimiento global del sistema fotovoltaico

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left[1 - K_a * \frac{N}{P_D} \right] \quad (5)$$

Parámetro	Descripción	Valor	Descripción
K_b	Coeficientes de pérdidas por rendimiento del acumulador	0.5	Sistema que no demande descarga intensa.
		0.1	Sistema que demande descarga intensa.
K_c	Coeficientes de pérdidas en el Inversor	0.05	Inversor senoidal puro, regimen óptimo.
		0.1	Fuera del regimen óptimo (otras condiciones)
K_v	Coeficientes de pérdidas varias	0.05	Perdidas por rendimiento de red (efecto joule)
		0.15	
K_a	Coeficiente de autodescarga diaria	0.002	Baterías de autodescarga baja (Ni-Cd).
		0.005	Baterías estacionarias habituales (Pb-acido) .
		0.012	Baterías de alta autodescarga.
N	Días de autonomía	4 -10	Días.
P_d	Profundida de descarga diaria con respecto a la batería	80%	No debe de exceder este valor ya que si este sobrepasa puede acortar el número de ciclos.

Fig. 84 Modelo Matemático de Panel Fotovoltaico

Fuente: Propia

Aplicando la ecuación (5):

$$R = (1 - 0.1 - 0.05 - 0.1) * \left[1 - 0.005 * \frac{5}{0.7} \right]$$

$$R = 0.728$$

Al conocer el consumo energético teórico y el rendimiento global de nuestro sistema fotovoltaico procedemos a remplazar en nuestra ecuación (4) y así obtener el consumo energético real.

$$E = \frac{Et}{R}$$

$$E = \frac{27kWh}{0.728}$$

$$E = 37.08kWh$$

3.4.2 Determinación de paneles fotovoltaicos.

Según los paneles fotovoltaicos disponibles en el mercado ecuatoriano para el estudio se utiliza un panel de 400 W de la marca Ecogreenergy, con los datos proporcionados por el fabricante (Anexo 3), también debemos conocer el número de horas que funcionará nuestra electrolinera al día, en nuestro caso será de 6 horas y la Hora Solar Pico ya determinada se tiene:

$$E_c = \text{Energía consumida}$$

$$E_c = \frac{E * 1000}{h} \quad (6)$$

$$E_c = \frac{37.08 * 1000}{6}$$

$$E_c = 6180 W$$

Con la energía consumida y con respecto a las horas de sol que funcionaria la estación de recarga, determinamos el número de paneles requeridos para recargar nuestro vehículo eléctrico, para eso aplicamos la siguiente formula:

$$NP = \frac{Ec}{0.9 * Wp * HSP} \quad (7)$$

Donde:

NP = Número de Paneles Fotovoltaicos

Ec = Energía Consumida

Wp = Potencia pico del panel fotovoltaico

HSP = Hora solar pico

El valor de la Hora solar pico (HSP) ya se lo ha determinado anteriormente, por lo que tenemos:

$$HSP = 3.98 \text{ h}$$

Al conocer todos los valores, reemplazamos en la ecuación (7)

$$NP = \frac{6180}{0.9 * 400 * 3.98}$$

$$NP = \frac{6180}{1432.8}$$

$$NP = 4.31 \text{ Paneles}$$

Se necesita 5 Paneles fotovoltaicos por vehiculo.

El dimensionamiento propuesto esta para colocar 55 Paneles fotovoltaicos y 5 puntos de recarga.

3.4.3 Potencia generada por los paneles fotovoltaicos.

A continuación, vamos a calcular la energía que nos produce los paneles fotovoltaicos, todo dependerá de los parámetros del panel fotovoltaico y HSP.

$$P_m = I_m * V_m * HSP * 0.9 \quad (8)$$

Donde:

P_m = Potencia generada por un panel fotovoltaico (Wh)

I_m = Corriente máxima del panel fotovoltaico (A)

V_m = Tensión máxima del panel fotovoltaico (V)

HSP = Irradiación solar diaria promedio

Coefficiente de rendimiento de los paneles fotovoltaicos

Como, hemos optado por utilizar el panel de la marca Ecogreenenergy, con los datos proporcionados por el fabricante (Anexo 3), reemplazamos en la ecuación (8) y tenemos:

$$P_m = 10.02 * 39.92 * 3.98 * 0.9$$

$$P_m = 1432.79 \text{ Wh/dia}$$

Se procederá a instalar 55 paneles fotovoltaicos los cuales recargaran 5 vehículos simultáneamente y a su vez aprovechar al máximo las horas de sol para recargar nuestras baterías.

Para conocer cuántos (kW) generados al día, aplicamos la siguiente ecuación:

$$P_{mt} = P_m * \# \text{ paneles fotovoltaicos}$$

$$P_{mt} = 1432.79 * 55$$

$$P_{mt} = 78803.45 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$$

Aproximadamente al dia se genera 78.80 kW

3.4.4 Determinación de baterías.

La capacidad nominal de las baterías se calcula en función de la profundidad de descarga diaria y estacional y del número de días de autonomía con ayuda de las siguientes fórmulas (Ríos, 2017).

$$C_N = \frac{E_R * N}{P_D * V_B} \quad (9)$$

Donde:

C_N = Capacidad nominal de la batería (Ah)

E_R = Energía real, consumo del sistema

P_D = Profundidad de descarga de la batería

N = # de dias de autonomia del sistema

V_B = Tensión de la batería (V)

Teniendo en consideración una batería de litio de 300 Ah (Anexo 4) y determinada la capacidad del acumulador para el sistema y conociendo la capacidad nominal que proporciona el fabricante en su hoja técnica se calculan el banco de acumuladores.

$$C_N = \frac{(6180 * 5) * 3}{0.8 * 12.8}$$

$$C_N = 9052.73 \text{ Ah}$$

Para conocer el número de baterías necesarias para nuestro sistema aplicamos la siguiente ecuación.

$$N_B = \frac{C_N}{C_{nB}} \quad (10)$$

Donde:

$N_B = \# \text{ baterías necesarias}$

$C_N = \text{Capacidad total necesaria (Ah)}$

$C_{nB} = \text{Capacidad nominal de la batería seleccionada (Ah)}$

$$N_B = \frac{9052.73 \text{ Ah}}{300 \text{ Ah}}$$

$$N_B = 30.18$$

Para el sistema, necesitamos 30 baterías.

3.4.5 Dimensionamiento del inversor controlador.

Debido a la cantidad de energía necesaria para el estudio se realiza el dimensionamiento de los inversores controladores los cuales actúan sobre cada arreglo de tal forma que puedan mantener el sistema equilibrado.

Para realizar la regulación y la conversión se emplea un equipo de la marca SMA Sunny Boy 3.0 las características técnicas dadas por el fabricante se detallan en el Anexo 5.

Características:

Potencia máxima CC: 5500 Wp

Rango de tensiones: 110 V – 500 V

Tensión de entrada máxima: 600 V

Tensión nominal: 220 V – 280 V

Corriente máxima de entrada por string: 15 A

Potencia de salida: 3000 W

Rendimiento máximo: 97.0% – 96.4%

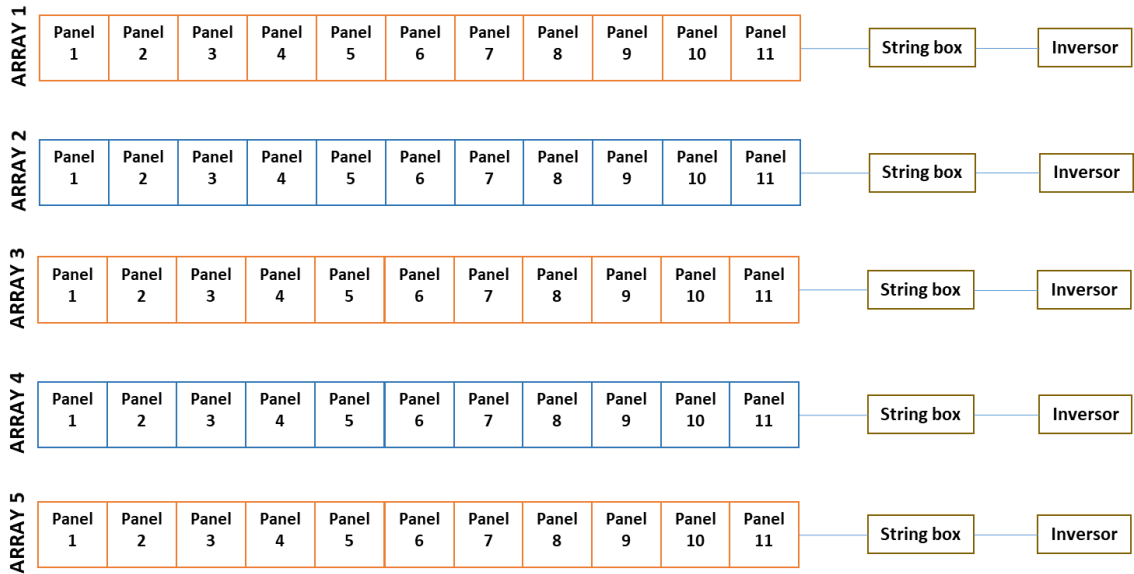


Fig. 85 Arreglo por Array del Sistema

Fuente: Propia

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{\text{Potencia pico instalada}}{\text{Potencia del inversor}} \quad (11)$$

$$\text{Potencia pico instalada} = \# \text{ de paneles} * \text{Pot. del panel} \quad (12)$$

$$\text{Potencia pico instalada} = 55 * 400 = 22000 \text{ Wp}$$

$$\text{Potencia del inversor} = 22000 \text{ Wp}$$

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{22000}{5500} = 4 \text{ unidades}$$

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = 4 \text{ unidades}$$

Para mejorar las condiciones de optimización y equilibrio en nuestro sistema ya que tendremos 5 puntos de recarga de vehículos, procederá a instalar 5 inversores – cargadores.

A continuación, vamos a calcular cuántos paneles fotovoltaicos como mínimo y máximo podemos conectar en serie a nuestro inversor.

$$N^{\circ} \text{ min de paneles en serie} = \frac{\text{Tensión mínima de entrada del inversor}}{\text{Tensión del circuito abierto del panel}} \quad (13)$$

$$N^{\circ} \text{ min de paneles} = \frac{110V}{48.6V} = 2.26 \text{ paneles}$$

$$N^{\circ} \text{ máx de paneles en serie} = \frac{\text{Tensión máxima de entrada del inversor}}{\text{Tensión del circuito abierto del panel}} \quad (14)$$

$$N^{\circ} \text{ min de paneles} = \frac{500V}{48.6V} = 10.29 \text{ paneles}$$

Se puede instalar como mínimo 2 paneles fotovoltaicos y como máximo 11 paneles por inversor de tal manera que se trabajaría a un nivel óptimo.

En nuestro caso vamos a trabajar con 5 inversores ya que nuestro dimensionamiento consta de 5 puntos de recarga en donde vamos a distribuir por cada inversor 11 paneles fotovoltaicos generando una excelente compensación. Al instalar los 11 paneles por inversor obtenemos una potencia de 4400 W.

El regulador a utilizar por grupo de paneles fotovoltaico o string son:

$$I_{\text{regulador}} = (\% \text{seguridad}) \times N_{\text{arreglo}} \times I_{\text{ccfv}} \quad (15)$$

$$(\% \text{seguridad}) = 25\%$$

$$I_{\text{regulador}} = 1.25 \times 1 \times 10.4$$

$$I_{\text{regulador}} = 13 \text{ A}$$

$$P_{\text{regulador}} = N_{\text{paneles}} \times P_{\text{paneles}} \quad (16)$$

$$P_{\text{regulador}} = 11 \times 400$$

$$P_{\text{regulador}} = 4400 \text{ W}$$

Tabla 6 Resumen de Elementos del Sistema

RESUMEN					
Elemento	Tensión	Capacidad	Isc	Potencia	Cantidad
Panel Fotovoltaico	24 V	-	10.4 A	400 W	55
Batería	12 V	300 Ah	-	-	30
Inversor	24 V	15 A	-	-	5

Fuente: Propia

3.4.6 Cálculo del área necesaria para la implementación del proyecto.

El área de emplazamiento a ser cubierta por el sistema fotovoltaico para la electrolinera fundamenta su determinación en los datos del panel, infraestructura de la electrolinera, cuartos de máquinas. Basándonos en los datos del panel brindada por el fabricante se tiene.

Longitud: 1.98 m

Ancho: 1.002 m

$$Area_{SFV} = Longitud_{panel} \times Ancho_{panel} \times N_{paneles} \quad (17)$$

$$Area_{SFV} = 1.98 \text{ m} \times 1.002 \text{ m} \times 55$$

$$Area_{SFV} = 109.12 \text{ m}^2$$

El área necesaria total es de 109.12 m^2 , el complejo turístico de Guapán posee en la Zona 1 un área de 431.28 m^2 , y en la Zona 2 un área de 2.240 m^2 por lo tanto, tanto en las Zona 1 y Zona 2 se dispone del área suficiente para la implementación de paneles fotovoltaicos.



Fig. 86 Zona 1 y Zona 2 Emplazamiento del Sistema Fotovoltaico y Electrolinera.

Fuente: Propia

En nuestro caso de estudio, las estaciones de recarga serán instaladas tanto en la Zona 1 y Zona 2 en ambas zonas se dispone de un parqueadero; por una parte en la Zona 1 disponemos de un área de 431.28 m^2 y en la Zona 2 se dispone de un área de 2.240 m^2 permitiéndonos su instalación.



Fig. 87 Zona 1 Emplazamiento de Electrolinera

Fuente: Propia

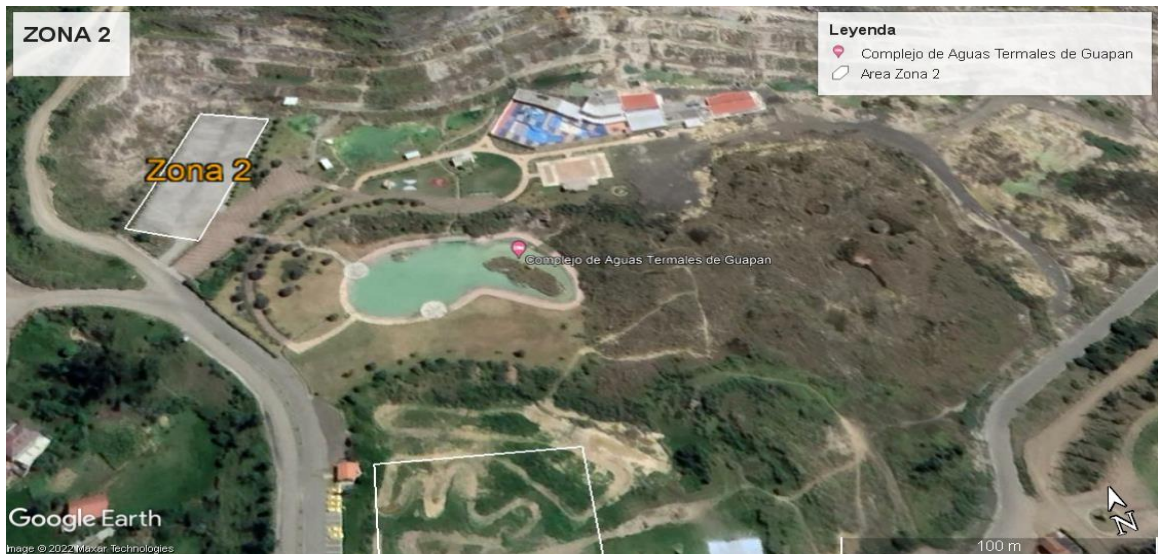


Fig. 88 Zona 2 Emplazamiento de Electrolinera

Fuente: Propia

Para determinar el área por cada array se tiene:

$$Area_{SFV} = Longitud_{panel} \times Ancho_{panel} \times N_{paneles} \quad (17)$$

$$Area_{SFV} = 1.98 \text{ m} \times 1.002 \text{ m} \times 11$$

$$Area_{SFV} = 21.82 \text{ m}^2$$

3.5 Modelación matemática y simulación

En base a los datos del panel fotovoltaico dados por el fabricante se puede observar las curvas de intensidad y tensión para distintos niveles de radiación, estos valores son los que se pueden obtener en laboratorio en donde las condiciones son óptimas con variación de la temperatura regulada.

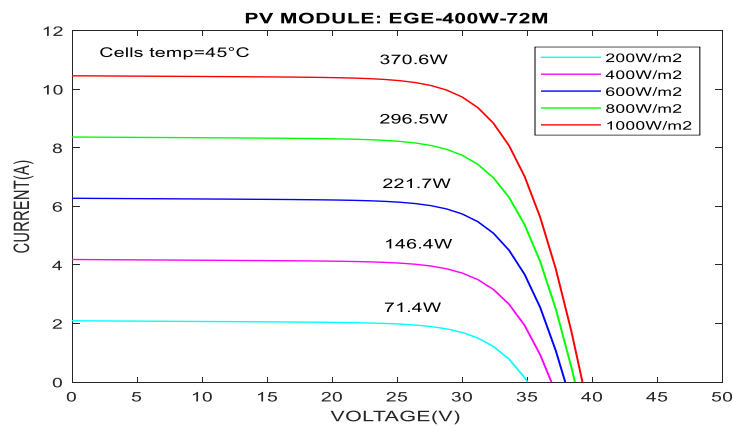


Fig. 89 Curva I-V del Panel Solar EGE-400W en condiciones Standar

Fuente: Propia

A continuación, se presentan los modelos matemáticos de los elementos que componen el panel fotovoltaico, esta modelación se realiza en el software Matlab en la plataforma Simulink.

Fotocorriente:

$$I_{ph} = [I_{sc} + k_i(T - 298)] \frac{G}{1000} \quad (18)$$

Corriente de saturación:

$$I_0 = I_{rs} \left(\frac{T}{T_n} \right)^3 \exp \left[\frac{qE_{g0} \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T} \right)}{nK} \right] \quad (19)$$

Corriente de saturación reversa:

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{e^{\left(\frac{qV_{oc}}{nN_sKT} \right)} - 1} \quad (20)$$

Corriente Shunt:

$$I_{sh} = \left(\frac{V + IR_s}{R_{sh}} \right) \quad (21)$$

Corriente fotovoltaico:

$$I = I_{ph} - I_0 \left[\exp \left(\frac{q(V + IR_s)}{nKN_s T} \right) - 1 \right] - I_{sh} \quad (22)$$

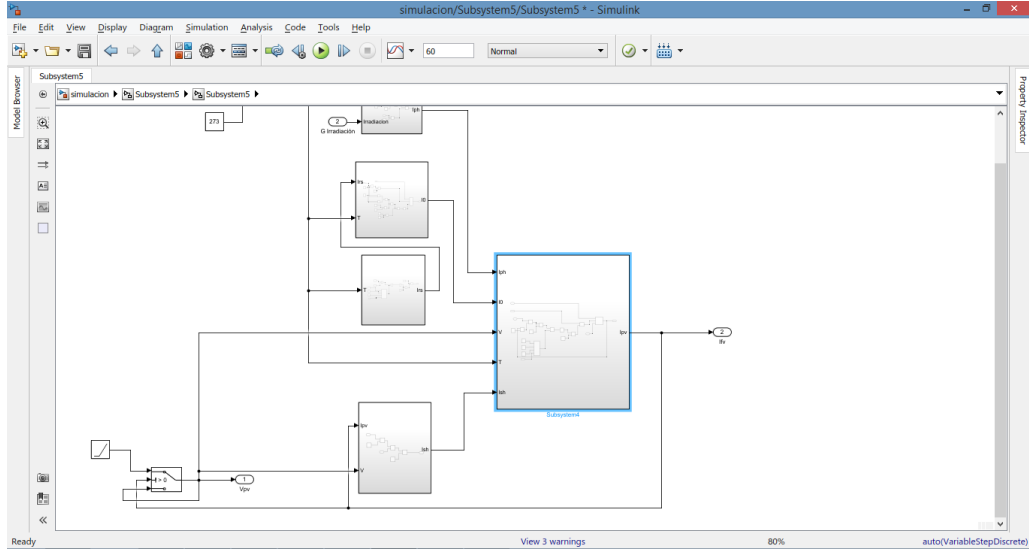


Fig. 90 Simulación de Panel Fotovoltaico

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la irradiación solar para cada mes del año presentadas en las Figuras 59 a Figura 70, la temperatura medida en la zona de estudio se simula el comportamiento del panel fotovoltaico teniendo en consideración los datos de placa para I_{sc} , número de celdas y potencia del panel.

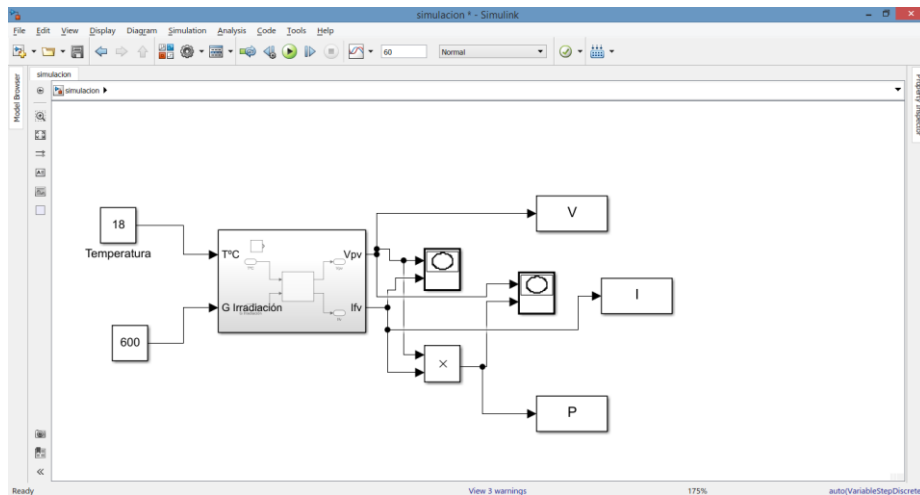


Fig. 91 Simulación de Panel con temperatura de 18°C y radiación de 800 W/m²

Fuente: Propia

Tomando en consideración una temperatura de 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C que corresponden a valores de irradiación de 600 W/m^2 , 683 W/m^2 , 766 W/m^2 , 849 W/m^2 , 932 W/m^2 , y 1015 W/m^2 respectivamente se tienen los siguientes resultados de simulación.

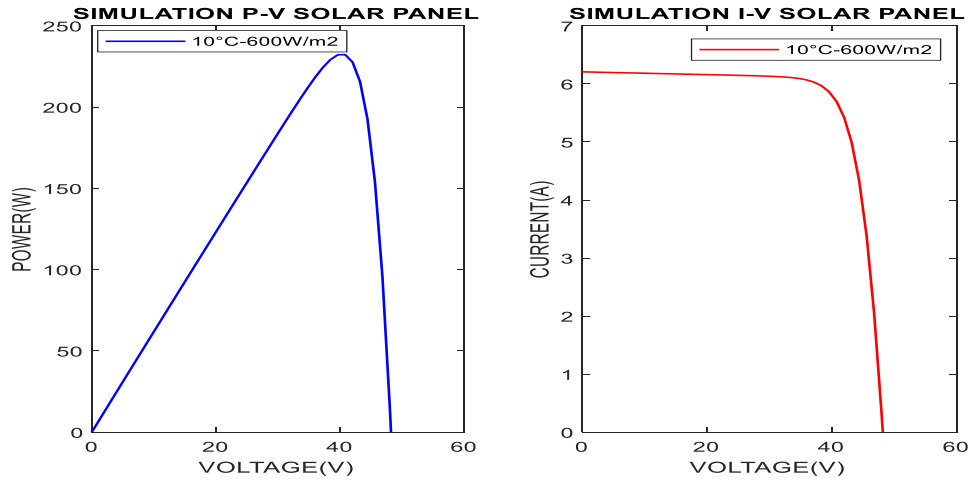


Fig. 92 Simulación de Panel con temperatura de 10°C y radiación de 600 W/m^2

Fuente: Propia

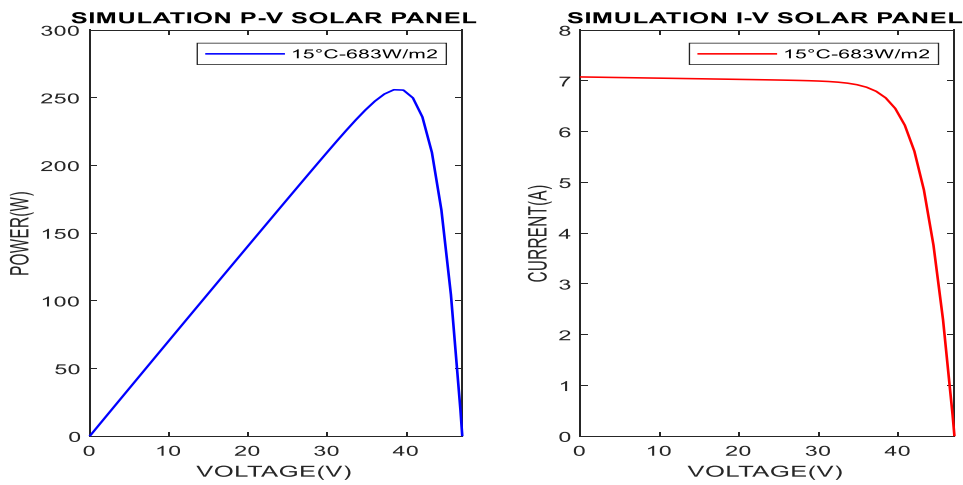


Fig. 93 Simulación de Panel con temperatura de 15°C y radiación de 683 W/m^2

Fuente: Propia

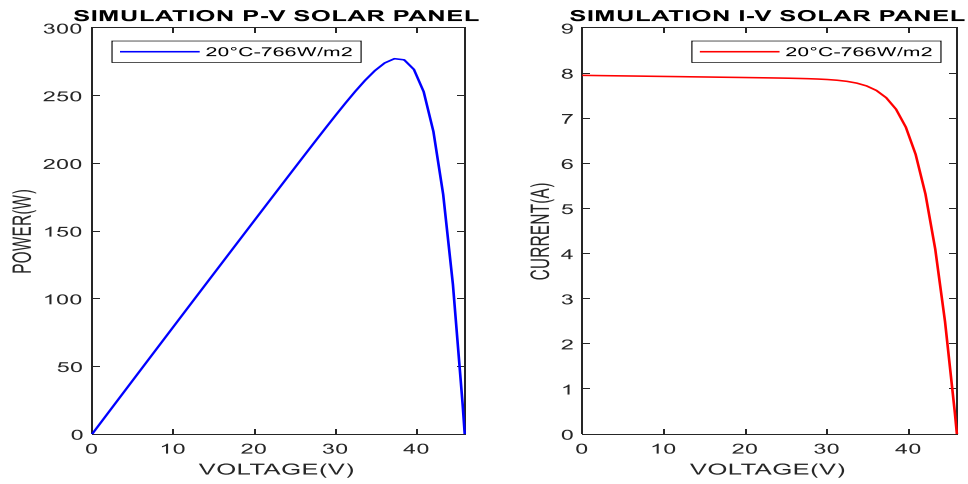


Fig. 94 Simulación de Panel con temperatura de 20°C y radiación de 766 W/m²

Fuente: Propia

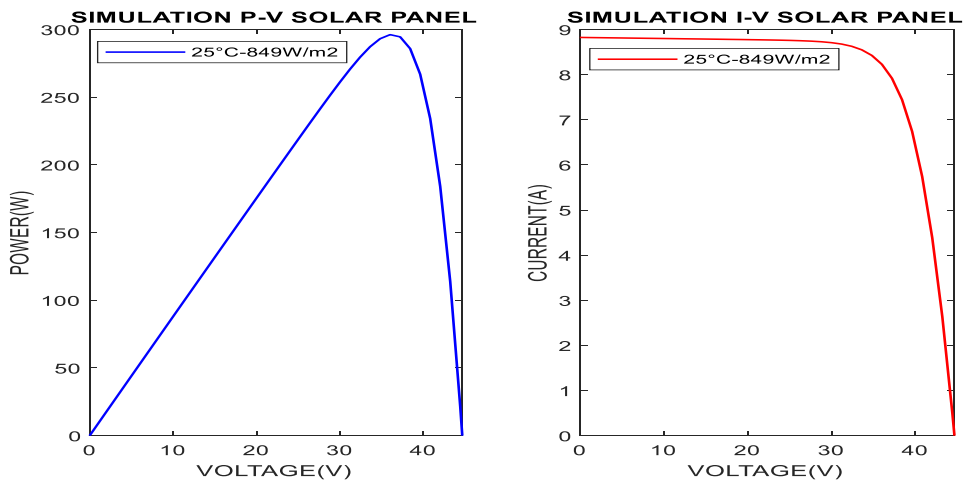


Fig. 95 Simulación de Panel con temperatura de 25°C y radiación de 849 W/m²

Fuente: Propia

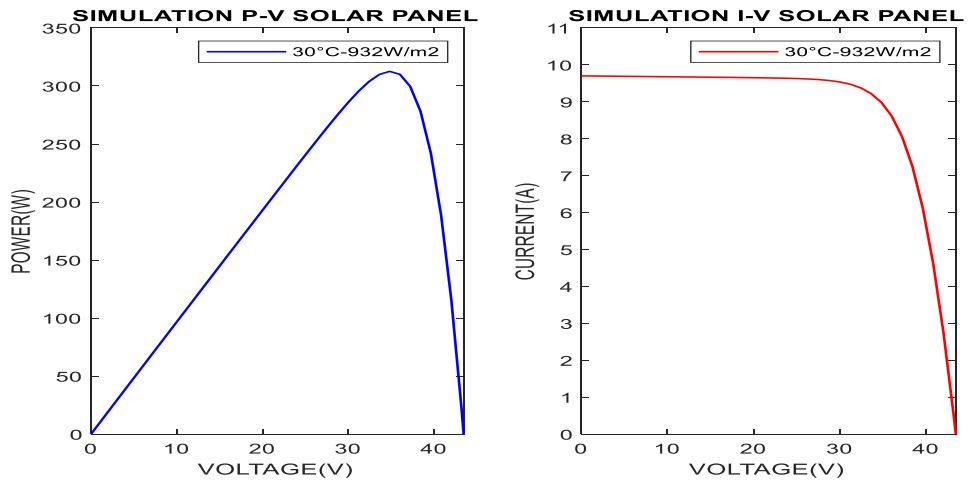


Fig. 96 Simulación de Panel con temperatura de 30°C y radiación de 932 W/m²

Fuente: Propia

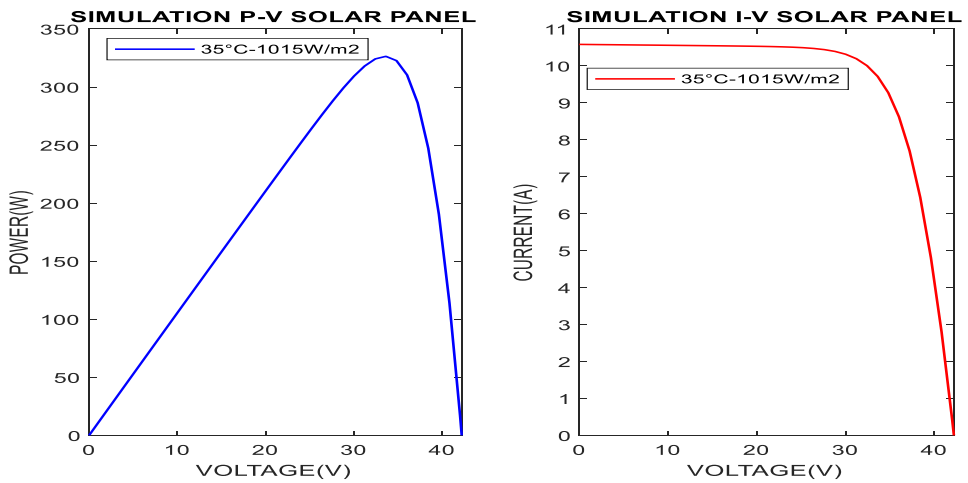


Fig. 97 Simulación de Panel con temperatura de 35°C y radiación de 1015 W/m²

Fuente: Propia

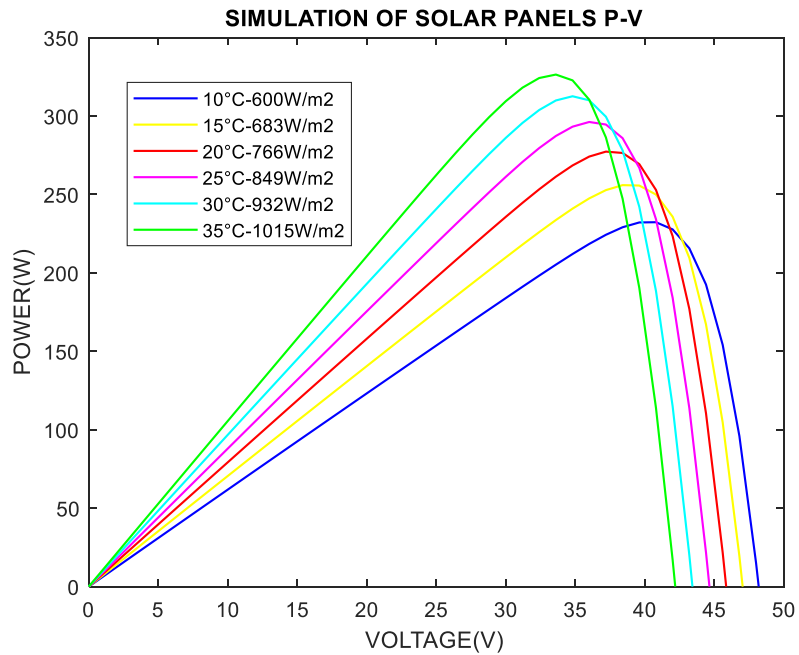


Fig. 98 Comportamiento P-V del panel EGE-400W con datos de mediciones

Fuente: Propia

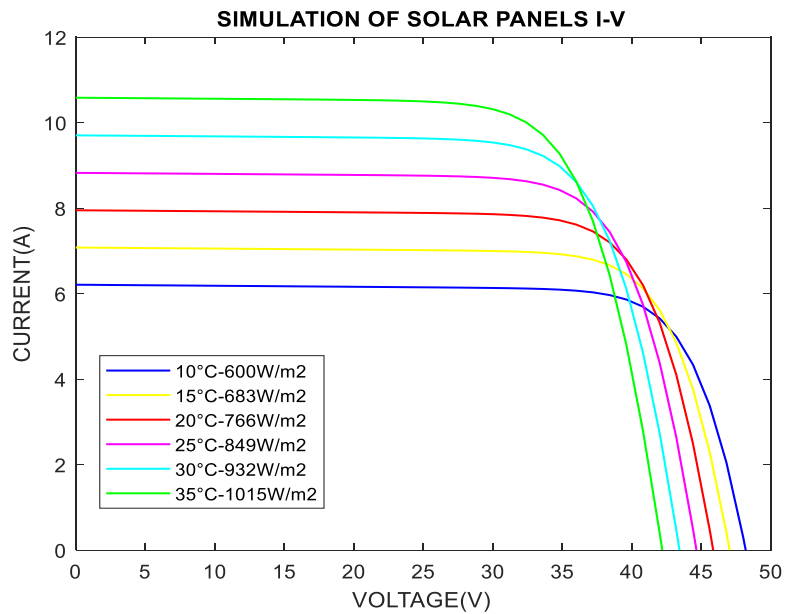


Fig. 99 Comportamiento I-V del panel EGE-400W con datos de mediciones

Fuente: Propia

Como se aprecia en las simulaciones para valores bajos de radiación la potencia del panel disminuye notablemente, sin embargo, dadas las condiciones climáticas de la Parroquia Guapán que se han podido medir, la producción de energía mediante un sistema fotovoltaico resulta adecuada ya que el mes más bajo de radiación presenta niveles de generación adecuados.

Considerando un panel solar modelo SPR-P3-500-UPP de 500W (ANEXO 6) de la empresa SUNPOWER, se realiza las simulaciones con los mismos parámetros de temperatura e irradiación medidos por la estación meteorológica.

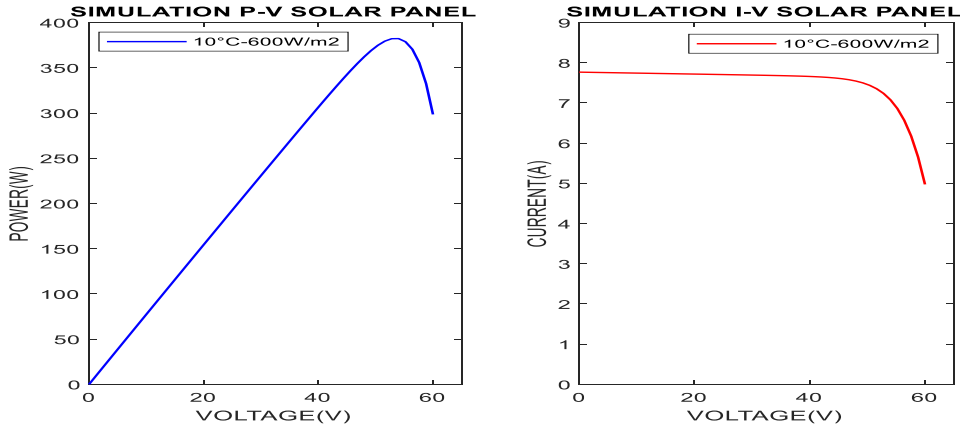


Fig. 100 Simulación de Panel con temperatura de 10°C y radiación de 600 W/m², del panel SPR-P3-500W

Fuente: Propia

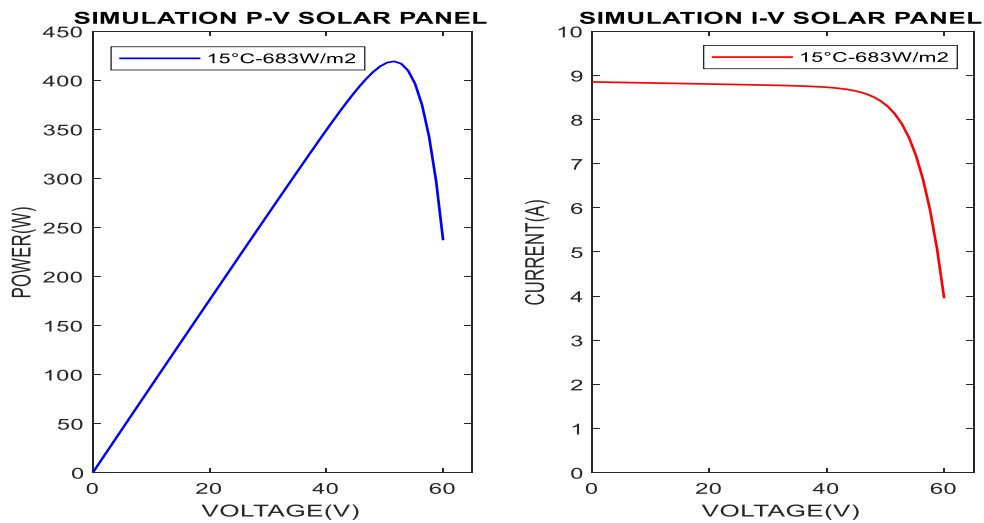


Fig. 101 Simulación de Panel con temperatura de 15°C y radiación de 683 W/m², del panel SPR-P3-500W

Fuente: Propia

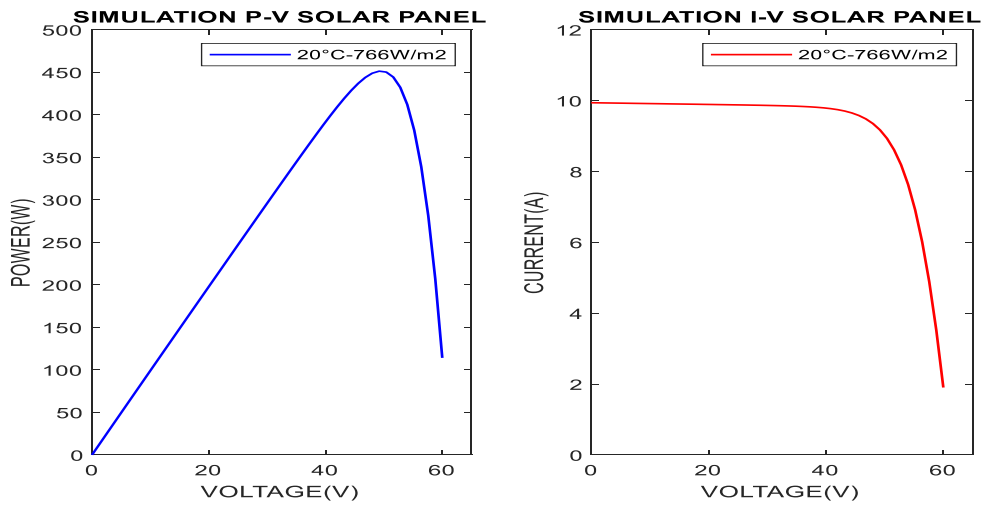


Fig. 102 Simulación de Panel con temperatura de 20°C y radiación de 766 W/m², del panel SPR-P3-500W

Fuente: Propia

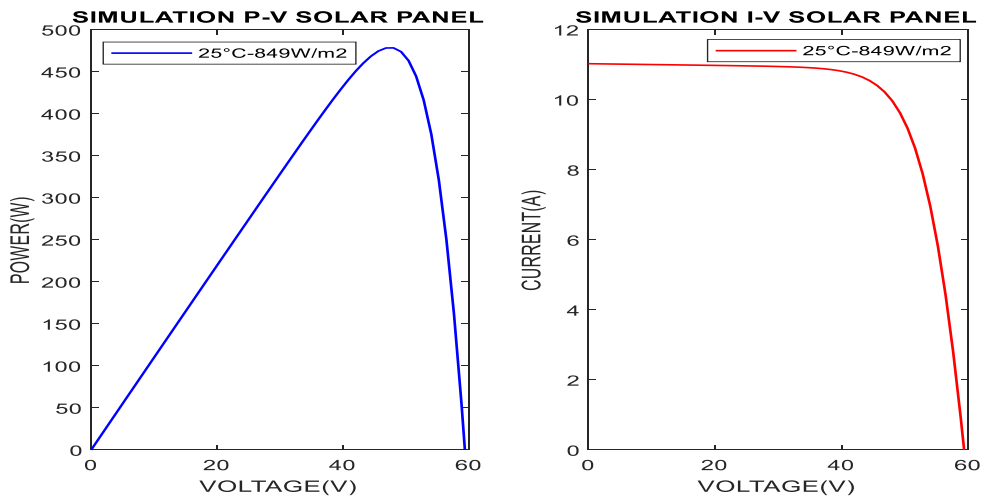


Fig. 103 Simulación de Panel con temperatura de 25°C y radiación de 849 W/m², del panel SPR-P3-500W

Fuente: Propia

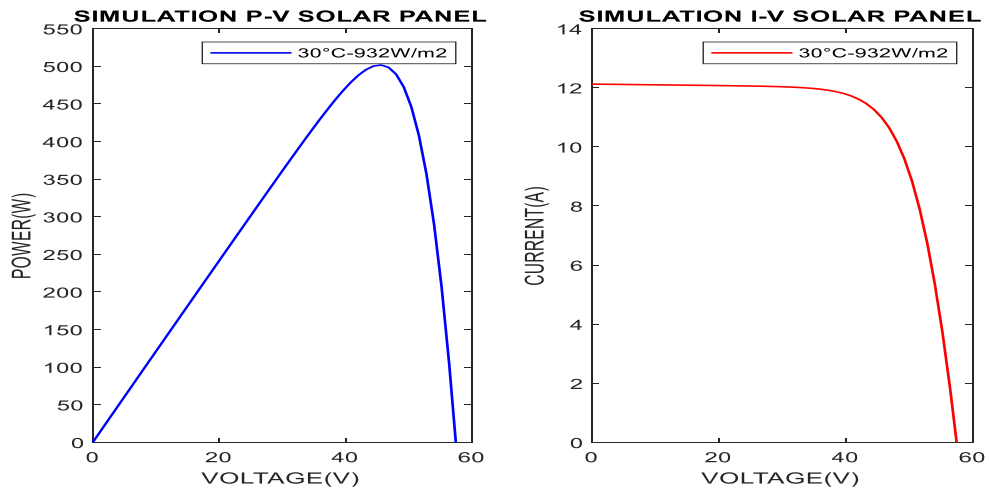


Fig. 104 Simulación de Panel con temperatura de 30°C y radiación de 932 W/m², del panel SPR-P3-500W

Fuente: Propia

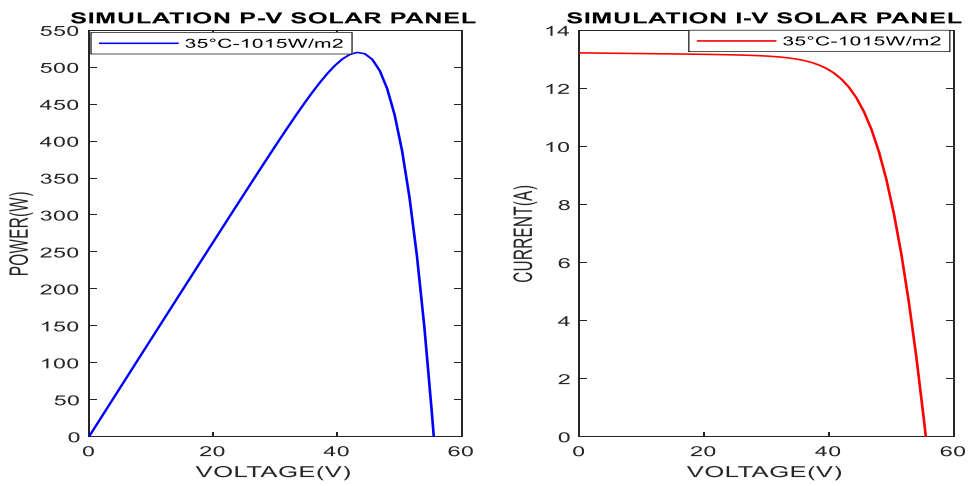


Fig. 105 Simulación de Panel con temperatura de 35°C y radiación de 1015 W/m², del panel SPR-P3-500W

Fuente: Propia

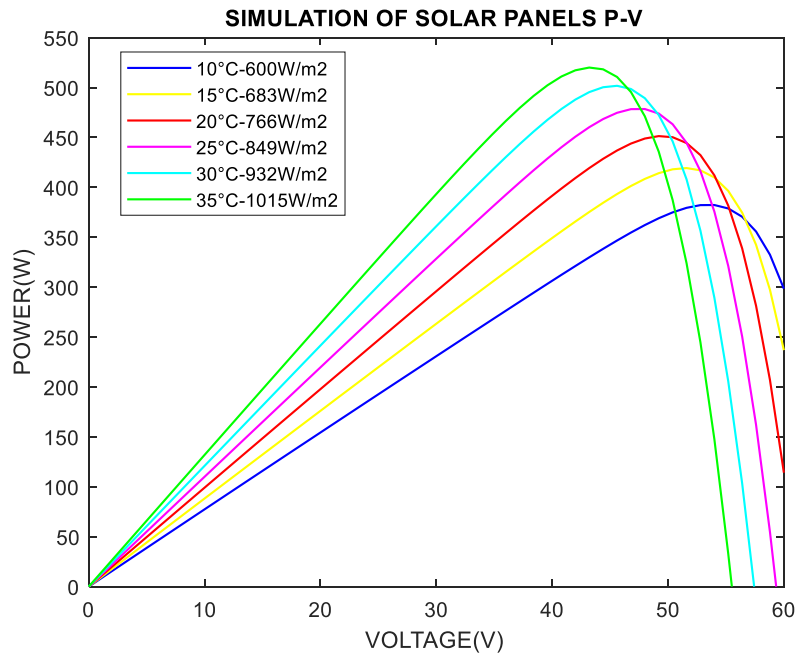


Fig. 106 Comportamiento P-V del panel SPR-P3-500W con datos de mediciones

Fuente: Propia

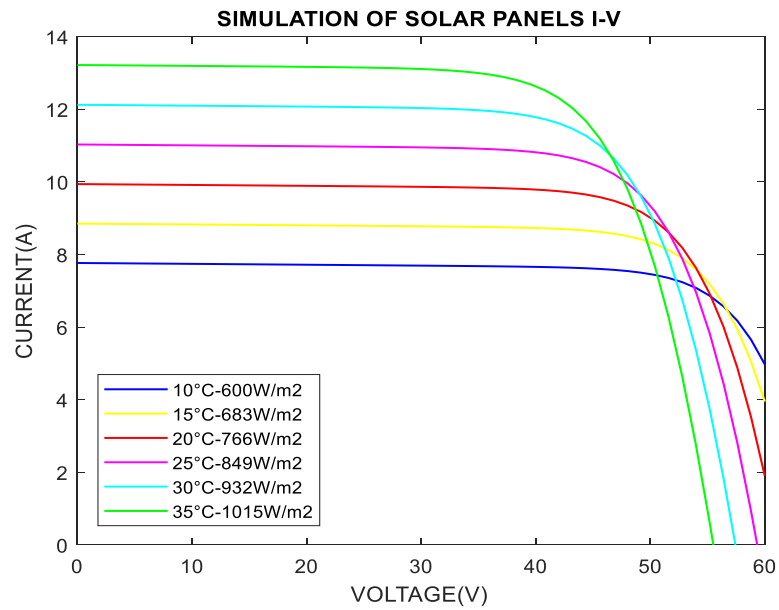


Fig. 107 Comportamiento I-V del panel SPR-P3-500W con datos de mediciones

Fuente: Propia

Como se puede apreciar en las simulaciones el panel solar SPR-P3 cuya puesta en el mercado bajo pedido se lanzó en junio del 2020 el cual presenta niveles óptimos de generación, ya que utiliza tecnología de punta, su alta eficiencia queda demostrada con la simulación empleando los valores de medición, si bien el utilizar este panel fotovoltaico puede encarecer el costo del sistema su alta eficiencia justifica la inversión.

Tomando los datos de referencia de temperatura media e irradiación se presenta la simulación del comportamiento de la batería.

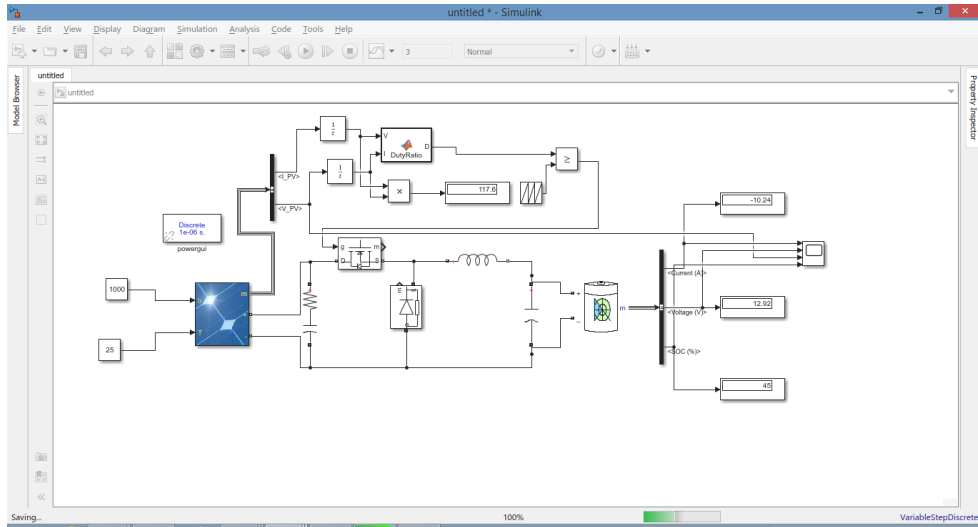


Fig. 108 Simulación Batería – Sistema

Fuente: Propia

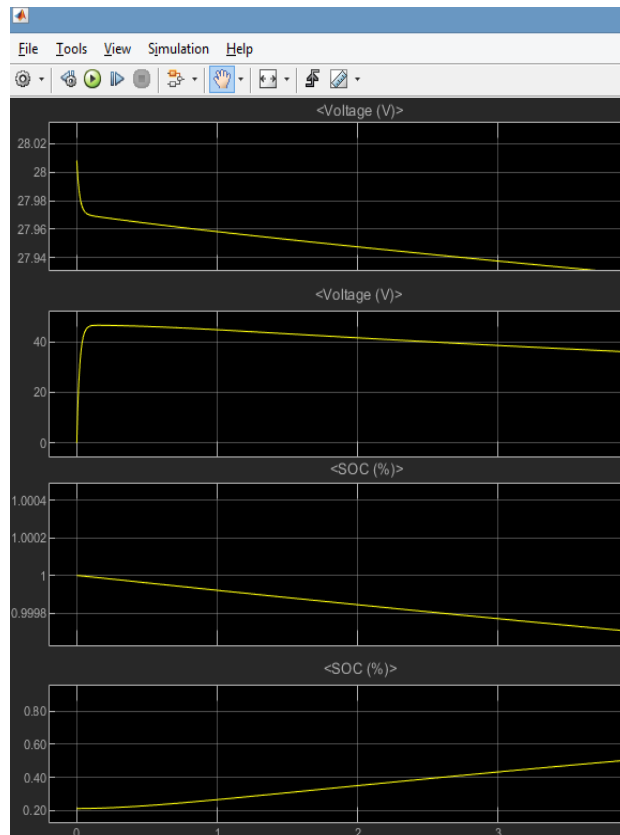


Fig. 109 Simulación comportamiento de Batería respecto a la Carga

Fuente: Propia

Se puede observar como la batería al estar cargada presenta sus valores máximos, una vez al iniciar la descarga el proceso es rápido debido a la corriente de descarga y nivel de la carga, la tasa de carga y descarga profunda reducen la vida útil de los sistemas de acumulación debido a la gran cantidad de energía que requiere un sistema de acumulación para electrolinera, este ciclo se vería más afectado, ya que los escenarios de carga de los vehículos eléctricos son variables.

Mediante la estación expuesta los Vehículos eléctricos podrán ser cargados mediante la energía almacenada por la estación fotovoltaica.

3.6 Estación de Carga DC

A continuación, en la Fig. 110 se da a conocer la estación de carga fotovoltaica DC la cual está diseñada sobre algunos parámetros: Su principal característica que la comprende es el sistema de generación mediante paneles fotovoltaicos, un sistema de almacenamiento de energía por bancos de baterías, un sistema de carga y descarga EV y su unidad central de control.

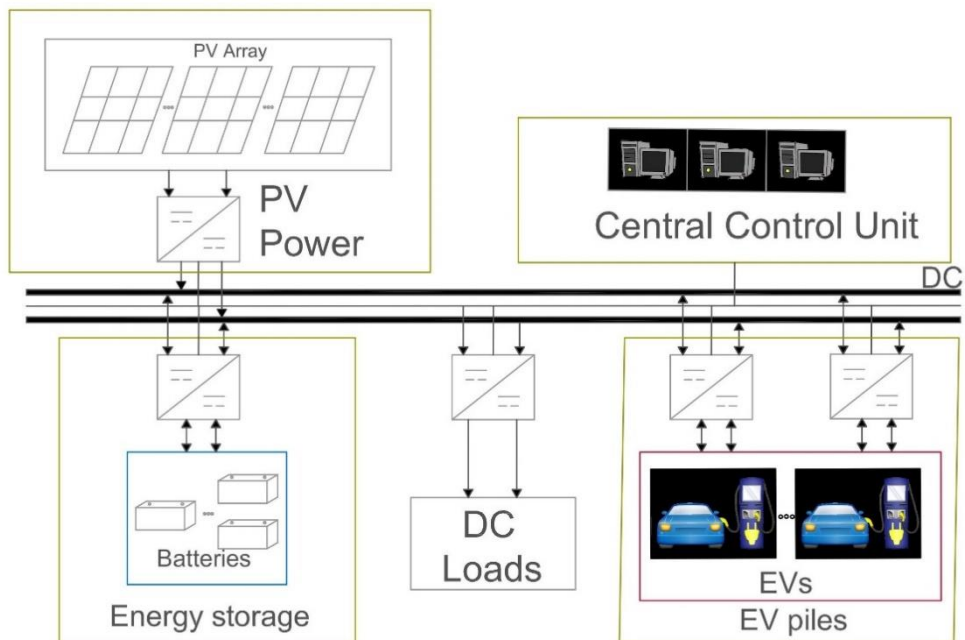


Fig. 110 Sistema de la estación de carga de vehículos eléctricos mediante la generación fotovoltaica con un sistema de almacenamiento.

Fuente: Propia

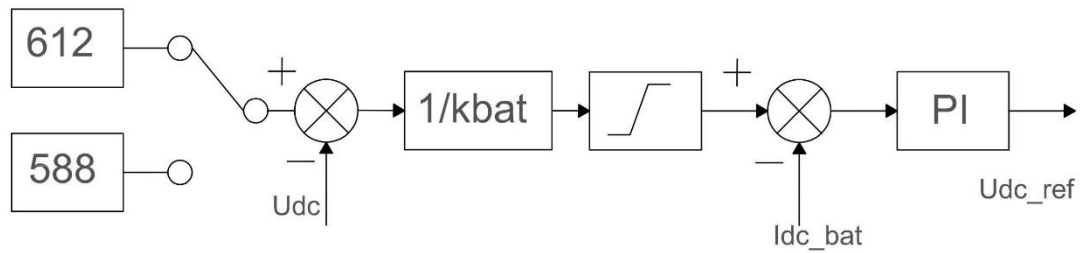


Fig. 111 Estructura de control DC/DC del sistema de almacenamiento de energía a la batería.

Fuente: Propia

En la Figura 111 se expone la estructura de control del sistema de almacenamiento de la batería, la cual tiene como principal función ser el controlador de nuestra batería para el soporte del voltaje DC.

Donde:

k_{bat} = control del coeficiente de caída

U_{dc_ref} = es la señal de control de voltaje,

c = constante de voltaje.

$$U_{bat} = E_0 - K \frac{Q}{Q - it} * it - K \frac{Q}{Q - it} * i^* + A * \exp(-B * it) - R_0 * i \quad (23)$$

Donde:

E_0 = Voltaje constante de la batería

K = voltaje de polarización (V)

Q = capacidad de la batería (Ah)

it = descarga real de la batería (Ah)

i = corriente de la batería (A)

A = amplitud de la zona exponencial (V)

B = constante de tiempo de la zona exponencial inversa (Ah)⁻¹

i^* = corriente de la batería después del filtro de pasa bajo

El voltaje de carga de la batería es:

$$U_{bat} = E_0 - K \frac{Q}{it + 0.1 * Q} * i^* - K \frac{Q}{Q - it} * it + A * \exp(-B * it) - R_0 * i \quad (24)$$

Luego, el modelo de batería de litio se puede establecer con el estado de carga de la batería (SOC) como una única variable de estado.

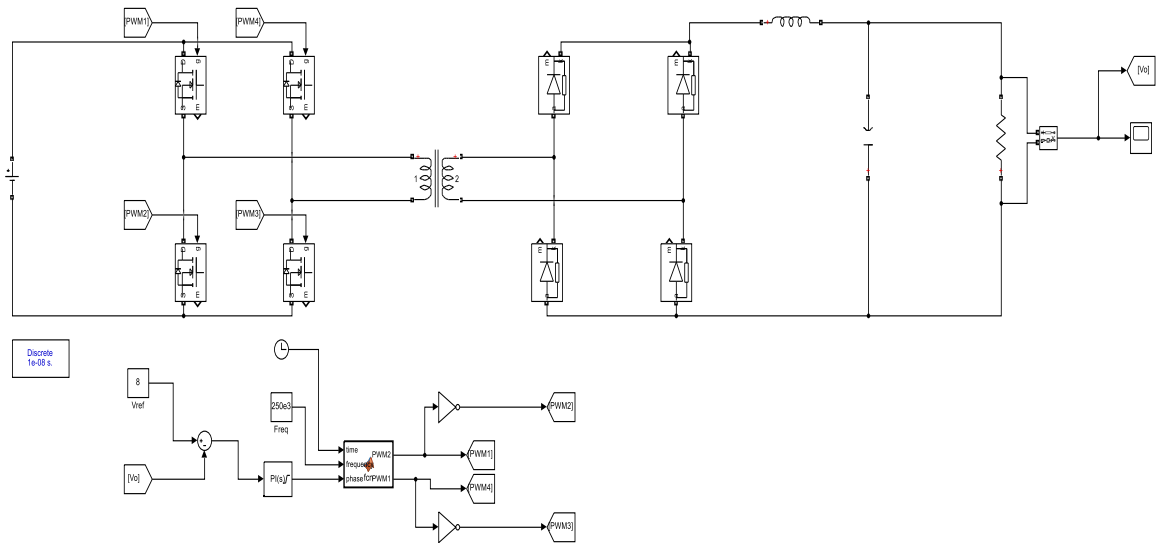


Fig. 112 Control DC/DC del sistema de almacenamiento de energía a la batería

Fuente: Propia

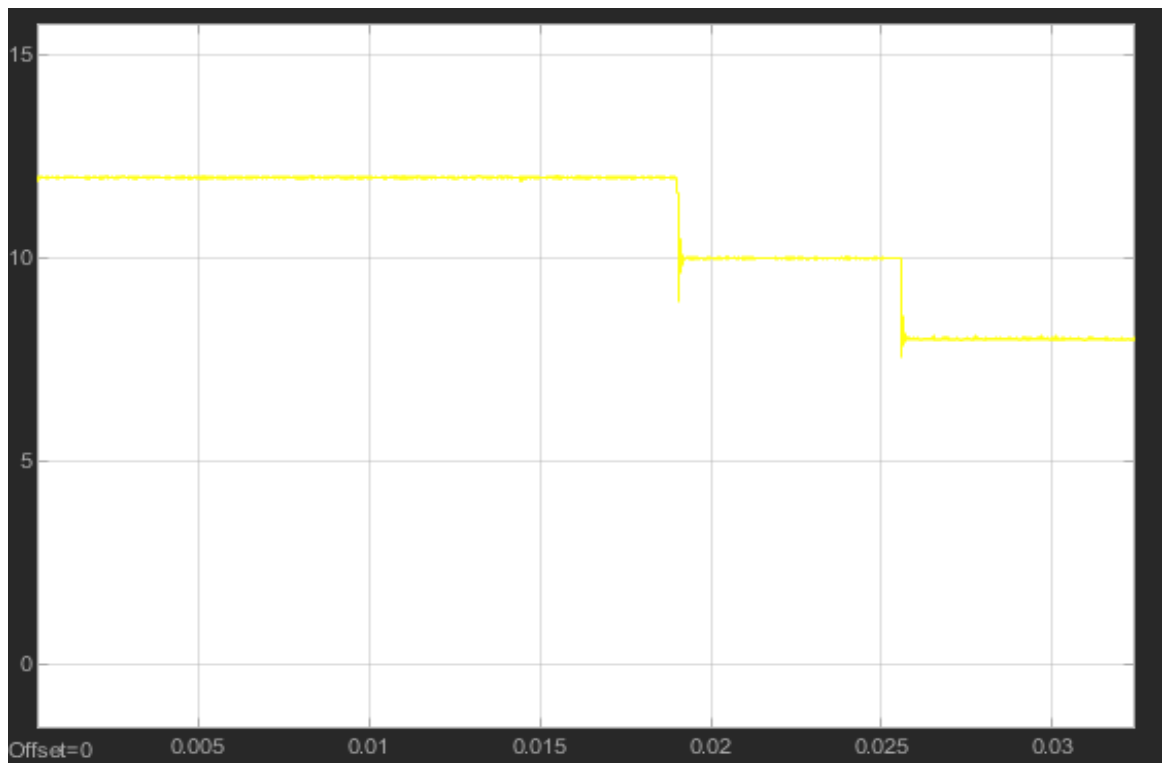


Fig. 113 Respuesta de voltajes de referencia.

Fuente: Propia

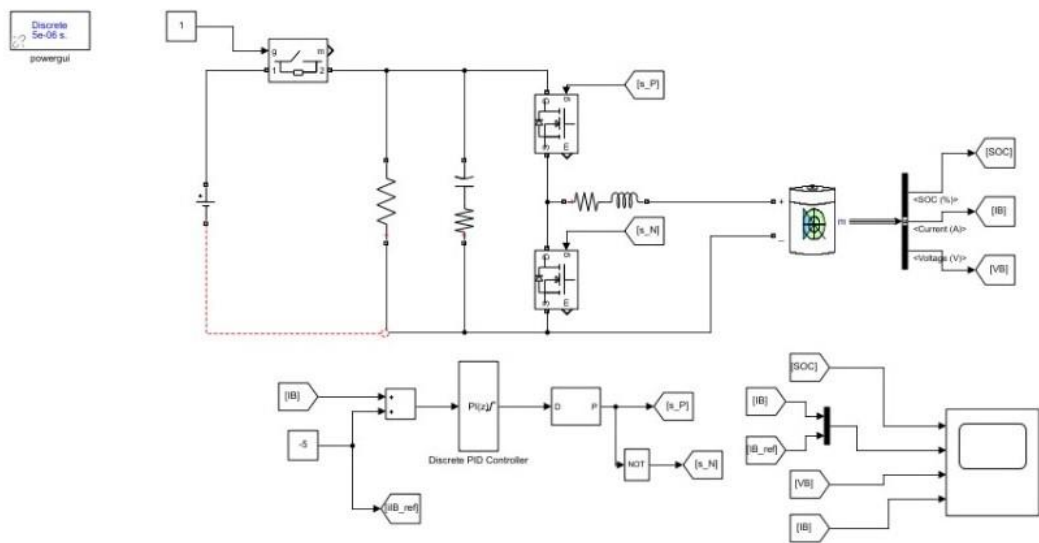


Fig. 114 Resumen esquemático de la estación de carga para EV con almacenamiento de energía fotovoltaica

Fuente: Propia

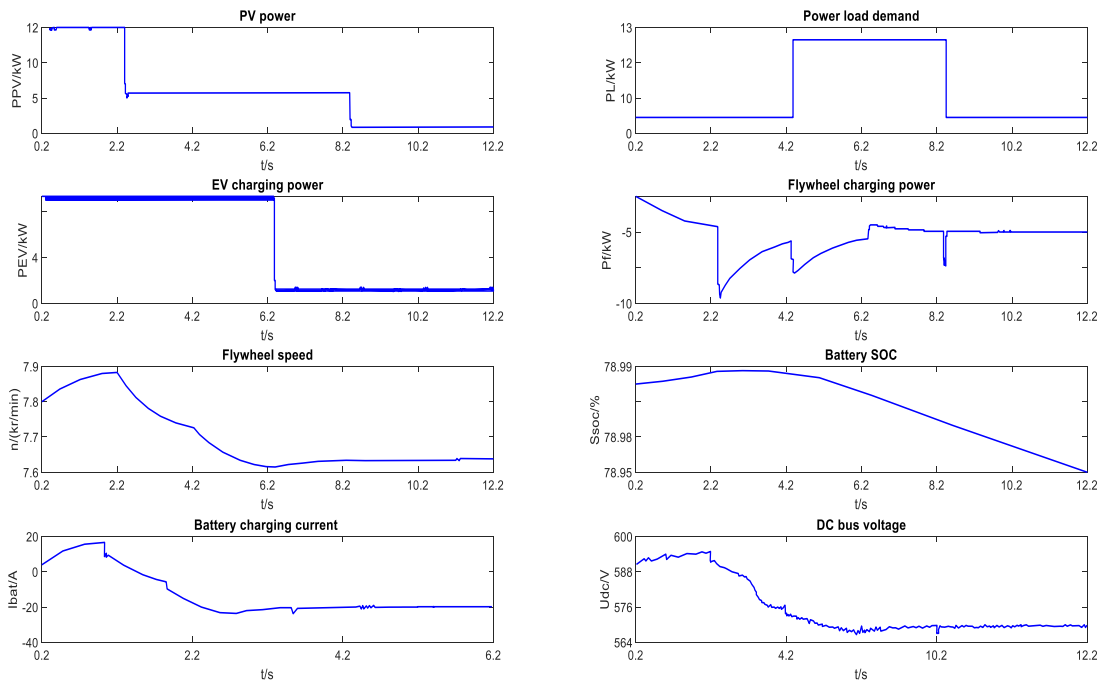


Fig. 115 Características de funcionamiento del sistema en general

Fuente: Propia

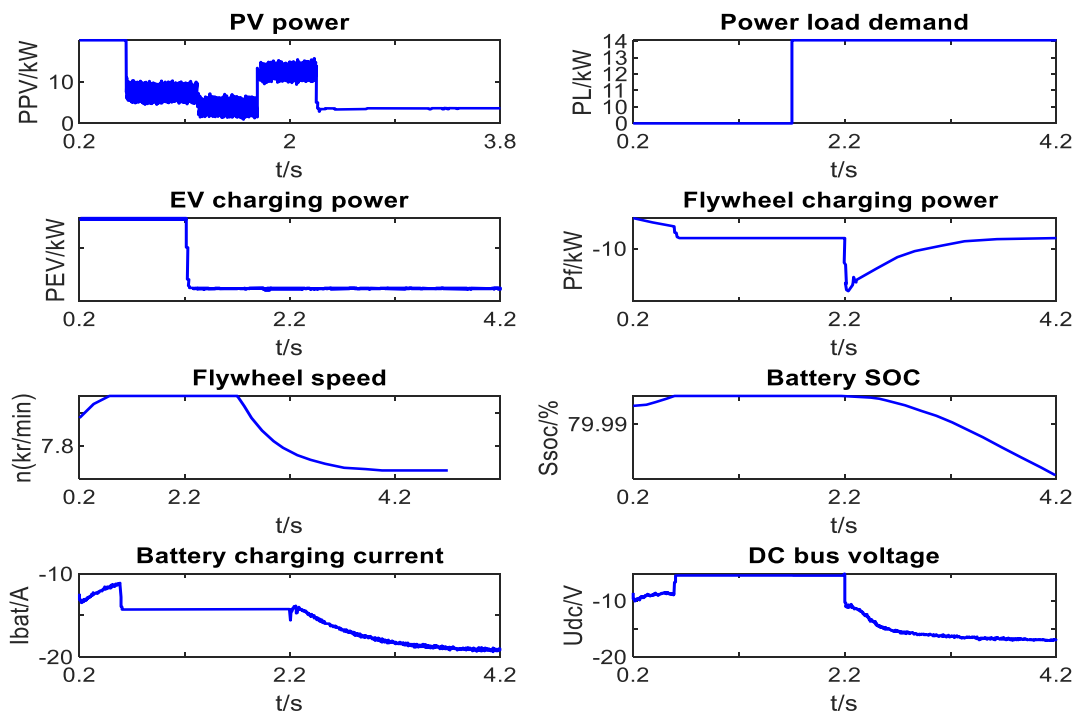


Fig. 116 Características del funcionamiento del sistema con almacenamiento de energía con la batería completamente cargada.

Fuente: Propia

3.7 Estación de carga, conexión a red.

3.7.1 Definición.

Son sistemas que se encuentran conectados a la red, generando ventajas satisfactorias, por lo que, en esta sección se presentara una alternativa a futuro para nuestro proyecto, considerando que nuestro estación será alimentada mediante un sistema fotovoltaico, pero es importante también contar con una conexión a red, ya que permitimos inyectar energía eléctrica en el caso que nuestro sistema fotovoltaico se limiten a hacerlo y viceversa cuando el sistema fotovoltaico genere una energía elevada en donde se pueda inyectar energía a la red eléctrica, además daremos a conocer varios sistemas para así reducir el alto costo de operación de las estaciones de carga de los vehículos eléctricos, en donde se diseña diferentes sistemas para así controlar y designar a nuestro vehículo eléctrico el tipo de cargador y urgencia que este tenga para cargar (Wu, Ravey, Chrenko, & Miraoui, 2019).

Los componentes que conforman un sistema ON-GRID son: sistema fotovoltaico, el cual está conformado por varios módulos fotovoltaicos todo esto dependerá de la potencia requerida, el inversor, quien cumple la principal función de adecuar la energía obtenida por el sistema fotovoltaico (González G, Jiménez G, & Lagunas M, 2003).

Cabe mencionar que estos sistemas se presentan en países industrializados, pero es importante conocer las ventajas que estos nos entregan, entre los más importantes tenemos:

- Alivio térmico a los equipos que conforman el sistema de distribución.
- Reducción de pérdidas en transmisión y distribución.
- Suavización de picos en el alimentador.
- Compensación de potencia reactiva en los alimentadores.

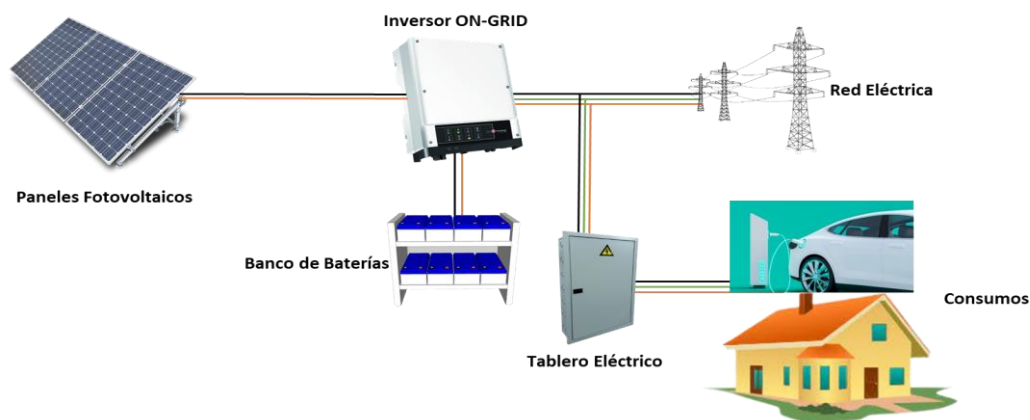


Fig. 117 Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.

Fuente: Propia

3.7.2 Marco del Sistema.

3.7.2.1 Sistema de gestión de energía.

Uno de los principales problemas al recargar un vehículo eléctrico (EV) mediante la red (AC) es el costo de la electricidad, por lo que se ha propuesto un sistema de programación dinámica aproximada (ADP) para las estaciones de carga con múltiples tipos de cargadores (EVCS-MTC), en la Figura 118 podemos observar su diseño. Por otra parte, al haber diseñado un método de guía el cual está basado en lógica difusa, quien designara al vehículo eléctrico a su punto de carga dependiendo su tiempo y nivel de urgencia, al continuar su proceso es decir al haberse conectado el cargador correctamente, el EV se configurará para el proceso de carga empezando por la hora de inicio el cual lo designara el sistema de gestión de energía (EMS) y así obtener una carga satisfactoria (Wu, Ravey, Chrenko, & Miraoui, 2019).

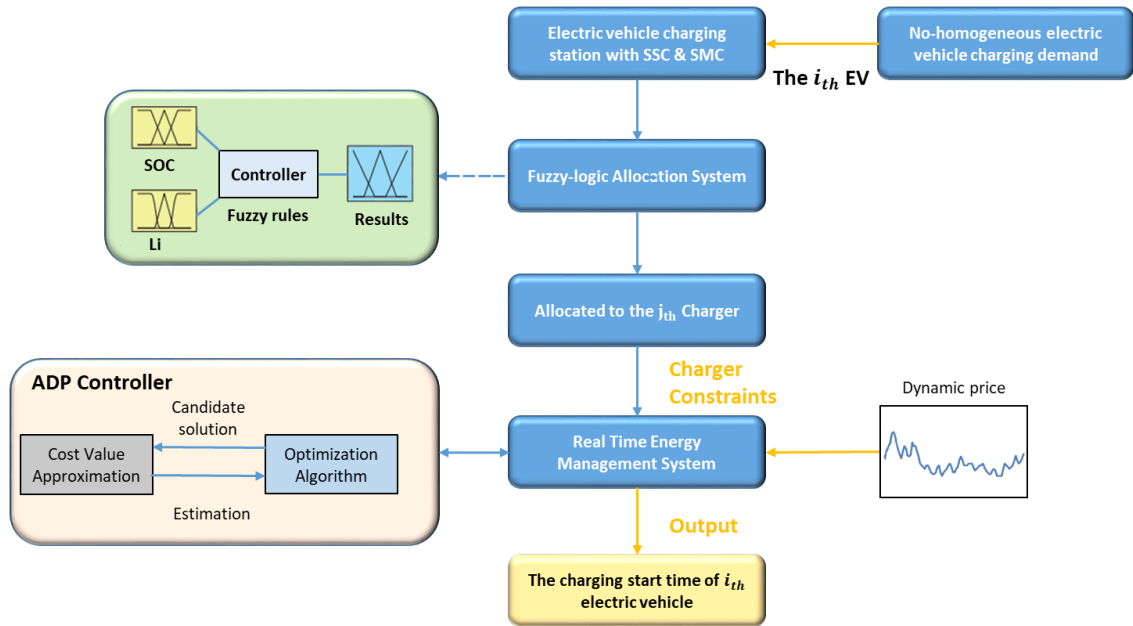


Fig. 118 Sistema de control propuesto para la estación de carga para vehículos eléctricos

Fuente: Propia

3.7.2.2 Sistema basado en lógica difusa.

Como bien se conoce una electrolinera dispone de diferentes puntos de carga, en donde se encuentran variedad de vehículos eléctricos con intervalos de tiempo y demanda de carga. A continuación, presentaremos el diseño que está construido principalmente por la tecnología de seguimiento por lógica difusa, quien está encargado de ordenar, decidir el tipo y tiempo de carga más apropiado para el vehículo eléctrico. Como primer punto, los autores plantean un índice de laxitud L_i para conocer las demanda de cada vehículo eléctrico (Wu, Ravey, Chrenko, & Miraoui, 2019).

$$L_i = \frac{t_i^{pk} - \Delta x_i}{\Delta x_i}, t_i^{pk} = t_i^{dp} - t_i^{ar} \quad (25)$$

Donde:

t_i^{pk} = es el tiempo de estacionamiento de EV_i

t_i^{dp} = es la hora de salida

t_i^{ar} = es la hora de llegada EV_i

L_i = indice de laxitud

El valor que puede tomar L_i representa la flexibilidad del EV_i

Los diferentes valores que se presentan en, L_i , SOC y *el índice de prioridad de carga*, se puede observar en la Figura 119, en donde cada valor de pertenencia se encuentran en 3 grupos (bajo, medio y alto), en la Tabla 7, se presenta las normas difusas . Mediante la construcción del controlador de lógico difuso se determinará la velocidad de carga de los diferentes cargadores de manera cuantitativa mediante las siguientes ecuaciones.

Tabla 7 Reglas difusas de prioridad de carga

L	SOC	Prioridad de carga
L	L,M,H	H
M	L,M,H	M
H	L,M	M
H	H	L

Fuente: Propia

$$S_j^v = \frac{1 + e^{-M_j}}{N_j^{cb}} \quad (26)$$

$$M_j = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta x_i}{t_i^{pk}} \quad (27)$$

Donde:

S_j^v = es el índice de velocidad de carga del cargador j

N_j^{cb} = es el número de cable del cargador j_{th}

M_j = índice de la demanda para representar la cantidad de demanda de la carga actual.

El Índice definido S_j^v menciona, que cualquier tipo de cargador para la recarga de vehículos eléctricos con menor cantidad de cables y demanda de carga, generar un valor elevado de S_j^v .

Los diferentes cargadores que se encuentren disponibles, podrán ser clasificados mediante el índice S_j^v , creando un conjunto donde se presenta en la siguiente ecuación.

$$\Omega_{ch} = \{carga[1], \dots, carga[n_t^c]\} \quad (28)$$

Los vehículos eléctricos que van llegando, serán asignados a los diferentes puntos de carga.

$$N_i^{ev} = [\rho_i * n_i^c] \quad (29)$$

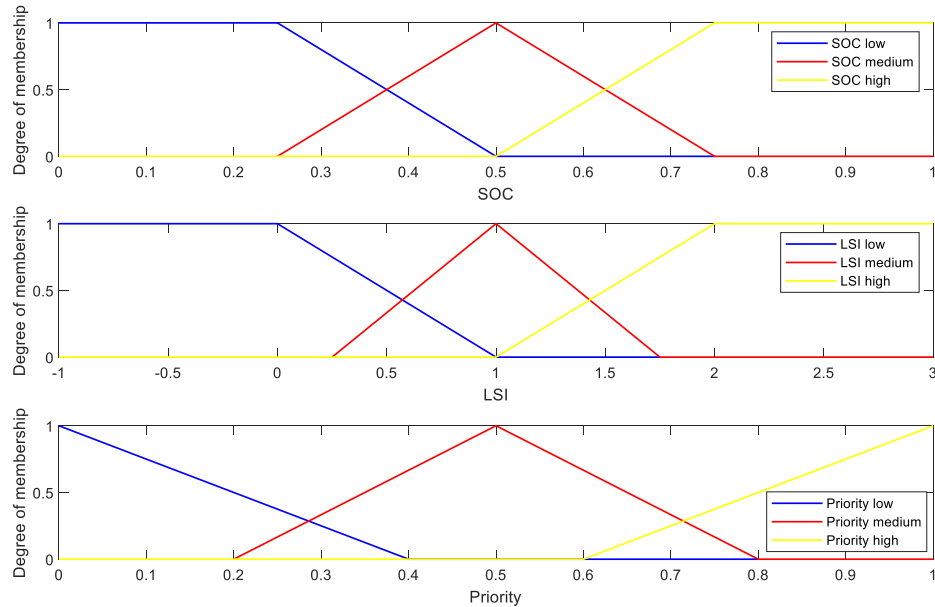


Fig. 119 Funciones de pertenencia del controlador de lógica difusa

Fuente: Propia

A continuación, en el Algoritmo 1 presentamos el proceso de asignación de lógica difusa.

Algoritmo 1 Proceso de asignación de lógica difusa.

Primer paso. Detección de la llegada de vehículos eléctricos.

- Recopilación de los datos al detectar una presencia de un nuevo vehículo eléctrico registrar su estado de carga SOC, desarrollo del cálculo mediante la ecuación (25) del índice de laxitud.

Segundo paso. Generar y almacenar el índice de prioridad de los vehículos eléctricos presentes.

- Ingresar el valor de laxitud y el estado actual de la batería del vehículo eléctrico en el controlador de lógica difusa.
- Generar el valor del índice de prioridad ρ_i del vehículo eléctrico con el controlador de lógica difusa.

Tercer paso. Recopilar información de los diferentes cargadores que se encuentran disponibles con cables activos.

- Clasificar los cargadores mediante el índice de velocidad desde el más pequeños hasta el más grande, según las ecuaciones (26-28), constituyendo el conjunto Ω_{ch} de cantidad n_t^c .

Cuarto paso. Despachar el vehículo eléctrico a su cargador correspondiente, es decir el vehículo eléctrico será asignado a $[\rho_i * n_t^c]_{th}$ cargador (Wu, Ravey, Chrenko, & Miraoui, 2019).

3.7.3 Estrategia para una carga óptima.

Se desarrolla un esquema de carga Myopic, de manera que se pueda lograr una carga económica eficientemente basándonos desde la información de cada vehículo eléctrico entregado. Para evitar limitaciones en nuestro sistema, como problemas con el tiempo de los cargadores compartidos (SMC) por lo tanto se diseña un esquema de carga el cual se basa en programación dinámica aproximada (ADP).

3.7.3.1 Esquema de carga Myopic

Al desarrollar este esquema de carga Myopic, se desarrolla una estrategia de cobro basada en toda la información que nos presenta cada uno de los vehículos eléctricos presentes. Por lo que este esquema cumplirá una función importante, dar inicio a la carga optima del vehículo eléctrico cuando se presente intervalos con precios bajos de la electricidad referente a nuestra programación.

Cabe mencionar, que todos los vehículos eléctricos son controlados para que su proceso de carga sea de acuerdo a los intervalos de los precios más bajos que se pueda presentar en la electricidad siempre y cuando se base en sus restricciones (31-33). en la ecuación (30) se desarrolla un problema de reducción para un centro de carga.

$$\min C_j(x_i) = \sum_i^{n_j} \sum_{t=x_i}^{x_i+\Delta x_i} P^{ev} * a_t * \Delta t \quad (30)$$

$$s. t. x_i \geq t_i^{ar}, \forall i = 1 \dots n_j \quad (31)$$

$$x_i + \Delta x_i \leq t_i^{dp}, \forall i = 1 \dots n_j \quad (32)$$

$$x_i + \Delta x_i \leq x_{i+1}, \forall i = 1 \dots n_j - 1 \quad (33)$$

Donde:

$C_j(x_i)$ = es la funcion de costo del cargador j durante el horizonte de programación.

x_i = hora de inicio de carga del EV_i .

n_j = numero actual de EV que necesita ser cargado en el cargador j .

t_i^{ar} = hora de llegada del EV $_i$.

t_i^{dp} = hora de salida del EV $_i$.

La fórmula presentada en la ecuación (31) nos indica, que el tiempo de inicio de la carga debe ser posterior al tiempo de llegada del vehículo eléctrico, y en la ecuación (33) nos indica que el proceso de carga de los vehículos eléctricos debe ser continuo y que solamente se cargara un vehículo eléctrico al mismo tiempo.

Los autores del sistema mencionan que el problema de reducción o minimización, se muestra en la ecuación (30) es un especial problema no lineal $k * C_j(x_i) \neq C_j(k * x_i), k \in R^+$, por lo que se desarrolla un algoritmo de evolución híbrido ver Figura 120.

En cuanto al problema del conflicto del tiempo de recarga de los puntos de cargas compartidos, el problema (30) primeramente se analiza su posibilidad con respecto a sus restricciones (31-33) en el diagrama presente en la Figura 120.

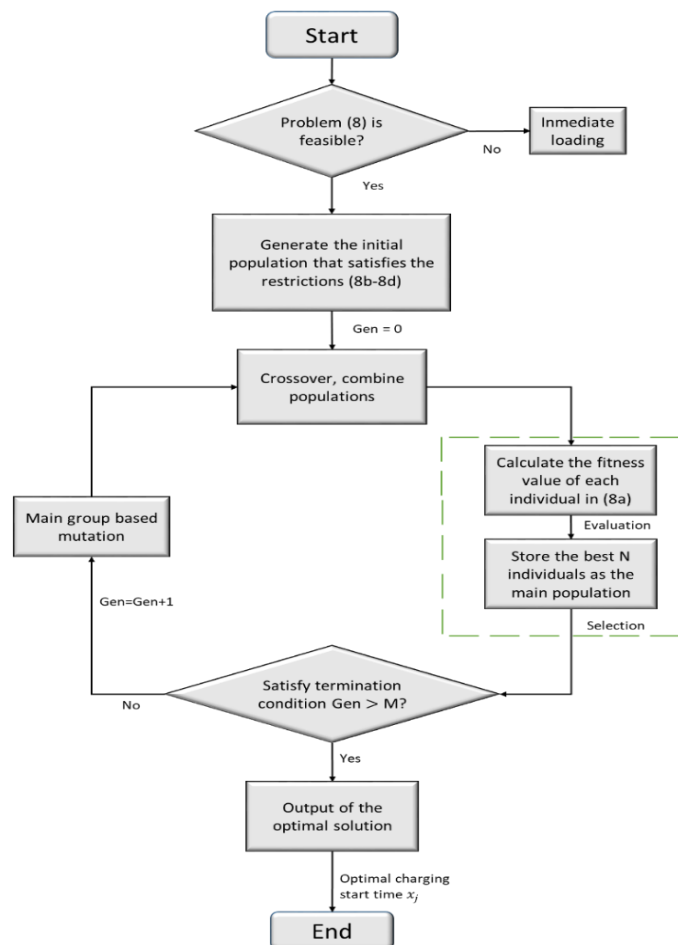


Fig. 120 Algoritmo 2, proceso de evolución híbrida

Fuente: Propia

3.7.3.2 Programación dinámica aproximada.

Al presentar la estrategia del esquema de Myopic, solamente estenos presenta la información de los vehículos eléctricos actuales , mas no una información global optima, por lo que en esta sección se presenta un marco de programación dinámica aproximada (ADP), el cual se fusiona con el algoritmo EA para así resolver los problemas por carga optima de los vehículos eléctricos, por lo que se presenta la siguiente ecuación de optimización de Bellman, para los problemas de optimización de la carga de los vehículos eléctricos (Wu, Ravey, Chrenko, & Miraoui, 2019).

$$V(S_t) = \min \left[C(S_t, x) + \gamma \sum_s P(s'|S_t, x) * V_{t+1}(s') \right] \quad (34)$$

Donde:

$S_t =$ estado actual del cargador

$V_t =$ funcion del valor de estado

S_t y $\gamma =$ factor de descuento

$C(S_t, x_t) =$ recompensa de la acción

$x_t =$ ejecutado en estado S_t

$P(s'|S_t, x_t) =$ matriz de probabilidad de transición

$s' =$ siguiente estado posible despues de ejecutar la acción

Al desarrollar la ecuación (34) podemos calcular la solución óptima, pero por lo general hallar una solución exacta es computacionalmente complejo por la razón de que existen grandes espacios de estado y acción. La programación dinámica aproximada (ADP) nos entrega una solución alternativa computacional en DP reemplazando la función del valor exacto con una similitud de tipo de forma. Aplicamos la siguiente ecuación (35) para calcular la política optima de la programación dinámica aproximada (ADP).

$$X_t^* = \operatorname{argmin}[C(S_t, x) + \gamma V(S_t, x)] \quad (35)$$

Donde:

$C(S_t, x) =$ función de costo

$\gamma V(S_t, x) =$ función de coste aproximada de la demanda futura

En la siguiente Figura 121 se presenta el marco de la estrategia ADP, ya que se lo conoce con un ciclo de programación en donde interviene el valor del costo y su proceso de optimización.

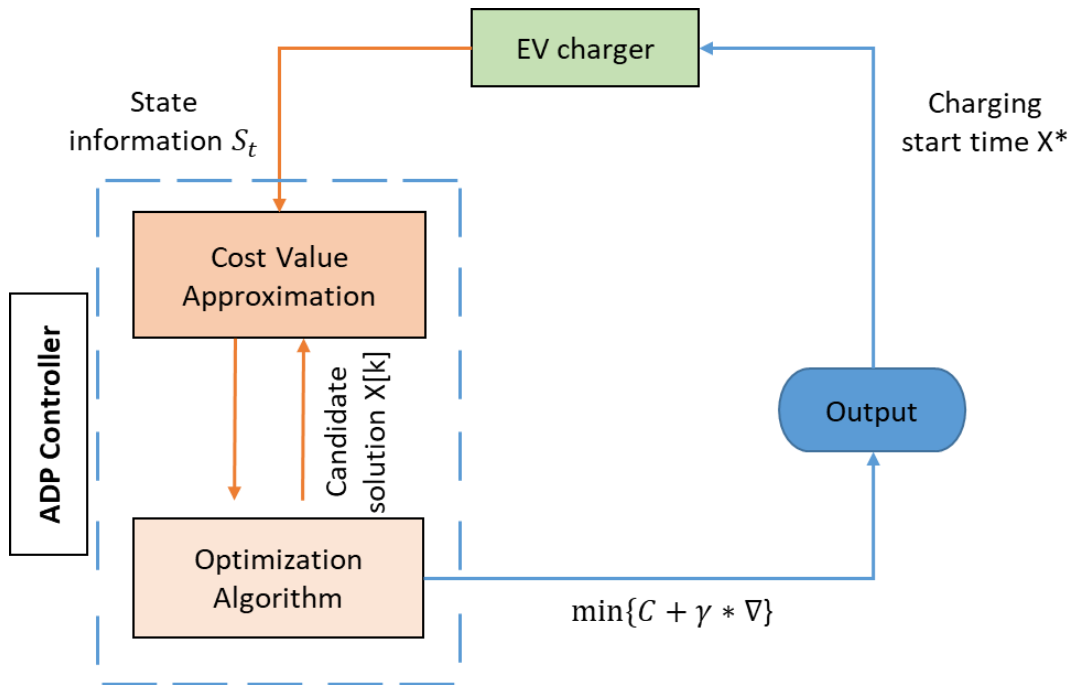


Fig. 121 Marco ADP propuesto para el sistema de carga EV

Fuente: Propia

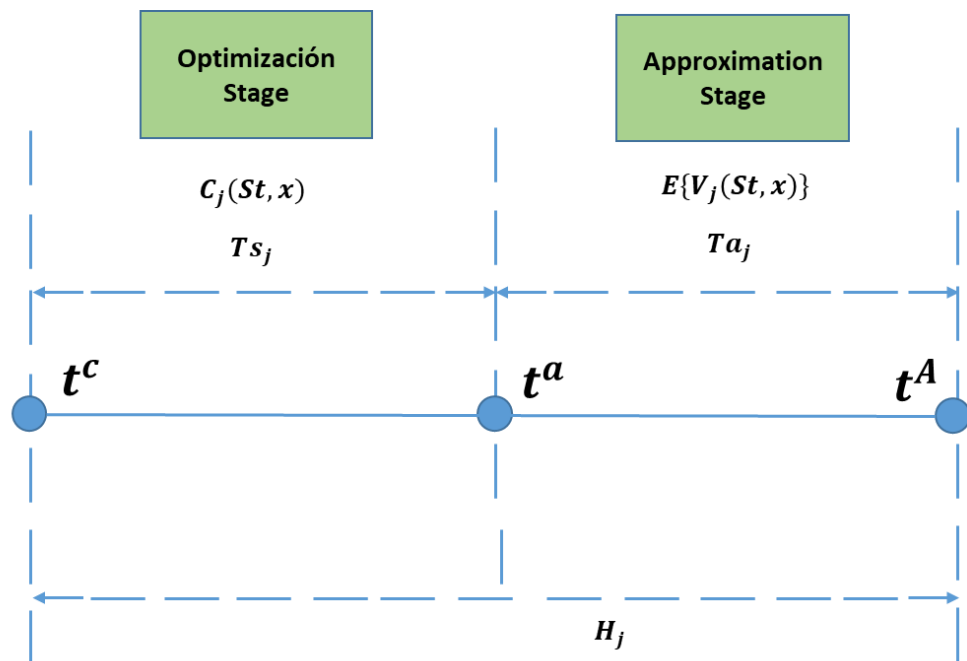


Fig. 122 Proceso del sistema ADP de un cargador EV

Fuente: Propia

En la siguiente figura se presenta el diagrama de flujo de carga de aproximación dinámica aproximada (ADP), y su código se presenta de manera breve en el algoritmo 3.

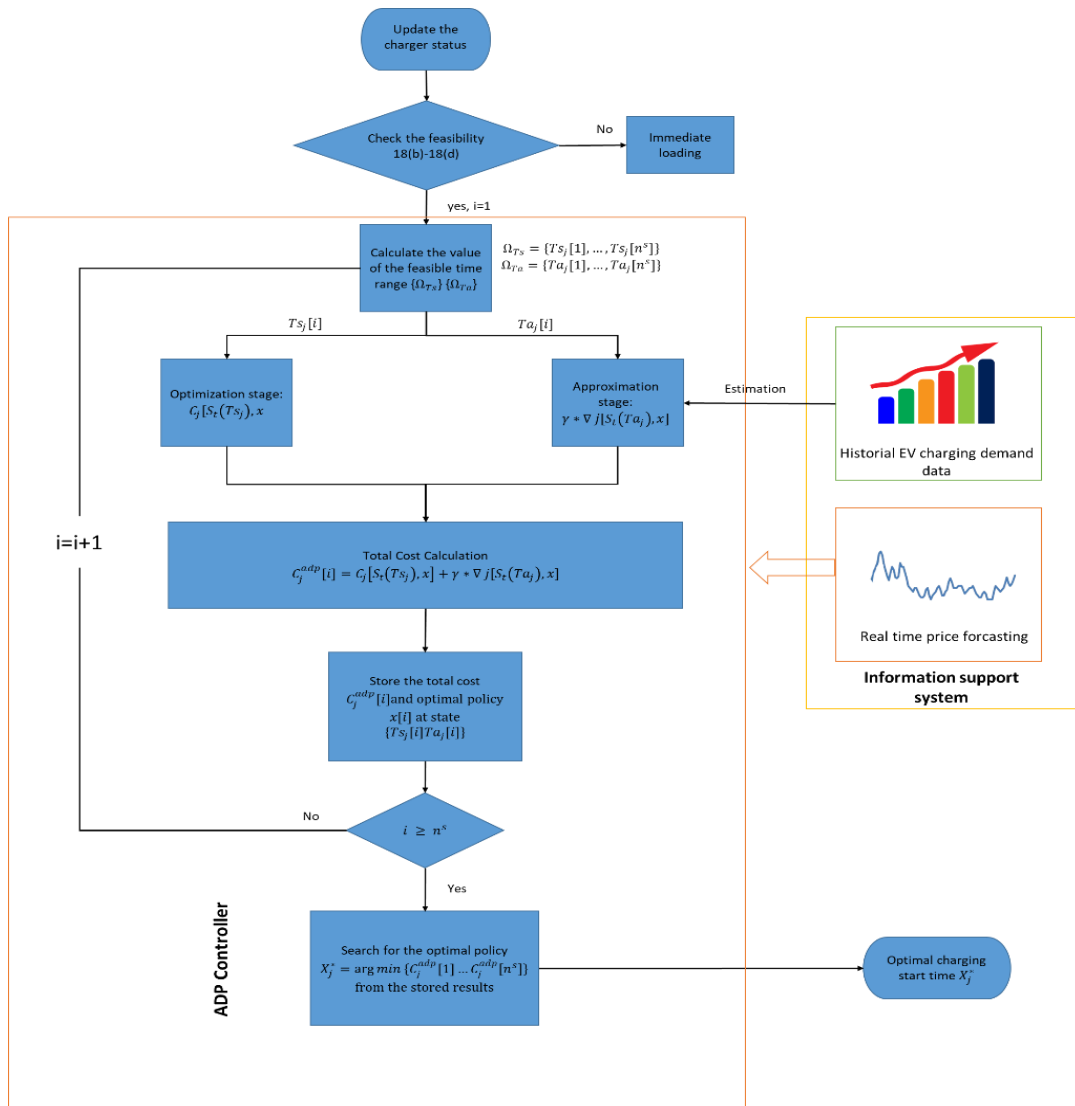


Fig. 123 Diagrama de flujo, esquema de cobro ADP

Fuente: Propia

Algoritmo 3

Primer paso. Asignación de lógica difusa al detectar la presencia de nuevos vehículos eléctricos.

1. Conocer las prioridades de carga de los vehículos eléctricos presentes.
2. Dependiendo del índice de velocidad clasificar los distintos puntos de carga.
3. Decidir y asignar al vehículo eléctrico al punto de carga.

Segundo paso. Inicialización de ADP

1. Actualización de los estados de cada cargador.
2. Recolección de las predicciones de los precios dinámicos de la electricidad.

Tercer paso. Optimización y aproximación de ADP

1. Calculo del rango de tiempo factible de la etapa de optimización: $Ts(\Omega_{Ts} = \{Ts, \dots, Ts[[k], \dots, Ts[n^s]]\})$, calcular el conjunto del estado del cargador $j: S_t(Ts) = \{S_t(Ts), \dots, S_t(Ts[k], \dots, S_t(Ts[n^s]))\}$
2. Para cada estado $S_t(Ts[k])$ hacer:
3. (Etapa de optimización) Algoritmo 2. Calculo del precio mínimo $C_j(S_t, x)$
4. (Etapa de aproximación) Calculo del costo aproximado futuro $V[S_t, x']$
5. Calculo del costo total $C_j^{adp}[k]$
6. Almacenar el costo total $C_j^{adp}[k]$ y la poliza $x_j[k]$ en el estado $S_t(Ts[k])$
7. $k = k + 1$. Si $k > n^s$, end for

Cuarto paso. Evaluar y ejecutar políticas.

1. Buscar una póliza optima $x_j^* = \arg \min \{C_j^{adp}, \dots, C_j^{adp}[k] \dots C_j^{adp}[n^s]\}$
2. Ejecutar la política x_j^* y actualización del estado del cargador j y de los vehículos eléctricos.
3. Establecer $t_c = t_c + 1$ vaya al paso 1.

3.7.3.3 Esquemas de cobro de referencia.

Los autores deciden aplicar como referencia un esquema de cobro inmediato no coordinado (UNC) ya que es un parámetro que es aplicable en las estaciones de carga para vehículos eléctricos. En donde los usuarios eligen el punto de carga para recargar el vehículo eléctrico, en donde el sistema decide si el cargador está o no disponible y si lo está da inicio a su recarga (Wu, Ravey, Chrenko, & Miraoui, 2019).

3.7.4 Estudio de caso.

3.7.4.1 Descripción general del caso y configuración de parámetros.

Las simulaciones que se dará a conocer en esta sección será desarrolladas en tiempo real, cabe mencionar que se desconoce el número de vehículos que llegan a la estación de carga por lo que se decide basarnos en los estacionamientos residenciales y estacionamientos oficiales ya que por lo general expresan una distribución variable en el tiempo, por ejemplo en

los estacionamientos residenciales una alta demanda se genera en horas de la noche y de igual manera salidas en la mañana de los mismos.

Para el presente caso, el flujo de tráfico se lo maneja de una mejor manera con la distribución de Poisson ya que se lo puede modelar mediante procesos basándose en diferentes encuestas realizadas.

Cabe recalcar que, en nuestra localidad, aun no se presenta situaciones como la que estamos tratando en esta sección, por lo que nos basamos en el diseño de estos los autores. El precio de la electricidad será utilizado como nuestra señal de precios, ya que se ha optado por aplicar el método de pronóstico ARMA de tal manera obtener las predicciones de los precios de electricidad en la siguiente Figura 124 se presenta lo mencionado anteriormente.

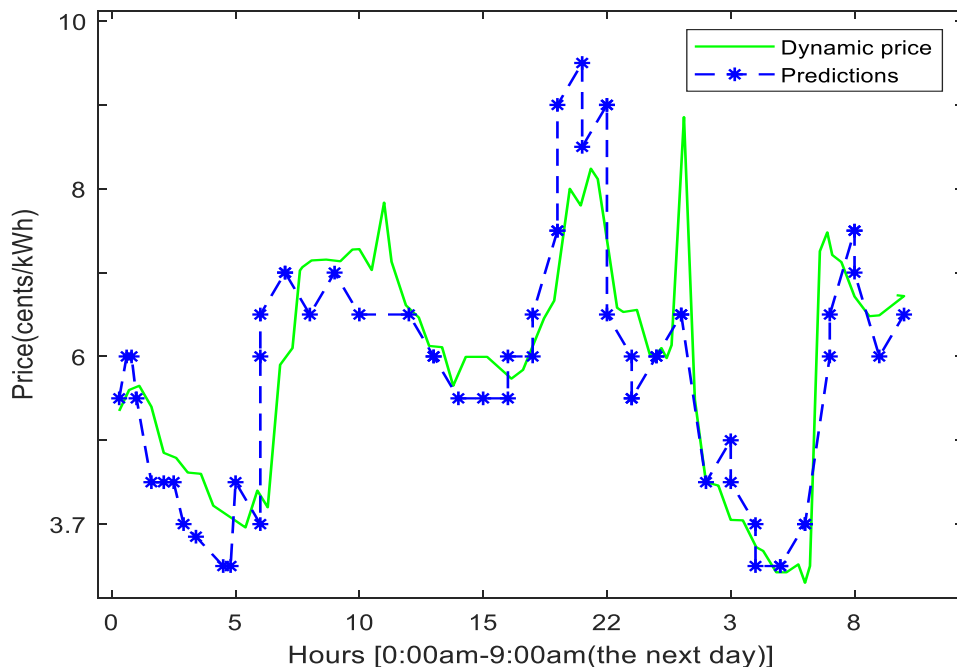


Fig. 124 Predicción del precio de la electricidad.

Fuente: Propia

En nuestro sistema de gestión de energía, al dar inicio con el tiempo de decisión $\Delta t = 15min$, el número de iteraciones $M de EA = 50$, el número de población con respecto a padres $N de EA = 30$, el factor de descuento $\gamma de ADP = 0.8$, eficiencia de carga $\eta = 0.9$, potencia de carga media $P^{ev} = 8kW$ lo cual pertenece a una estación de carga nivel 2, capacidad de batería del vehículo eléctrico es de 30kWh, pretendiendo alcanzar el 100% (Wu, Ravey, Chrenko, & Miraoui, 2019) (Shen, Cheng, Cheng, Wei, & Wang, 2020).

La cantidad de vehículos eléctricos en el parqueadero está fijada en 60 vehículos eléctricos, permitiendo recargar un máximo de 60 vehículos eléctricos, por lo que su configuración de ambos tipos se presentó en la Tabla 8, donde, nuestra estación de carga

está incorporada con 20 cargadores con 60 cables, equipada con cargadores múltiples (EVCS-MTC) y 60 cargadores equipas con SSC (EVCS-SSC).

Tabla 8 Configuración de los cargadores EVCS-MTC y EVCS-SSC

Carga de EV Tipo estación	Configuración de cable	Tipo de SSC	Cargadores			Número total de cargadores
			SMC(a)	SMC(b)	SMC(c)	
	Cantidad de cables	1	2	3	4	
EVCS-MTC	Cantidad de cargadores	2	2	10	5	60
EVCS-SSC	Cantidad de cargadores	60	0	0	0	60

Fuente: Propia

3.7.4.2 Escenario de aplicación A (parqueaderos residenciales).

En esta sección, se desarrolla estudios de caso empezamos con 60 vehículos eléctricos en un parqueadero, la llegada de los EV será agrupados de 2 maneras que consiste de la siguiente manera, estancias cortas en un lapso de 9:00am – 16:00pm, estancias largas para recargar en la noche después de las 16:00pm. En la figura 9 se dará a conocer la permanencia de los vehículos eléctricos en el parqueadero (Shen, Cheng, Cheng, Wei, & Wang, 2020).

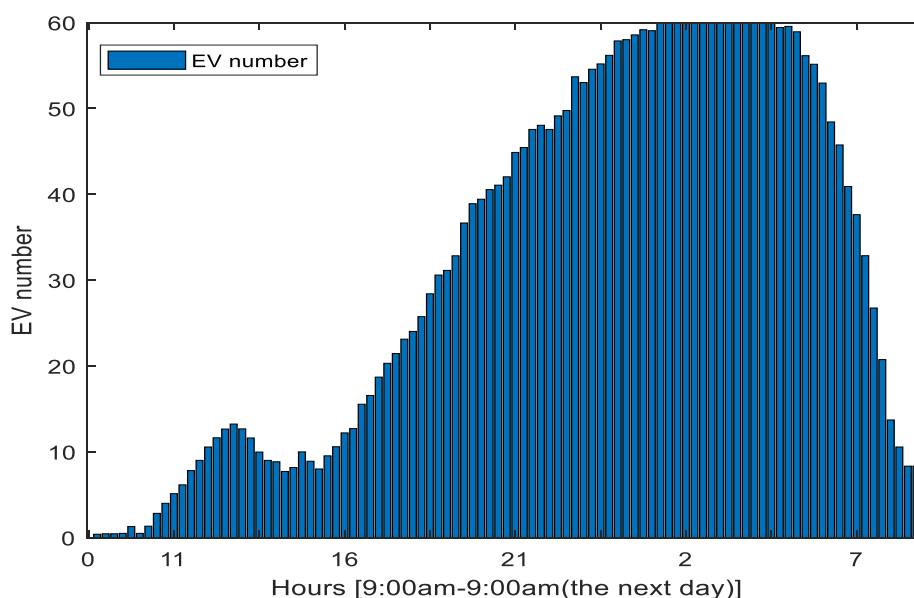


Fig. 125 Número de vehículos eléctricos en parqueaderos residenciales

Fuente: Propia

3.7.4.2.1 Resultados de los análisis y simulación de EVC-MTC controlado por ADP (Caso A1)

En la Figura 126 se da a conocer los perfiles de operación de los diferentes cargadores EVCS-MTC los cuales son controlados por FL-ADP. Es importante reconocer que los EV son capaces de compartir los cargadores (SMC) además los sistemas SMC disponen de una tasa más elevada que los sistemas SSC.

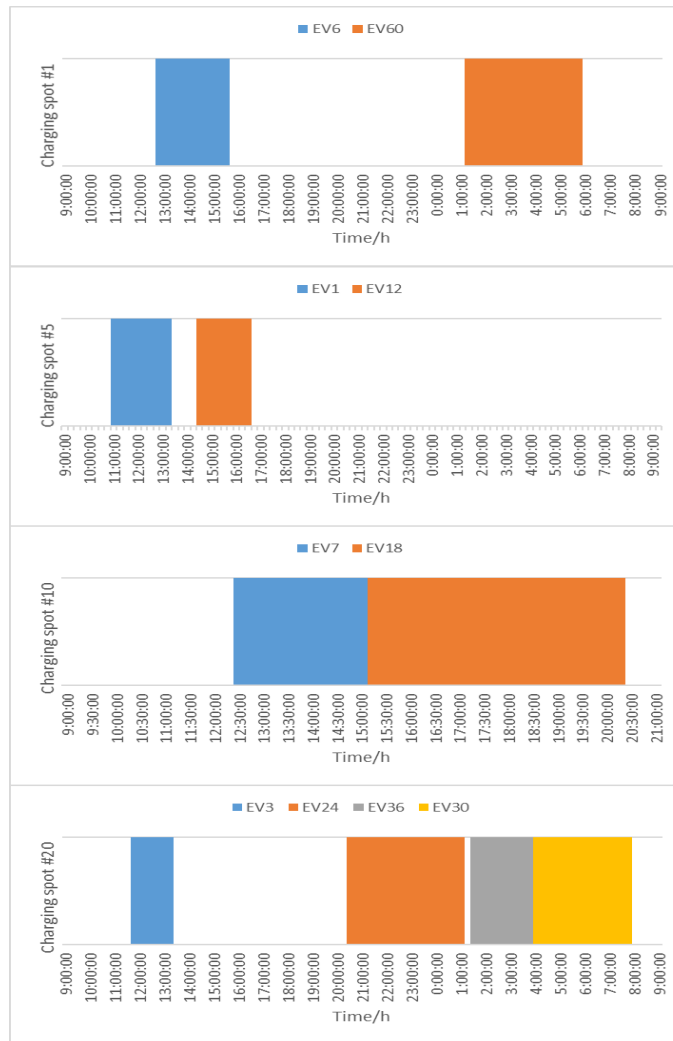


Fig. 126 Perfiles de operación del cargador EV#1, EV#5, EV#10, EV#20

Fuente: Propia

Los perfiles de potencia de su carga total de los diferentes esquemas de carga se presentarán en la Figura 127, y observemos la línea azul presente en la Figura mencionada nos indica que no existe demora para la carga de EV todo esto esta dependido del (UNC). En cuanto a la línea amarilla nos indica la carga del EV en los intervalos más bajos de los precios de la electricidad haciendo uso del esquema de cobro Myopic, la línea del círculo purpura nos indica la carga de los vehiculos eléctricos basándose en el precio de la electricidad y la futura demanda de la carga, aplicando el esquema de carga ADP de lógica difusa y para finalizar,

las líneas discontinuas nos indica la estimación de la demanda próxima basándose mediante el modelo de la demanda diseñada (Wu, Ravey, Chrenko, & Miraoui, 2019).

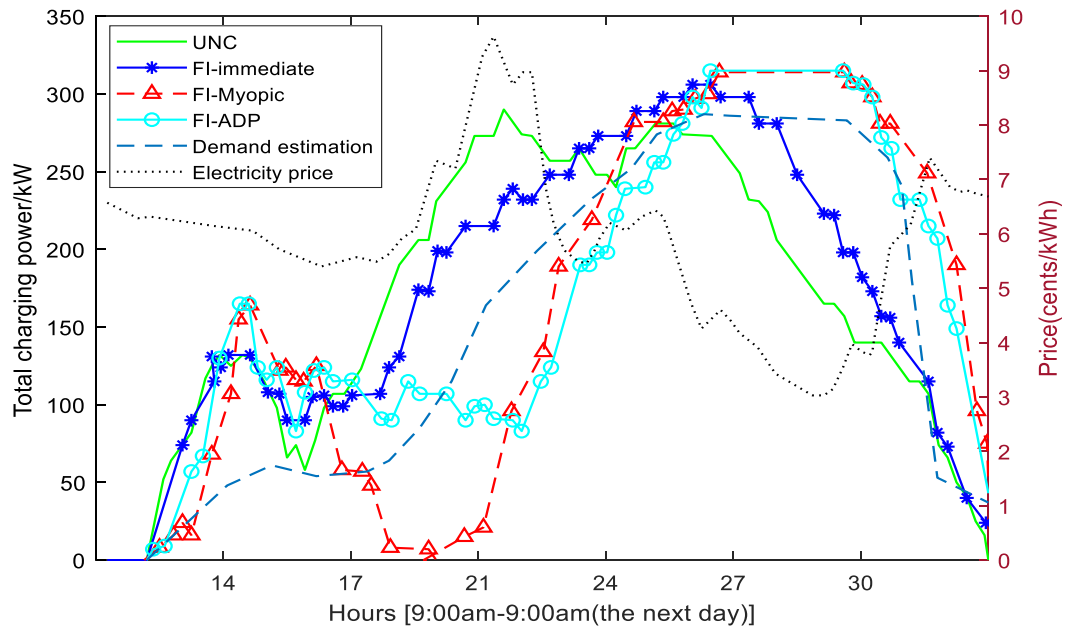


Fig. 127 Perfil de potencia de carga total (Caso 1)

Fuente: Propia

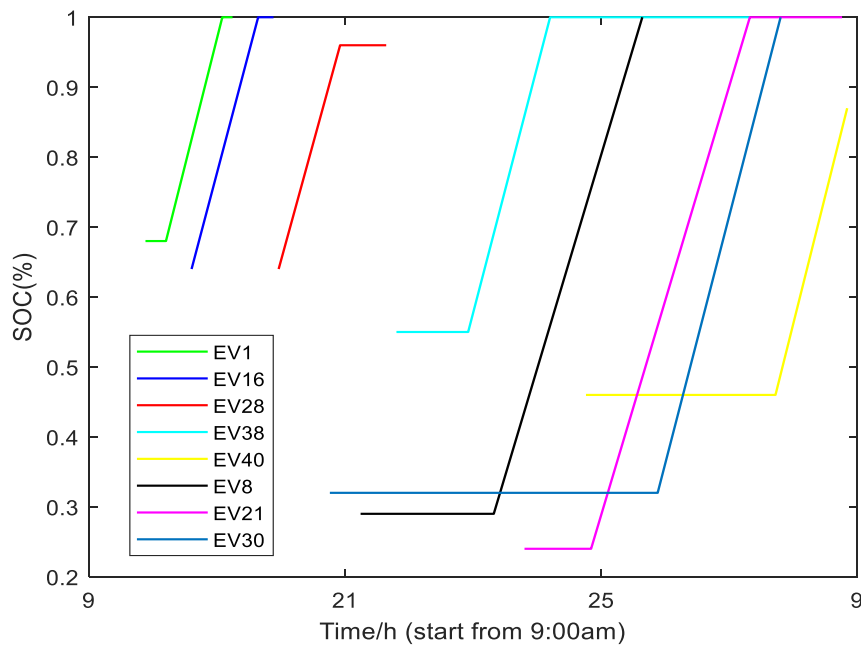


Fig. 128 Perfiles de carga de vehículos eléctricos con ADP (Caso A)

Fuente: Propia

En la figura 128 se presenta los perfiles de carga para eso hemos seleccionado 8 vehículos eléctricos, observemos que claramente se ve que su proceso de carga es continuo, entonces

al transcurso de carga interrumpida entrega al dispositivo de carga local una mayor autonomía para así escoger el patrón de carga favorito, ya que este se puede usar para extender la vida útil de la batería o también maximizar la carga del vehículo eléctrico.

3.7.4.2.2 Estudio comparativo entre el EVCS-SSC y el EVCS-MTC controlado por ADP (Caso A2)

En la estación de carga para vehículos eléctricos con puro SSC son aplicados mayormente en la actualidad, por lo que se desarrolla un estudio comparativo entre el EVCS-SSC el cual solo contiene SSC y el EVCS-MTC contiene SSC y SMC. Para este estudio de igual manera utilizamos los 60 vehículos eléctricos con sus datos proporcionados, obsérvese en la Figura 129 se presenta la potencia de carga total, en donde, la línea naranja representa a la carga en EVCS-SSC, la línea cuadrada azul, representa la carga inmediata no coordinada y por último la línea circular púrpura nos representa la carga ADP con EVCS-MTC (Wu, Ravey, Chrenko, & Miraoui, 2019).

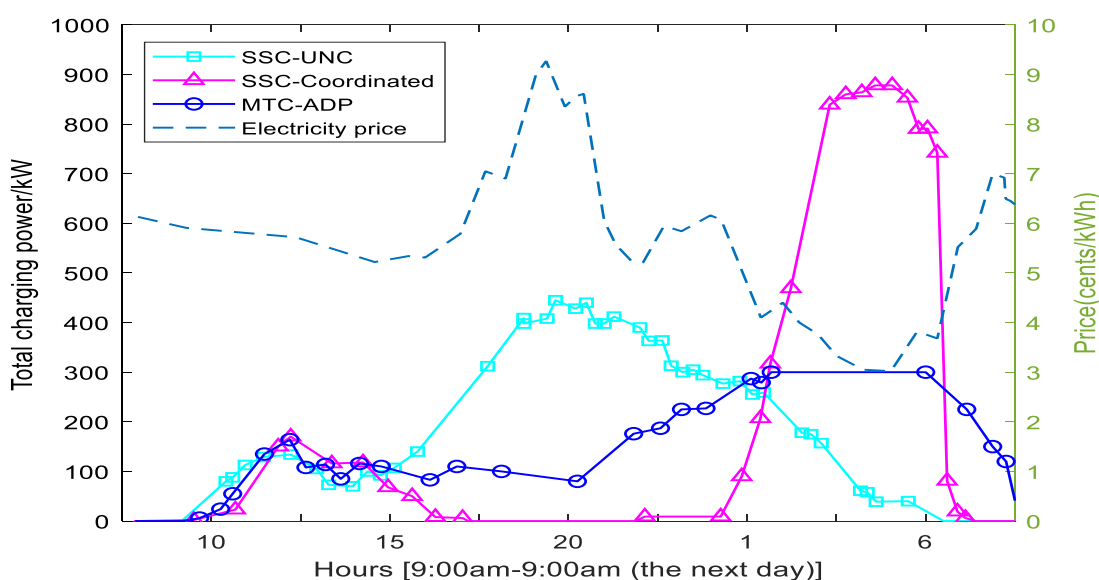


Fig. 129 Comparación de la potencia de carga entre EVCS-SSC y el EVCS-MTC (Caso A2)

Fuente: Propia

3.7.4.3 Escenario de aplicación B (parqueaderos de sitios de trabajo).

En esta sección se tratará sobre los esquemas de carga óptima del EVCS-MTC en los distintos parqueaderos de trabajo. Las llegadas de los vehículos eléctricos serán modelados mediante un proceso de Poisson. En cuanto al número de vehículos eléctricos igualmente serán de 60, en la figura siguiente se observa la permanencia de los vehículos en el parqueadero.

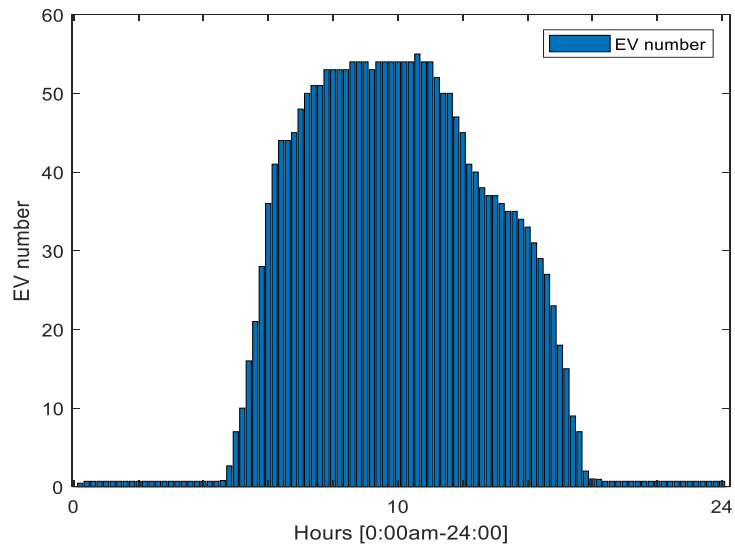


Fig. 130 Número de vehículos eléctricos en el parqueadero.

Fuente: Propia

3.7.4.3.1 *Los resultados de la simulación y el análisis de EVCS-MTC controlado por ADP (Caso B1)*

En la figura 15, presentamos los perfiles de operación de EVCSMTC.

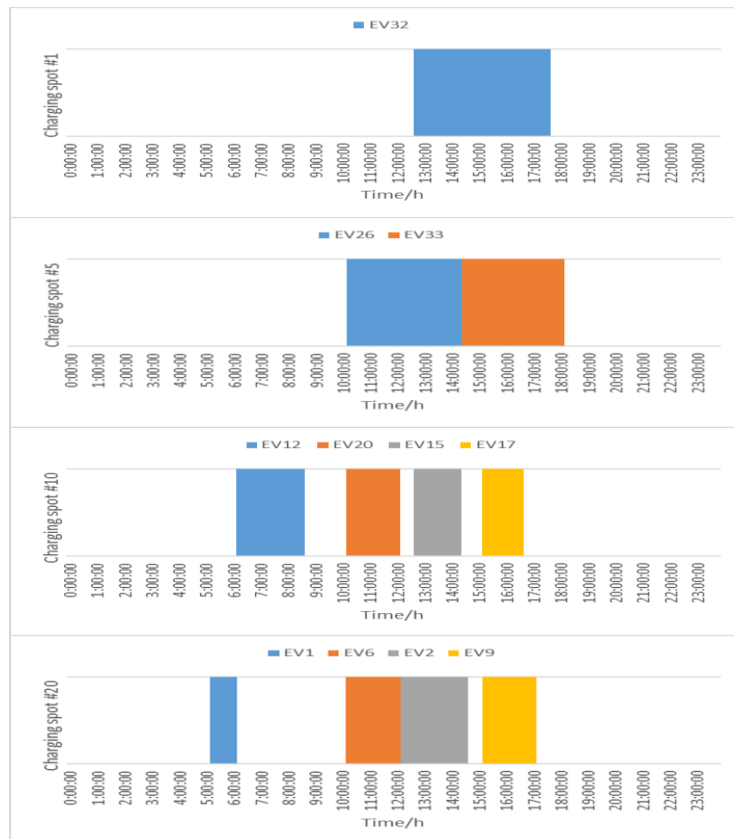


Fig. 131 Perfiles de operación del cargador EV#1, EV#5, EV#10, EV#20

Fuente: Propia

Los cargadores compartidos (SMC) por lo general tienen una tasa más elevada que el cargador único SSC. El sistema que se presentó, los vehículos eléctricos se van destinando de una manera ordenada a los diferentes puntos de carga. Con el sistema SMC (cables múltiples) es posible cargar más vehículos, mientras que los vehículos con "urgencia" se pueden cargar en SSC (Shen, Cheng, Cheng, Wei, & Wang, 2020).

En la figura 132 se puede observar los perfiles de carga a carga, en cuanto a los esquemas de carga rápida cargan a los vehículos de una manera especial y con respecto a los esquemas de carga Myopic y de programación dinámica aproximada (ADP) tienen la función de cargar con respecto a los precios bajos de la electricidad.

Los perfiles de carga de 10 vehículos eléctricos se presentan en la Figura 133. Observemos que el proceso de carga de cada vehículo eléctrico es constante. Entonces el BMS (o al cargador local) entrega la máxima autonomía lo que nos permite conocer el patrón de carga favorito para prolongar la vida útil de la batería o elevar la velocidad de carga.

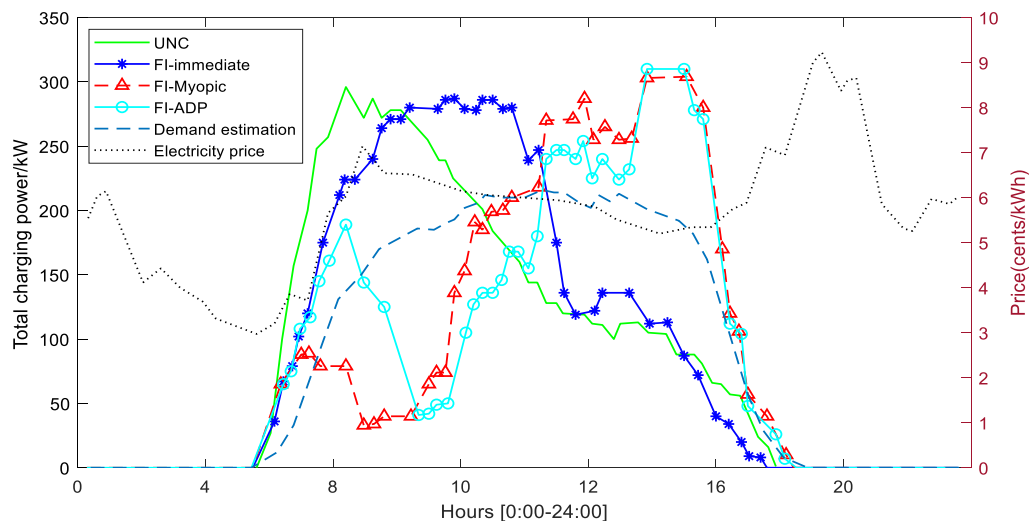


Fig. 132 Perfiles de potencia de carga total (Caso B1)

Fuente: Propia

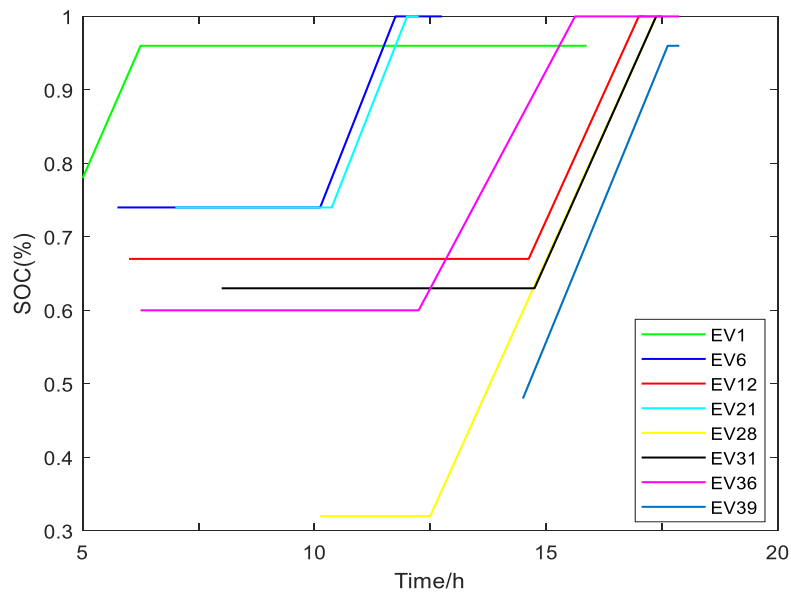


Fig. 133 Perfiles de carga de vehículos eléctricos con ADP (Caso B)

Fuente: Propia

3.7.4.3.2 Estudio comparativo entre el EVCS-SSC y el EVCS-MTC controlado por ADP (Caso B2)

Considerando los 60 vehículos eléctricos en el parqueadero del lugar de trabajo (oficinas), desarrollamos un estudio comparativo entre el EVCS-SSC y el EVCS-MTC. La carga de carga total se presenta en la Figura 134. Observemos que el diseño de carga inmediata con EVCS-SSC nos lleva a una potencia pico más elevada en este caso.

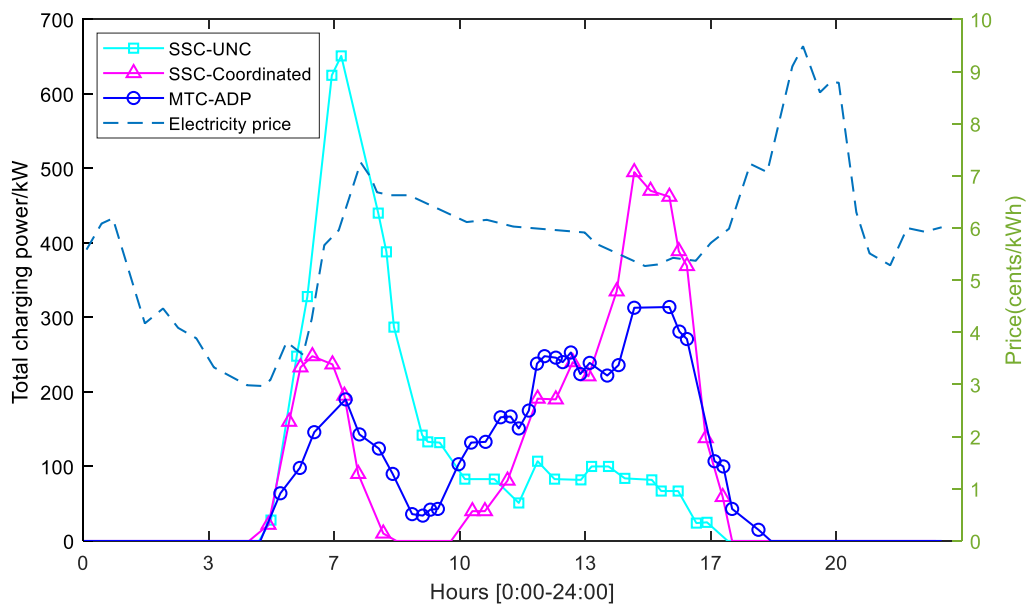


Fig. 134 Comparación de la potencia de carga entre el EVCS-SSC y el EVCS-MTC (Caso B2)

Fuente: Propia

3.7.4.4 Optimización del sistema.

La fusión entre dos sistemas nos entrega una ventaja importante, una de ellas que el sistema se vuelve ágil y robusto, pero a su vez requiere un mayor control y optimización, de manera que se conserve la estabilidad del sistema, es importante controlar diferentes parámetros de nuestro sistema, uno de ellos es el control total de nuestro inversor, en donde interviene el sistema fotovoltaico y la estación de carga, en donde su principal función es optimizar y así reducir las fluctuaciones generadas en el voltaje del bus CC mediante el flujo de potencia activa y los armónicos inyectados a la red (Shen, Cheng, Cheng, Wei, & Wang, 2020).

Por lo general en los sistemas de generación y de carga siempre se encuentran atacados por imprevistas variaciones de radiación principalmente en los días de ausencia de sol (días nublados), por lo que en el transcurso de carga de los EV existirá anomalías en el sistema ya que estas variaciones causan inestabilidad en el sistema. Para gestionar el nivel de armónicos, en la salida del inversor se conecta un filtro LC, ver Figura 135, lo que nos permite llevar un control de los activos, reactivos del flujo de energía y así regular el voltaje CC, se desarrolla un modelado que nos entrega una señal no lineal con el objetivo de que el inversor de fuente de voltaje genere un modelamiento de las no linealidades ya que estas pueden ser por los cambios imprevistos, y a su vez obtener un modelo lineal del sistema de control y retroalimentación, es importante conocer que el modelado del Inversor de fuente de voltaje (VSI) nos presenta dos etapas de potencia, el modelado de señal grande y pequeña (Mohamed, El-Sayed, Metwally, & Selem, 2020).

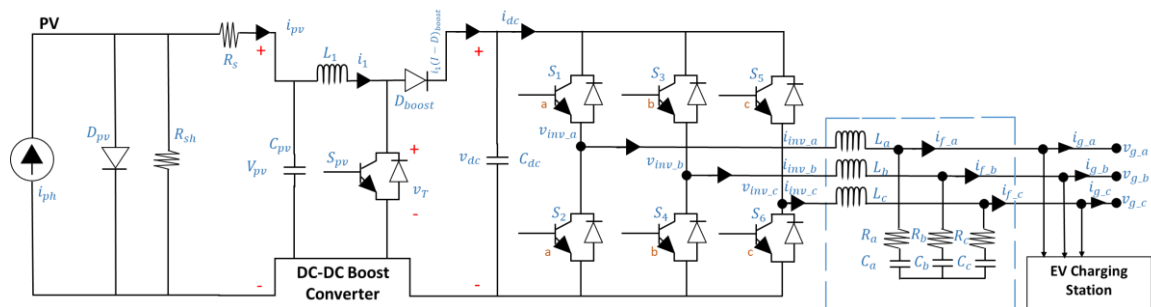


Fig. 135 Diagrama esquemático del circuito VSI trifásico con filtro LC.

Fuente: Propia

3.8 Arquitectura del Sistema

La recarga del vehículo eléctrico no siempre comienza inmediatamente después de llegar al lugar de trabajo y tampoco siempre se va a utilizar la máxima potencia de carga. En varias estaciones de carga, son desarrollados con un sistema de cobro considerando un pronóstico

de producción fotovoltaica dentro del período de estacionamiento, a continuación, daremos a conocer el diseño que se tomara para nuestro caso de estudio.



Fig. 136 Arquitectura, Estación de Carga – Electrolinera.

Fuente: Propia

En la siguiente figura podemos observar un prototipo de nuestro sistema fotovoltaico autónomo, que como principal objetivo es ofrecer un servicio que recargue baterías de vehículos eléctricos, en donde existen varios elementos que conforman el sistema como el convertidor, los paneles fotovoltaicos, electrolinera, etc.

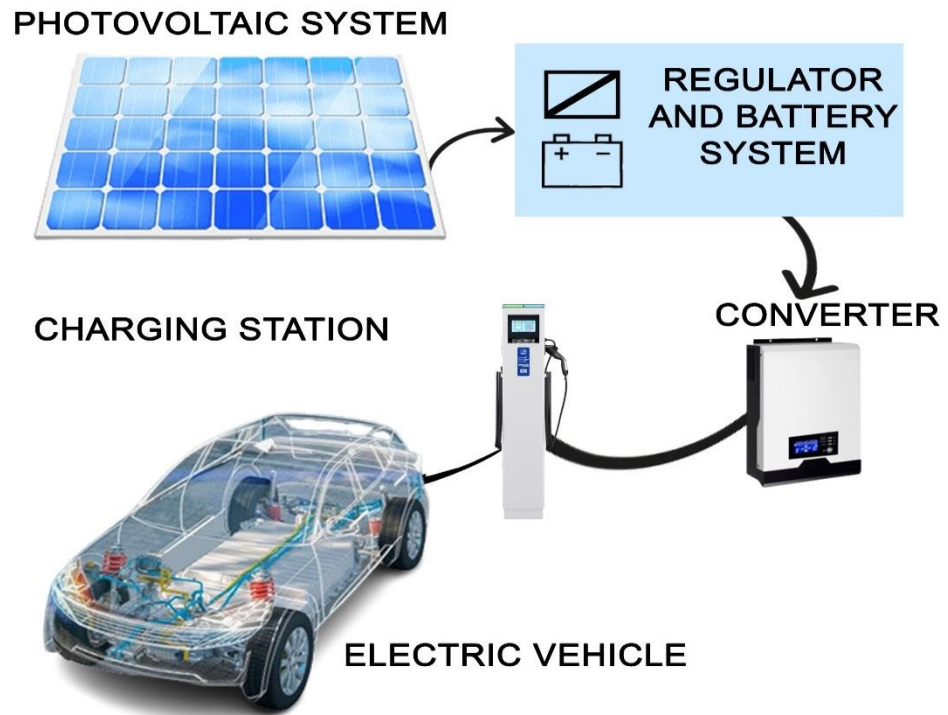


Fig. 137 Sistema de carga.

Fuente: El Autor

En las siguientes Figuras se observa el resultado final de nuestro estudio de caso.



Fig. 138 Arquitectura, Estación de Carga – Electrolinera Zona 1.

Fuente: El Autor



Fig. 139 Vista frontal, Estación de Carga – Electrolinera Zona 1.

Fuente: Propia



Fig. 140 Arquitectura, Estación de Carga – Electrolinera Zona 2.

Fuente: Propia



Fig. 141 Estación de Carga – Electrolinera Zona 2.

Fuente: Propia



Fig. 142 Vista frontal estación de carga – Electrolinera Zona 2.

Fuente: Propia

3.9 Aporte Ambiental

De los 36.000 millones de toneladas de CO₂ que se emitieron en 2019 provinieron del sector del transporte. Bajo este contexto el uso de vehículos eléctricos brinda una solución para la descarbonización de la movilidad y la sostenibilidad del planeta.

Por cada kilómetro recorrido de un vehículo eléctrico este evita la emisión de 134.3 gramos de CO₂ en comparación con un vehículo de combustión interna. La emisión puede parecer muy pequeña, pero si tomamos en consideración los 35 kilómetros de distancia entre la ciudad de Cuenca y el Complejo de Aguas Termales de Guapán, se evitaría 4.7 kilos de CO₂, que ya resulta una cantidad considerable. Si bien es cierto que la fabricación de los vehículos eléctricos es similar a los de motor de combustión, a lo largo de su vida útil ayudan a la reducción de emisiones a la atmosfera.

Dentro de las ventajas del vehículo eléctrico además de aportar a la reducción de gases de efecto invernadero producidos por la mano del hombre se tiene:

- No emite gases contaminantes en su circulación lo que beneficia al medio ambiente en su trayectoria.
- Posee una menor contaminación acústica ya que genera menos ruido en comparación con los vehículos de combustión.
- Bajo mantenimiento ya que no posee un motor térmico y reduce el consumo de aceites y refrigerantes que contaminan los ríos.
- Posee una mayor eficiencia energética llegando al 90% de aprovechamiento de la energía que genera, de este modo supera al motor térmico que llega a un máximo del 50% de la energía producida.

3.10 Análisis Económico

El costo de los elementos que componen el sistema fotovoltaico se detallan en la siguiente tabla, cabe tener en consideración que se toman como referencia los elementos principales del sistema, sin tener en cuenta costos de mano de obra y estructura.

Tabla 9 Costo de elementos del Sistema

Elemento	Costo Unitario	Cantidad	TOTAL
Panel Fotovoltaico	290 \$	55	15950 \$
Batería	2400 \$	30	72000 \$
Regulador	610 \$	5	3050 \$
TOTAL			91000 \$

Fuente: Propia

El costo de los componentes del sistema de generación es de 91000 (noventa y uno mil dólares de los Estados Unidos de Norteamérica) teniendo en cuenta que el estudio no contempla costos de mano de obra calificada y no calificada. El costo de mantenimiento es mínimo ya que radica en limpieza de paneles.

El galón de gasolina extra y ecopaís a fecha 20 de junio del 2022 se incrementó a USD 2.55 y el galón de gasolina Súper se incrementó a USD 4.66 , con esta constante elevación en los precios de los combustibles y para buscar mitigar el impacto ambiental que afecta el planeta se viabiliza la implementación de electrolineras en sitios públicos, de esta forma, no solo se da el cambio en la matriz energética del país en lo que a movilidad se refiere, sino también, se promueve el turismo ecológico y más aún en zonas que se han visto afectadas por explotación minera u otras afecciones ambientales como lo es el caso del Complejo de Aguas Termales de Guapán.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El área disponible con el que cuenta el Complejo de Aguas Termales de Guapán y el recurso solar disponible en la zona brinda una alternativa para la aplicación de sistemas de energía renovable para la producción de electricidad ya que las simulaciones demuestran la producción de diferentes paneles disponibles en el mercado, los cuales están en un nivel óptimo de producción de energía.

Las regulaciones y decretos emitidos de forma gubernamental respecto a promover el uso de sistemas de energía renovables como fuente de energía eléctrica constituyen los argumentos legales que viabilizan el presente proyecto, por medio de incentivos que reducen los impuestos y aranceles tanto en sistemas fotovoltaicos como en vehículos para su importación masifican la aplicación de energías verdes y movilidad ecológica en el país, además, contribuyen con la disminución de gases de efecto invernadero que afectan nuestro planeta.

El costo inicial de un vehículo eléctrico puede ser un poco elevado, pero con un costo de operación bajo, ya que el vehículo de combustión representa un equivalente del 50 % respecto al eléctrico y en mantenimiento un 70 %. El costo por kilómetro de mantenimiento (en vehículos eléctricos) cuesta 11 centavos, pero el de gasolina es de 33 centavos. Si sumamos el ahorro en combustible, mantenimiento más los incentivos estatales como el impuesto a la renta vuelve al vehículo eléctrico al final del año un 30 % a 40 % más barato en comparación al vehículo con motor por combustión.

Con la ejecución de este proyecto se beneficia el desarrollo socio económico de los sectores rurales que se han visto afectados por la explotación minera durante décadas, fomentando el turismo y promoviendo el transporte ecológico en zonas de remediación ambiental ya que los problemas ambientales que actualmente se viven afectan de forma notable el equilibrio ecológico y la sustentabilidad del ecosistema.

4.2 Recomendaciones

Realizar registros meteorológicos en diferentes emplazamientos de la provincia del Cañar que cuenten con espacio para instalaciones fotovoltaicas y sean de interés común en la sociedad, con el propósito de clasificar y zonificar los sectores con mayor índice de recursos ya sea solar o eólico con fines de generación eléctrica.

Promover la inversión en energías renovables ya que son fuentes de energía que promueven el desarrollo social y preservan el medio ambiente, especialmente en zonas de remediación ambiental.

Fomentar el turismo sostenible o el ecoturismo, enfocados en preservar los entornos naturales manteniéndolos con la menor cantidad de contaminación posible, incorporando para esto medios de transporte amigables con el medio ambiente disminuyendo la huella de carbono.

Incentivar estudios de energía renovable de interés común con el propósito de viabilizar proyectos no solo fotovoltaicos sino eólicos de esta manera se logra una estabilidad en cuanto a generación se refiere. En el lugar Complejo de Aguas Termales de Guapán se recomienda el aprovechamiento del recurso solar y eólico para distas áreas de generación pudiendo ser estas de iluminación o calentamiento de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEADE. (7 de 6 de 2019). <https://www.aeade.net/>. Recuperado el 16 de 12 de 2021, de <https://www.aeade.net/en-ecuador-se-comercializan-cuatro-marcas-de-autos-electricos/>
- ARCONEL. (2020). *Balance Nacional de Energía Eléctrica*. Quito.
- Carta, J., Calero, R., Colmenar, A., & Castro, M. (2019). *CENTRALES DE ENERGÍA RENOVABLE*. MADRID: PEARSON EDUCACIÓN.
- Chapman, S. J. (s.f.). *Máquina Eléctricas*. Colombia: Mc Graw Hill.
- CONELEC. (2008). *ATLAS SOLAR DEL ECUADOR*. Quito.
- Cuauhtli, D., & Sánchez, F. (2009). *Estudio del ajuste y operación de la aplicación del relevador SEL-300G Aplicado a un generador síncrono*. Mexico D.F.: s.e.
- Electromovilidad. (11 de 8 de 2020). *Electromovilidad*. Recuperado el 16 de 12 de 2021, de <http://electromovilidad.net/modos-de-recarga-del-vehiculo-electrico/>
- Energía:, A. I. (2021). *Energía Renovable en el Mundo*.
- Erazo Almeida, C. A. (2017). *Análisis y diseño de una electrolinera alimentada por energía solar para cargar autos eléctricos*. Ambato: UNIVERSIDAD UTE.
- Erique Cruz, C. (2016). *Análisis y diseño de una electrolinera para la recarga de vehículos eléctricos livianos, haciendo uso de energía fotovoltaica*. Guayaquil.
- Espinoza, J. L. (2015). *ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR SITUACIÓN ACTUAL, TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS*. Cuenca.
- González G, R., Jiménez G, H., & Lagunas M, J. (2003). Sistemas fotovoltaicos conectados a la red. *Accelerating the world's research*, 140-141.
- Grainger , J., & Stevenson, W. (2001). *Analisis de sitemas de potencia* . Mexico: McGRAW-HILL.
- HORA, L. (15 de 11 de 2021). *LA HORA*. Recuperado el 28 de 12 de 2021, de <https://www.lahora.com.ec/pais/movilidad-electrica-autos-ecuador/>
- Javier, M., Rafael, C., & Bureau, V. (2019). *ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA*. Madrid: FC EDITORIAL.
- KIA. (1 de 2 de 2021). *KIA MOTORS*. Recuperado el 19 de 12 de 2021, de <https://www.kia.com/ec/showroom/soul-ev.html>
- Lillo Sarret, M. (2017). *Diseño de una estación de recarga para vehículos eléctricos móvil y autosuficiente*. Barcelona: ESCUELA DE INGENIERIA DE CATALUÑA.
- LUGENERGY. (11 de 7 de 2021). *LUGENERGY*. Recuperado el 19 de 12 de 2021, de <https://www.lugenergy.com/tipo-de-conectores-vehiculo-electrico/>

- Manuel, G. (2020). Design of Lighting Systems using Solar Energy Sources for Rural Outdoor use: Case Study of the Guapán Hot Springs Tourism Project. *9ª Conferencia Internacional sobre Investigación y Aplicación de Energías Renovables (ICRERA)*, 520 -525.
- Marsh, A. (03 de 02 de 2022). *andrewmarsh.com*. Recuperado el 02 de 03 de 2022, de <http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html>
- Martin, P. F. (2021). *Energía solar fotovoltaica para todos*. Madrid: Marcombo.
- Minas, M. (2020). *ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES*. Quito.
- Minas, M. d. (2021). ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES. *Ministerio de Energía y Minas*, 1-1.
- Minas, M. d. (2021). *ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES*. Quito: Gobierno del Ecuador.
- Minero, R. (2010). *PRUEBAS EN MAQUINAS SINCRONAS CONFORME A LA NORMA IEC 34 Y LA IEEE STD. 115*. Costa Rica: s.e.
- Mohamed, A., El-Sayed, A., Metwally, H., & Selem, S. (2020). Solar Energy. *Elsevier*, 170-172.
- MOVILIDAD, P. (18 de 10 de 2021). *ACELERADO*. Recuperado el 19 de 12 de 2021, de <https://portalmovilidad.com/los-numeros-lo-reflejan-kia-es-el-dueno-del-mercado-ecuadoriano-de-vehiculos-electricos-e-hibridos/#:~:text=Home-,Los%20n%C3%BAmeros%20lo%20reflejan%3A%20Kia%20es%20el%20due%C3%B1o%20del%20mercado,2%20mil%20veh%C3%ADculos%20h%C>
- Moya, R. (1990). *Curso de capacitación para operadores Central Paute Fase AB Generador Principal*. Cuenca: DONSI-INECEL.
- Nacional, G. (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025. Quito.
- O'Connor, J. (2020). *Energía solar autónoma*. Malaga: Old Sequoia Publishing.
- O'Connor, J. (2020). *Energía solar autónoma: Guía para entender e instalar sistemas fotovoltaicos y de baterías*. Old Sequoia Publishing.
- Olvera, C. G. (17 de 5 de 2018). *AUTONOCION*. (AUTONOCION) Recuperado el 18 de 12 de 2021, de <https://www.autonocion.com/cargadores-coche-electrico-tipos/>
- Pareja, M. P. (2016). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Marcombo.
- Pascual, J. S. (2019). *Energía Sostenible Sin Malos Humos*. Navarra: Universidad Pública de Navarra.
- Pérez, B. (2020). *LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA*. Madrid: SolarEnergy.
- Ríos, A. G. (2017). Design, Dimensioning, and Installation of Isolated Photovoltaic Solar Charging Station in Tungurahua, Ecuador. *International Journal of Renewable Energy Research*, 7.

- Shen, L., Cheng, Q., Cheng, Y., Wei, L., & Wang, Y. (2020). *Electric Power Systems Research*. Elsevier, 2-4.
- UNIVERSO, E. (22 de 09 de 2021). *LA REVISTA*. Recuperado el 19 de 12 de 2021, de <https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/por-que-no-despegan-las-electrolineras-en-ecuador-uno-de-los-principales-problemas-a-la-hora-de-impulsar-la-venta-de-autos-electricos-nota/>
- VARUS. (06 de 4 de 2021). *VARUS ECUADOR*. Recuperado el 19 de 12 de 2021, de <https://varusecuador.com/la-electrolinera-mas-grande-de-ecuador/>
- Vicente, A. M. (2019). *Energía solar fotovoltaica y térmica. Manual técnico*. Barcelona: AMV Ediciones.
- Vinueza, E. (8 de 11 de 2019). *EVAFM*. Recuperado el 20 de 12 de 2021, de <https://www.evafm.net/sitio/la-primer-electrolinera-del-pais-fue-inaugurada-en-el-parque-samanes/>
- Wu, Y., Ravey, A., Chrenko, D., & Miraoui, A. (2019). *Energy Conversion and Management*. ScienceDirect, Elsevier, 880-888.

ANEXOS

Anexo 1 Ficha técnica EV Kia Soul

The Soul EV

Specification	'Maxx'
Exterior features & lighting	
17" Alloy Wheels (215/55R17)	✓
Roof Rails	✓
Privacy Glass (Rear Windows & Tailgate)	✓
Solar Glass (Screen & Front Windows)	✓
Dual Full LED Headlamps	✓
LED Daytime Running Lights	✓
Front LED Fog Lamps	✓
Rear Bulb Fog Lamp	✓
LED Rear Combination Lights	✓
Roof Coloured Door Mirrors	✓
Electrically Folding, Adjustable & Heated Door Mirrors with LED Indicators	✓
Aero Blade Wipers	✓
Body Colour Door Handles	✓
Black Side Sill & Wheel Arch Body Mouldings	✓
Silver Skid Plate	✓
Silver Sill Styling	✓
Manual Headlight Levelling Device	✓
Automatic Headlight Control	✓
Rain Sensing Front Wipers	✓
Solid One Tone Metallic Paint	✓
Premium Two Tone Metallic Paint	OPT
Interior design & comfort	
Black Leather Upholstery*	✓
2 Way Seat Adjustment	✓
Heated Front Seats	✓
Driver's Seat Power Lumbar Support	✓
Tilt & Telescopic Steering Wheel Adjustment	✓
Leather Trimmed Steering Wheel	✓
Shift by Wire (SBW)	✓
Regenerative Braking Level Controlled by Paddle Shift Mounted on Steering Wheel	✓
Heated Steering Wheel	✓
Charging Indicator on Dashboard	✓
Satin Chrome Interior Door Handles	✓
Electronic Parking Brake (EPB)	✓
Steering Wheel Mounted Controls	✓
Speed Limiter	✓
Adaptive Smart Cruise Control Function (SCC)	✓
Sunvisors with Vanity Mirror Illumination (Driver & Front Passenger)	✓

- = unavailable on grade ✓ = standard on grade OPT = Option
 *Some parts of the leather upholstery contain faux leather



Specification

'Maxx'

Interior design & comfort (continued)	
Engine Start/Stop Button with Smart Entry System	✓
All-round Electric Windows with Driver and Front Passenger Auto Up/Down Function	✓
Single Automatic Air Conditioning (With Driver Only Function)	✓
Automatic Window Defogger	✓
Light Grey Headlining	✓
Auto-dimming Rear-view Mirror	✓
Front Centre Armrest	✓
Front Cup Holders	✓
Storage, versatility & interior lighting	
60:40 Split Folding 2nd Row Seats	✓
Seatback Pocket (Front Passenger)	✓
Front & Rear Door Storage	✓
Centre Console Storage Box	✓
Centre Cabin Light	✓
Tyre Mobility Kit (TMK)	✓
Luggage Area Light	✓
Luggage Area Load Cover	✓
Luggage Net Hooks	✓
Map Lamp with Sunglasses case	✓
Dual Height Load Floor	✓
Audio, communication & information	
7" OLED Colour Display Cluster	✓
10.25" Touchscreen Satellite Navigation	✓
10-speaker Harman/Kardon® Premium Sound System with Subwoofer, External Amp & Front Centre Speaker	✓
DAB Radio with MP3 Compatibility	✓
12v Power Socket in centre console	✓
2 x USB port in centre console (Fast Charge)	✓
Bluetooth® with Music Streaming	✓
Apple CarPlay™ with Voice Control**	✓
Android Auto™ with Voice Control**	✓
Kia Connect (UVO)**	✓
Ecall	✓
Reversing Camera System (Integrated into 10.25" Touchscreen)	✓
Rear Parking Sensors***	✓
Trip Computer - Distance, Energy Consumption, Average Speed	✓
Digital Clock	✓

- = unavailable on grade ✓ = standard on grade OPT = Option

**Apple Car Play™ /Android Auto™ /Kia Connect (UVO) - compatibility and functions may vary due to the model year of mobile device and the version of software installed

***Parking Sensors may not match exterior body colour

Specification	Maxxx
Active safety & driving dynamics	
Anti-Lock Braking System (ABS)	✓
Electronic Stability Control (ESC)	✓
Emergency Stop Signalling (ESS)	✓
Forward Collision-Avoidance Assist (FCA)	✓
Lane Keep Assist System (LKAS)	✓
Lane Follow Assist (LFA)	✓
High Beam Assist (HBA)	✓
Blind Spot Detection (BSD) with Rear-Cross Traffic Assist (RCTA)	✓
Hill-start Assist Control (HAC)	✓
Tyre Pressure Monitoring System (TPMS)	✓
Drive Mode Select (Eco, Eco+, Sport)	✓
Motor Driven Power Steering (MDPS)	✓
Driver Attention Warning (DAW)	✓
Passive safety	
Standard: All-round 3-point Seatbelts - All-round Height Adjustable Head Restraint - Front Passenger Airbag Cut-off Switch - Front Seatbelts Height Adjusters - Impact Sensing Auto Door Unlocking - ISOFIX Child Seat Top Tethers & Anchors Fixings - Knee Airbag (Driver) - Twin Curtain Airbags with Roll-over Sensor - Twin Front Airbags - Twin Side Airbags (Front)	
Security	
Standard: Alarm System and Engine Immobiliser - Door Deadlocks - Interior Door Lock/Unlock Function - Locking Wheel Nuts - Speed Sensing Auto Door Locking - Visible Vehicle Identification Number (VIN)	
Charging	
Type 2 to Type 2 charger - 5m cable length	✓
Type 2 to 3 pin charger (recommended for emergency use only)	✓

-- unavailable on grade ✓ = standard on grade OPT = Option






 27.0 kWh
Useable Battery



 155 km
Real Range

 174 Wh/km
Efficiency

Price

 United Kingdom	£25,495
 The Netherlands	€34,455
 Germany	€28,890

Availability

 United Kingdom	Out of production
 The Netherlands	Out of production
 Germany	Out of production

Prices shown are recommended retail prices for the specified countries and do not include any indirect incentives. Pricing for the UK includes the direct incentive of the 'Plug-In Car Grant (PICG)'. Pricing and included options can differ by region and do not include any indirect incentives. Click on a country for more details.

Real Range

between 110 - 235 km

City - Cold Weather	155 km	City - Mild Weather	235 km
Highway - Cold Weather	110 km	Highway - Mild Weather	140 km
Combined - Cold Weather	130 km	Combined - Mild Weather	180 km

Indication of real-world range in several situations. Cold weather: 'worst-case' based on -10°C and use of heating; Mild weather: 'best-case' based on 20°C and no use of A/C. The actual range will depend on speed, style of driving, weather and route conditions.

Performance

Acceleration 0 - 100 km/h	11.2 sec	Total Power	81 kW (110 PS)
Top Speed	145 km/h	Total Torque	285 Nm
Electric Range	155 km	Drive	Front

Battery and Charging

Battery Capacity *	30.5 kWh	Battery Useable	27.0 kWh
Europe			
Charge Port	Type 1	Fastcharge Port	CHAdemo
Port Location	Front - Middle	FC Port Location	Front - Middle
Charge Power	3.6 kW AC	Fastcharge Power (max)	50 kW DC
Charge Time (0->155 km)	9 hours	Fastcharge Time (16->124 km)	30 min
Charge Speed	18 km/h	Fastcharge Speed	210 km/h

[Click here for all charging information](#)

Energy Consumption

EVDB Real Range			
Range	155 km	CO2 Emissions	0 g/km
Vehicle Consumption	174 Wh/km	Vehicle Fuel Equivalent	2.0 l/100km
NEDC Ratings			
Range	212 km	CO2 Emissions	0 g/km
Rated Consumption	No Data	Rated Fuel Equivalent	No Data
Vehicle Consumption	127 Wh/km	Vehicle Fuel Equivalent	1.4 l/100km

Rated = official figures as published by manufacturer. Rated consumption and fuel equivalency figures include charging losses.
Vehicle = calculated battery energy consumption used by the vehicle for propulsion and on-board systems.

Real Energy Consumption

between 115 - 245 Wh/km

City - Cold Weather	174 Wh/km	City - Mild Weather	115 Wh/km
Highway - Cold Weather	245 Wh/km	Highway - Mild Weather	193 Wh/km
Combined - Cold Weather	208 Wh/km	Combined - Mild Weather	150 Wh/km

Indication of real-world energy use in several situations. Cold weather: 'worst-case' based on -10°C and use of heating. Mild weather: 'best-case' based on 23°C and no use of A/C. The energy use will depend on speed, style of driving, climate and route conditions.

Safety (Euro NCAP)

Safety Rating	★★★★☆	Rating Year	2014
Adult Occupant	84%	Vulnerable Road Users	59%
Child Occupant	82%	Safety Assist	56%

For more details on the safety rating of this vehicle, visit [euroncap.com](https://www.euroncap.com)

Dimensions and Weight

Length	4140 mm	Cargo Volume	281 L
Width	1800 mm	Cargo Volume Max	891 L
Width with mirrors	No Data	Cargo Volume Frunk	No Data
Height	1593 mm	Roof Load	0 kg
Wheelbase	No Data	Tow Hitch Possible	No Data
Weight Unladen (EU)	1565 kg	Towing Weight Unbraked	0 kg
Gross Vehicle Weight (GVWR)	1960 kg	Towing Weight Braked	0 kg
Max. Payload	470 kg	Vertical Load Max	No Data

Miscellaneous

Seats	5 people	Car Body	SUV
Isofix	No Data	Segment	JB - Small
Turning Circle	No Data	Roof Rails	No
Platform	No Data	EV Dedicated Platform	No Data

* - estimated value. Average energy consumption and range based on moderate drive style and climate. Real-life values may differ significantly. Pricing information might not be actual for some regions. No rights can be derived from the information on this site.

Home and Destination Charging (0 -> 100%)

Charging is possible by using a regular wall plug or a charging station. Public charging is always done through a charging station. How fast the EV can charge depends on the charging station (EVSE) used and the maximum charging capacity of the EV. The table below shows all possible options for charging the Kia Soul EV. Each option shows how fast the battery can be charged from empty to full.

Europe

Charging an EV in Europe differs by country. Some European countries primarily use 1-phase connections to the grid, while other countries are almost exclusively using a 3-phase connection. The table below shows all possible ways the Kia Soul EV can be charged, but some modes of charging might not be widely available in certain countries.

Type 1 (Yazaki - SAE J1772)



Charging Point	Max. Power	Power	Time	Rate
Standard 3.6 kW On-Board Charger				
Wall Plug (2.3 kW)	230V / 1x10A	2.3 kW	14 hours	11 km/h
1-phase 16A (3.7 kW)	230V / 1x16A	3.6 kW †	8h45m	18 km/h
1-phase 32A (7.4 kW)	230V / 1x16A	3.6 kW †	9 hours	17 km/h
3-phase 16A (11 kW)	230V / 1x16A	3.6 kW †	9 hours	17 km/h
3-phase 32A (22 kW)	230V / 1x16A	3.6 kW †	9 hours	17 km/h
Optional 6.6kW On-Board Charger *				
Wall Plug (2.3 kW)	230V / 1x10A	2.3 kW	14 hours	11 km/h
1-phase 16A (3.7 kW)	230V / 1x16A	3.7 kW	8h45m	18 km/h
1-phase 32A (7.4 kW)	230V / 1x29A	6.6 kW †	5 hours	31 km/h
3-phase 16A (11 kW)	230V / 1x16A	3.7 kW †	8h45m	18 km/h
3-phase 32A (22 kW)	230V / 1x29A	6.6 kW †	5 hours	31 km/h

† - Limited by on-board charger, vehicle cannot charge faster.

* - Optional in some countries, standard in others. Check local specifications for details.

Fast Charging (10 -> 80%)

Rapid charging enables longer journeys by adding as much range as possible in the shortest amount of time. Charging power will decrease significantly after 80% state-of-charge has been reached. A typical rapid charge therefore rarely exceeds 80% SoC. The rapid charge rate of an EV depends on the charger used and the maximum charging power the EV can handle. The table below shows all details for rapid charging the Kia Soul EV.

- Max. Power: maximum power provided by charge point
- Avg. Power: average power provided by charge point over a session from 10% to 80%
- Time: time needed to charge from 10% to 80%
- Rate: average charging speed over a session from 10% to 80%

Europe

CHAdEMO



Charging Point	Max. Power	Avg. Power	Time	Rate
CHAdEMO (50 kW DC)	50 kW	40 kW †	30 min	210 km/h
CHAdEMO (100 kW DC)	50 kW †	40 kW †	30 min	210 km/h

† - Limited by charging capabilities of vehicle

Actual charging rates may differ from data shown due to factors like outside temperature, state of the battery and driving style.

V2C

Up



Up es un cargador de vehículos eléctricos de carga semi-rápida de hasta 22 kW. La solución ideal para garajes comunitarios, viviendas unifamiliares y empresas.

Características y Ventajas



Velocidad variable de carga

Elección manual de límite de potencia antes y durante la recarga.



Tipo 1 o Tipo 2

Toma de salida seleccionable: Tipo 1 (SAE J1772) o Tipo 2 (IEC 62196, 'Mennekes') / Socket



Manguera de 5/10 metros

Incluye la manguera con 5/10 metros de cable para facilitar la carga en cualquier espacio.

+ Resistente

Fabricado con plástico ABS, un material de alta resistencia y rigidez.

+ Funcional

Dispone de un soporte en forma de cesta en su parte posterior, ideal para enrollar la manguera de recarga.

+ Intuitivo

Retroiluminación LED para indicar el estado de carga y display LCD con información y configuración del equipo.

+ Seguro

Incorporación opcional de cerradura o mando, evitando la manipulación de terceros.



CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE

- ✓ Material: Plástico ABS
- ✓ Grado protección: IP54/IK10
- ✓ Anclaje: 4 puntos en la pared
- ✓ Peso: 3-6 kg
- ✓ Soporte manguera: incluido
- ✓ Diseño compacto
- ✓ Máxima humedad 25°C: 95%
- ✓ Dimensiones: 320x210x138 mm



MANGUERA TIPO 1



MANGUERA TIPO 2



SOCKET TIPO 2

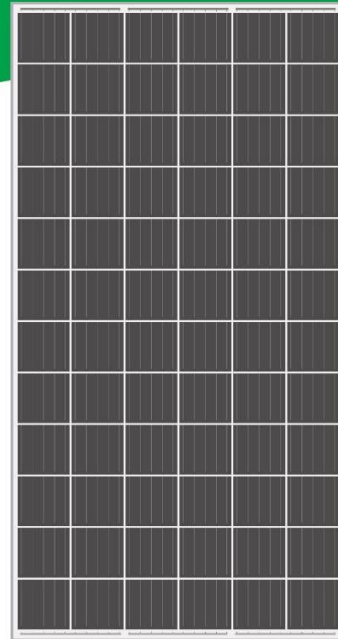
Configuración toma de salida	Manguera Tipo 1 20 Amp	Manguera Tipo 1 32 Amp	Manguera Tipo 2 20 Amp	Manguera Tipo 2 32 Amp	Clavija Socket Tipo 2 20 Amp	Clavija Socket Tipo 2 32 Amp
Símbolo conector Connector symbol						
Frecuencia de entrada Frequency of input	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Tolerancia Tolerance	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Cerradura / Mando para activación Lock / Remote for activation	opcional	opcional	opcional	opcional	opcional	opcional
Corriente de carga configurable Output Current	6-20A	6-32A	6-20A	6-32A	6-20A	6-32A
Tª Ambiente de trabajo Operating temp. (°C)	-15°C a 45°C	-15°C a 45°C	15°C a 45°C	-15°C a 45°C	-15°C a 45°C	-15°C a 45°C
Control de potencia Power control	Modo 3 control PWM, acorde a ISO/IEC 61851	Modo 3 control PWM, acorde a ISO/IEC 61851	Modo 3 control PWM, acorde a ISO/IEC 61851	Modo 3 control PWM, acorde a ISO/IEC 61851	Modo 3 control PWM, acorde a ISO/IEC 61851	Modo 3 control PWM, acorde a ISO/IEC 61851
Estado de la recarga Recharge status	Retroiluminación LED & Display	Retroiluminación LED & Display	Retroiluminación LED & Display	Retroiluminación LED & Display	Retroiluminación LED & Display	Retroiluminación LED & Display
Tipo de conector Type of connector	SAE J1772	SAE J1772	IEC 62196-2	IEC 62196-2	IEC 62196-2	IEC 62196-2
Bloqueo del conector (Opcional) Connector lockout					✓	✓
Tensión de entrada Input voltage	230 VAC	230 VAC	230 / 400 VAC	230 / 400 VAC	230 / 400 VAC	230 / 400 VAC
Potencia de salida por toma Output power per tap	1,4 - 4,6 kW	1,4 - 7,4 kW	1,4 - 4,6 kW	1,4 - 22 kW	1,4 - 4,6 kW	1,4 - 22 kW



EOS MONO by Eco Green Energy






380-400W

158.75 mm Cell - 72 cells



Founded in 2008, Eco Green Energy is a french brand solar PV manufacturer and distributing now its PV module in more than 60 countries over the world. Eos mono solar modules are made only with grade A cells for highest power generation, lowest LCOE, and ensured more than 25 years lifespan.

KEY FEATURES

-  PERC Cells Technology
-  Lower LCOE and BOS
-  Anti PID/ Low LID protection
-  Less Hot Spot Shading effects
-  Lower temperature coefficient

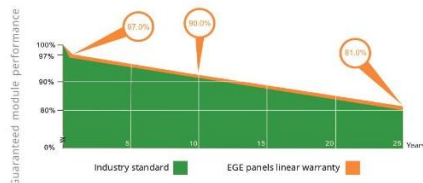
- 72-Cell**
MONOCRYSTALLINE MODULE
- 20.16%**
MAXIMUM EFFICIENCY
- 0~+5W**
POSITIVE POWER TOLERANCE
- GRADE A**
CELLS GUARANTEED

 French Quality Module



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12-Year Product Warranty · 25-Year Linear Power Warranty



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.
Add: 299 Xing Cheng Road, Chong Chuan District, Nantong, Jiangsu, China
Tel: +86 513 66690088 / E-mail: info@eco-greenenergy.com

COMPREHENSIVE CERTIFICATES

IEC 61215/ IEC 61730 / IEC 62804 / UL 61730
ISO 9001 : Quality Management Systems



Facebook: www.facebook.com/EGE.Nantong
Linkedin: www.linkedin.com/company/eco-green-energy/
Website: www.eco-greenenergy.com



ELECTRICAL DATA AT STC*

Power output (Pmax)	380 W	385 W	390 W	395 W	400 W
Power tolerance	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W	0~+5 W
Module efficiency	19.15 %	19.41 %	19.66 %	19.91 %	20.16 %
Maximum power voltage (Vmp)	39.50 V	39.65 V	39.76 V	39.86 V	39.92 V
Maximum power current (Imp)	9.62 A	9.71 A	9.81 A	9.91 A	10.02 A
Open circuit voltage (Voc)	48.20 V	48.25 V	48.37 V	48.48 V	48.6 V
Short circuit current (Isc)	9.99 A	10.08 A	10.18 A	10.28 A	10.4 A

*Standard Test Conditions: Irradiance: 1 000 W / m² • Cell temperature: 25°C • AM: 1.5

ELECTRICAL DATA AT NMOT*

Power output (Pmax)	283.34 W	287.07 W	290.79 W	294.52 W	298.25 W
Maximum power voltage (Vmp)	37.03 V	37.17 V	37.27 V	37.37 V	37.42 V
Maximum power current (Imp)	7.64 A	7.71 A	7.79 A	7.87 A	7.96 A
Open circuit voltage (Voc)	44.70 V	44.74 V	44.86 V	44.96 V	45.07 V
Short circuit current (Isc)	8.12 A	8.19 A	8.28 A	8.36 A	8.45 A

*Nominal Operating Cell Temperature: Irradiance: 800 W / m² • Ambient temperature: 20°C
• AM: 1.5 • Wind speed: 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline (158.75x158.75 mm)
Number of cells	72
Dimensions	1980x1002x40mm
Weight	22.9 kg
Glass	3.2 mm tempered glass, High transmission (>94%), Anti-Reflective Coating
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP68 rated (3 by pass diodes)
Cable	4mm ² , 900mm (+) 900mm (-); Length can be customized
Connector	MC4 or MC4 compatible
Max front load (e.g.: snow)	5400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2400 Pa

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT	45 °C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.396%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.31%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.06%/°C

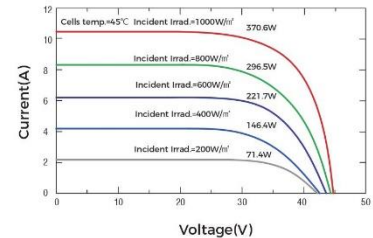
MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-45 °C ~+85 °C
Maximum system voltage	1500V/DC(IEC) 1500V/DC(UL)
Max series fuse rating	25 A

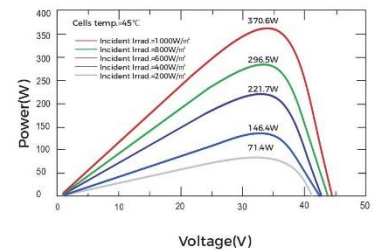
PACKAGING (1980x1002x40mm)

Type	Pcs	Weight
Per pallet	27 pcs	663 kg
40ft HQ Container	696 pcs	17.1 t

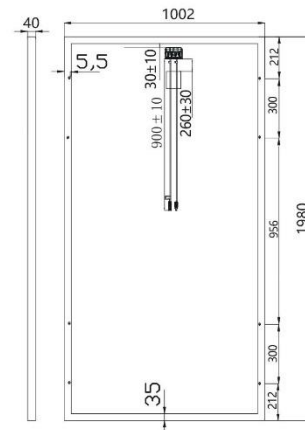
PV MODULE : EGE-400W-72M



PV MODULE : EGE-400W-72M



Dimension of PV Module (mm)



Specifications included in this datasheet are subject to change without prior notice. Refer to our website for further information or contact one of our sales staff. www.eco-greenenergy.com



Multi-application - LiFePO4 Power CE UE-12Li300BL	LITHIUM IRON PHOSPHATE BATTERY 
Issued Date > 2017-07-26 Issued Version > V00	
	

1. General Information

This specification defines the performance of rechargeable LiFePO4 battery pack **UE-12Li300BL** manufactured by MASTER BATTERY, S.L., describes the type, performance, technical characteristics, warning and caution of the battery pack. The battery pack support Bluetooth communication function. Through Android and IOS APP, can read the battery status and information. Especially due to the Android system's openness, different smart phone manufacturer will have their own different Bluetooth hardware version and customized feature Android systems. So the APP may not work well on some smart phones (with Android system) due to compatible issue. It is necessary for the customer to confirm whether the phone is compatible for the APP.

2. Specification (@Battery initial Temp25±5°C)

NO.	Items	Description
1	Rated Capacity	300Ah
	Minimum Capacity	285Ah
2	Energy	3.84KWh
3	Nominal Voltage	12.8V
4	Outgoing Voltage	≥ 12.8V
5	Internal resistance	≤ 15mΩ
6	Series parallel application	Series connection is prohibited
7	Limited charge voltage	14.6±0.2V
8	Floating charge voltage	13.8±0.2V
9	Standard charge current	60A
10	Maximum charge current	80A



 Poligono industrial La Dehesa
 C/ Dehesa Vieja, nº2 Nave 16
 28052 Madrid (Spain)
 Tel. (+34) 918 021 649
 Fax. (+34) 917 750 542
 info@masterbattery.es



NO.	Items	Description
11	Standard discharge current	80A
12	Maximum discharge current	100A/ withstand 30min @Battery initial Temp 25±5°C
13	Pulse discharge current	Withstand the 350A/3s
14	Discharge cut-off voltage	9.2V
15	Dimension	Length: 520±3mm
		Width: 269±3mm
		Height: 220±3mm
16	Weight	Approx: 37.7±1Kg
17	Operating Temperature	Charging: 0~45°C
		Discharging: -20~60°C
		Recommended operating temperature: 15°C~35°C
18	Self-discharge rate	Residual capacity: ≤3%/month; ≤15%/years
		Reversible capacity: ≤1.5%/month; ≤8%/years
19	Storage Temperature & Humidity Range	Less than 1 month: -20°C~35°C, 45% RH~75% RH
		Less than 3 months: -10°C~35°C, 45% RH~75% RH
		Recommended storage environment: 15°C~35°C, 45% RH~75% RH

Long time storage:
If the battery need be stored for a long time, the voltage should be 13.2V (50% SOC), and stored in the condition as storage proposal. It need at least one charge & discharge cycle every six months

3. Test Condition

3.1 Standard Test Conditions

- 3.1.1 Unless otherwise specified, all performance tests is required conducted at temperature 25°C±2°C, Humidity less than 45% ~ 75% RH.
- 3.1.2 Unless otherwise specified, the tested product is required unused within two month after outgoing.

02



Poligono industrial La Dehesa
C/ Dehesa Vieja,nº2 Nave 16
28052 Madrid (Spain)
Tel. (+34) 918 021 649
Fax. (+34) 917 750 542
info@masterbattery.es



4. Product Performance

NO.	Items	Criteria	Testing Method	
1	Internal resistance	$\leq 15m\Omega$	50% battery SOC state frequency of 1 KHZ ac resistance tester.	
2	Cycle life (DOD%100)	≥ 2500 cycles	Discharge with the current of 0.33C until it can't discharge, and then rest it for 1h. Charge the battery following CC (0.33C)/CV (14.6V) mode to full capacity, and then rest it for 1h. Repeat above process until full charged capacity is no more than 80% of normal value. Accumulated times is defined as cycle life.	
3	Discharge Temperature Characteristics	-20°C	$\geq 70\%$	At $25\pm 5^{\circ}C$ discharge the battery with the current of 0.33C to the cut-off voltage and record charge capacity. Store the battery at various temperatures for 2h and discharge the battery with 0.33C to the cut-off voltage.
		0°C	$\geq 80\%$	
		25°C	$\geq 100\%$	
		55°C	$\geq 95\%$	
4	Charge Retention ability	Residual capacity $\geq 80\%$ Recovery capacity $\geq 90\%$	Charge the battery to full capacity and store it for 28 days, and then discharge it with 0.33C to the cut-off voltage.	
5	Communication Function	Bluetooth	Though, user can read the battery system information such as voltage, current, SOC, temperature... and so on.	

5. Protective Circuit Specification

The batteries are supplied with a LiFePO4 Battery Management System (BMS) that can monitor and optimized each single prismatic cell during charge & discharge, to protect the battery pack overcharge, over discharge, short circuit. Overall, the BMS helps to ensure safe and accurate running.

Items	Content	Specification
Over charge	Over-charge protection for each cell	$3.80\pm 0.03V$
	Over-charge release for each cell	$3.60\pm 0.04V$
	Over-charge release method	Under the release voltage

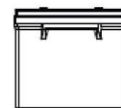
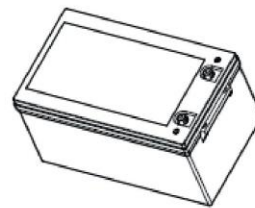
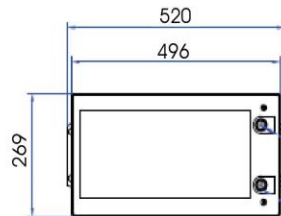
03



Items	Content	Specification
Over discharge	Over-discharge protection for each cell	2.3±0.05V
	Over-discharge release for each cell	2.8±0.05V
	Over-discharge release method	Charge to recovery
Over current	Discharge over current protection	300A~500A
	Protection delay time	0.5s~2s
	Over current release method	Delay about 8S after recovery
Short circuit	Do not short-circuit the electrodes	Designed For 600A /500us
Battery temperature	Charge over temperature	Protection @65±5°C
		Release @50±5°C
	Discharge over temperature	Protection @65±5°C
		Release @50±5°C
	Charge low temperature protection	Protection @-10±5°C
		Release @0±5°C
	MOSFET over temperature protection	Protection @103±10°C
		Release @75±10°C

6. Dimensional Drawing

Unit: mm



04



7. Transportation

- Based on the character of cell, proper environment for transportation of LiFePO₄ battery pack need to be created to protect the battery.
- Battery should be stayed in the warehouse 15°C ~ 35°C where it's dry, clean, shade and well-ventilated.
- The battery should be stored in 50% SOC during transportation.
- The battery need to be charged every 6 months if out of use.
- Keep the battery against dropping, turning over and serious stacking during loading.

8. Warning & Tips

Please read and follow the specification and caution remarks on battery surface before use the battery. Improper use may cause heat, fire, rupture, damage or capacity deterioration of the battery. MASTER BATTERY, S.L. describes is not responsible for any accidents caused by the usage without following our specification.

- The battery must be far away from heat source, high voltage, and avoid to be exposed in sunshine for long time.
- Never throw the battery into water.
- Do not put the battery in a charger or equipment with wrong terminals connected.
- Never connect the positive and negative of battery with metal.
- Avoid excessive physical shock or vibration. don't hit, fall, stamp on the battery.
- Without the permission of the manufacturer and guidance, forbidden to remove or to assemble the battery.
- Do not use the battery mixed with other different manufacturer, type, or model batteries.
- Keep the battery against high temperature. Otherwise it will cause battery heat, get into fire or lose some function and reduce the life.
- When battery run out of power, please charge your battery timely (≤ 15 day).
- Please use the matched or suggested charger for this battery.
- If battery emit peculiar smell, heating, distortion or appear any abnormality during working or storage, please stop using and take it out from device.
- If the battery leaks and get into the eyes or skin, do not wipe, instead, rinse it with clean water and see doctor immediately.
- Please far away from children or pets.
- Do not put disuse battery into a fire or water.
- The battery pack supports up to 4 series-connected applications.
- Parallel connection of this battery pack is allowed under condition that voltage difference $\leq 0.2V$, parallel numbers ≤ 4 groups, and operated by professionals.



9. Battery Operation Instruction

9.1 Charge and discharge

9.1.1 Charging current: Do not surpass the largest charging current that specification stipulated.

9.1.2 Charging voltage: Do not surpass the highest limited voltage that specification stipulated.

9.1.3 Charging temperature: within temperature scope that specification stipulated.

9.1.4 Charge with constant current, then with the constant voltage, no reverse charge, which is dangerous.

9.1.5 Special note:

Short time doesn't affect the use of the battery overcharge too, but for a long period of time over discharge or over charge can affect the function of the battery failure, or the battery can't use permanent, appear serious safety hazards, need long time floating please use the recommended floating model specification. Battery when not in use for a long time, because of its own self-discharge characteristics can also cause discharge, to prevent the occurrence of a discharge, battery should maintain a certain capacity, maintain the voltage at 50% state of SOC.

10. Other Chemical Reaction

Because batteries utilize a chemical reaction, battery performance will deteriorate over time even if stored for a long period of time without being used. In addition, if the various usage conditions such as charge, discharge, ambient temperature, etc. are not maintained within the specified ranges, the life expectancy of the battery may be shortened or the device in which the battery is used may be damaged by electrolyte leakage. If the discharge time is much shorter than the normal after full charged, even battery is charged correctly, and this may indicate it is time to change the battery.



SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0
con SMA SMART CONNECTED



SB3.0-1AV-41 / SB3.6-1AV-41 / SB4.0-1AV-41 / SB5.0-1AV-41 / SB6.0-1AV-41

Servicio inteligente con SMA Smart Connected

<p>Compacto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Montaje por parte de una sola persona gracias al bajo peso de 17,5 kg • Mínima necesidad de espacio gracias al diseño compacto 	<p>Cómodo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalación 100 % plug & play • Monitorización en línea gratuita por medio de Sunny Places • Servicio automatizado mediante SMA Smart Connected 	<p>De gran rendimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento de la energía sobrante por la limitación de la potencia activa dinámica • Gestión de sombras mediante OptiTrac™ Global Peak o la comunicación TS4-R integrada 	<p>Combinable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ampliable en cualquier momento con gestión inteligente de la energía y soluciones de almacenamiento • Combinable con componentes TS4-R para la optimización de módulos
--	--	--	--

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0

Mayor rendimiento para los hogares particulares: generación inteligente de la energía solar

El nuevo Sunny Boy 3.0-6.0 garantiza máximos rendimientos energéticos para los hogares particulares. Este combina el servicio integrado SMA Smart Connected con una tecnología inteligente para cualquier requisito del entorno. El equipo es fácil de instalar gracias a su diseño extremadamente sencillo. Mediante la interfaz web integrada, el Sunny Boy puede ponerse rápidamente en funcionamiento a través del teléfono inteligente o la tableta. Y para los requisitos especiales en el techo, en caso de p. ej. sombra pueden añadirse fácilmente y de forma precisa los optimizadores de módulos TS4-R. Los estándares de comunicación actuales hacen que el inversor pueda ampliarse con seguridad para el futuro y de forma flexible en cualquier momento con la gestión inteligente de la energía y las soluciones de almacenamiento de SMA.

SMA SMART CONNECTED

Servicio técnico integrado para un confort absoluto

SMA Smart Connected* es la monitorización gratuita del inversor a través de Sunny Portal de SMA. Si se produce un error en un inversor, SMA informa de manera proactiva al operador de la planta y al instalador. Esto ahorrará valiosas horas de trabajo y costes.

Con SMA Smart Connected el instalador se beneficia del diagnóstico rápido de SMA, lo que le permite solucionar los errores con rapidez y ganarse la simpatía del cliente con atractivas prestaciones adicionales.



ACTIVACIÓN DE SMA SMART CONNECTED

El instalador activa SMA Smart Connected durante el registro de la planta en Sunny Portal y de este modo se beneficia de la monitorización automática de inversores por parte de SMA.



MONITORIZACIÓN AUTOMÁTICA DE INVERSORES

Con SMA Smart Connected, SMA se hace cargo de la monitorización de los inversores. SMA supervisa cada uno de los inversores de forma automática y permanente para detectar anomalías en el funcionamiento. De este modo, los clientes se benefician de la vasta experiencia de SMA.



COMUNICACIÓN PROACTIVA EN CASO DE ERRORES

Tras el diagnóstico y el análisis de un error, SMA informa de inmediato al instalador y al cliente final por correo electrónico. Así todas las partes están perfectamente preparadas para corregir el error. Esto minimiza el tiempo de parada y, en consecuencia, ahorra tiempo y dinero. Gracias a los informes regulares sobre el rendimiento se obtienen valiosas conclusiones adicionales acerca del sistema completo.



SERVICIO DE RECAMBIO

En caso de requerirse un equipo de recambio, SMA suministra automáticamente un nuevo inversor en el plazo de 1 a 3 días tras diagnosticarse el error. El instalador puede dirigirse de forma activa al operador de la planta para la sustitución del inversor.

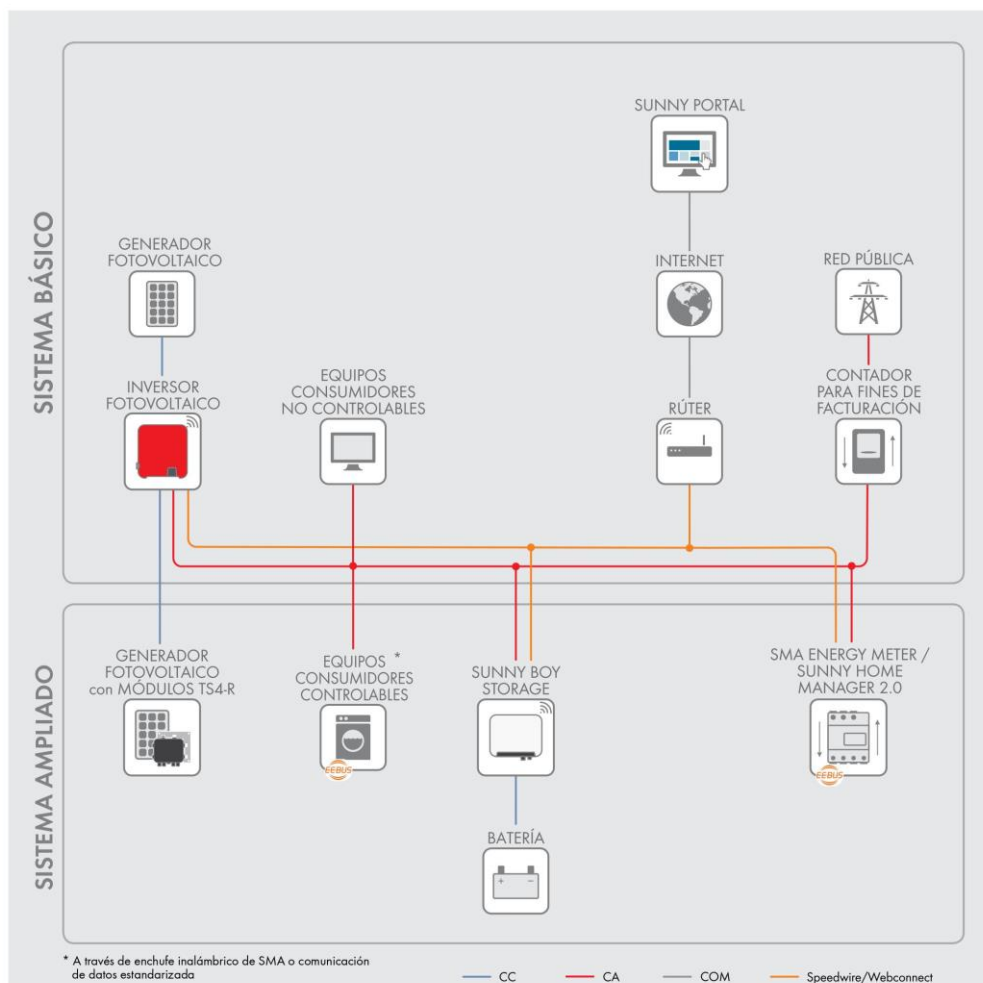


SERVICIO DE RENDIMIENTO

El operador de la planta puede exigir un pago compensatorio de parte de SMA si el inversor de recambio no se entrega dentro del plazo de 3 días.

* Para más detalles, véase el documento "Descripción de los servicios: SMA SMART CONNECTED"

Datos técnicos	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0	Sunny Boy 6.0
Entrada (CC)					
Potencia máx. del generador fotovoltaico	5500 Wp	5500 Wp	7500 Wp	7500 Wp	9000 Wp
Tensión de entrada máx.	600 V				
Rango de tensión del MPP	De 110 V a 500 V	De 130 V a 500 V	De 140 V a 500 V	De 175 V a 500 V	De 210 V a 500 V
Tensión asignada de entrada	365 V				
Tensión de entrada mín./de inicio	100 V/125 V				
Corriente máx. de entrada, entradas: A/B	15 A/15 A				
Corriente máx. de entrada por string, entradas: A / B	15 A/15 A				
Número de entradas de MPP independientes/Strings por entrada de MPP	2/A; 2; B; 2				
Salida (CA)					
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W ¹⁾	6000 W
Potencia máx. aparente de CA	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA ¹⁾	6000 VA
Tensión nominal de CA/Rango	220 V, 230 V, 240 V/De 180 V a 280 V				
Frecuencia de red de CA/Rango	50 Hz, 60 Hz/De -5 Hz a +5 Hz				
Frecuencia asignada de red/Tensión asignada de red	50 Hz/230 V				
Corriente máx. de salida	16 A	16 A	22 A ²⁾	22 A ²⁾	26,1 A
Factor de potencia a potencia asignada	1				
Factor de desfase ajustable	0,8 inductivo a 0,8 capacitivo				
Fases de inyección/conexión	1/1				
Rendimiento					
Rendimiento máx./europeo Rendimiento	97,0%/96,4%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%	97,0%/96,5%	97,0%/96,6%
Dispositivos de protección					
Punto de desconexión en el lado de entrada	●				
Monitorización de toma a tierra/de red	●/●				
Protección contra polarización inversa de CC/Resistencia al cortocircuito de CA/con separación galvánica	●/●/—				
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●				
Clase de protección (según IEC 61140)/Categoría de sobretensión (según IEC 60664-1)	I/III				
Datos generales					
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	435 mm/470 mm/176 mm (17,1 in/18,5 in/6,9 in)				
Peso	17,5 kg (38,5 lb)				
Rango de temperatura de funcionamiento	De -25 °C a +60 °C (de -13 °F a +140 °F)				
Emisión sonora, típica	25 dB(A)				
Autoconsumo (nocturno)	5,0 W				
Topología	Sin transformador				
Sistema de refrigeración	Convección				
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65				
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H				
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100%				
Equipamiento					
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Conector de enchufe de CA				
Visualización a través de teléfono inteligente, tableta o portátil	●				
Interfaces: WLAN, Speedwire/Webconnect	●/●/●				
Protocolos de comunicación	Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data, TS4-R				
Gestión de las sombras: OptiTrac Global Peak	●/○				
Garantía: 5/10/15 años	●/○/○				
Certificados y autorizaciones (otros a petición)	AS 4777.2, C10/11, CE, CEI 0-21, EN 50438, G59/3-4, G83/2-1, DIN EN 62109 / IEC 62109, NEN-EN50438, IECEN50438, NT_Ley20.571, ÖVE/ÖNORM E 8001-4-712 & TOR D4, PPDS, PPC, RD1699, TR3.2.1, UTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE0126-1-1, VFR 2014				
Certificados y autorizaciones (en planificación)	DEWA, IEC 61727, IEC 62116, MEA, NBR16149, PEA, SI4777, TR3.2.2				
Disponibilidad de SMA Smart Connected en los países	AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK				
<p>● Equipamiento de serie ○ Opcional — No disponible Datos en condiciones nominales: 02/2019</p> <p>1) 4600 W/4600 VA para VDE-AR-N 4105 2) AS 4777: 21,7 A</p>					
Modelo comercial	SB3.0-1AV-41	SB3.6-1AV-41	SB4.0-1AV-41	SB5.0-1AV-41	SB6.0-1AV-41



Funciones del SISTEMA BÁSICO

- Puesta en marcha sencilla gracias a la interfaz WLAN y Speedwire integrada
- Transparencia máxima gracias a la visualización en Sunny Portal/Sunny Places
- Seguridad de la inversión por medio de SMA Smart Connected
- Modbus como interfaz de tercero

Funciones del SISTEMA AMPLIADO

- Funciones del sistema básico
- Reducción del consumo de la red y aumento del autoconsumo mediante el uso de energía fotovoltaica almacenada provisionalmente
- Máxima utilización de la energía con una carga basada en la previsión
- Autoconsumo ampliado gracias a una gestión de la carga inteligente
- Rendimiento máximo de la planta gracias a la tecnología de módulos inteligentes

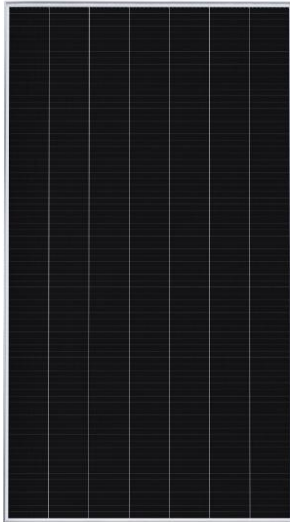
Con SMA Energy Meter

- Rendimiento máximo de la planta gracias a la limitación dinámica de la inyección a red entre el 0 % y el 100 %
- Visualización de los consumos energéticos

www.SMA-Solar.com

SMA Solar Technology

El Sunny Boy y Sunny Home Manager son marcas registradas de SMA Solar Technology AG. Blaufuß es una marca registrada de Blaufuß SE. In. SURECUE es una marca comercial registrada de PICOIN CONTACT GmbH & Co. KG. Impreso en papel FSC. No nos hacemos responsables de errores de impresión. SMA no asume ninguna responsabilidad por errores de impresión. Para obtener información actualizada consulte www.SMA-Solar.com.



PERFORMANCE 3 | 495 W

Power Plant Solar Panel

SunPower Performance Panels wrap conventional front contact cells with 35 years of SunPower materials, engineering and manufacturing expertise to enhance panel strength and durability. The weakest points of Conventional Panel design are eliminated to deliver superior power, reliability and value.¹

Limited Product Availability: Performance P3-UPP panels are engineered to meet the unique needs of large-scale solar power plants. Please note that this product is built-to-order for large-scale, multi-megawatt installations only. Please contact your sales representative with further questions.



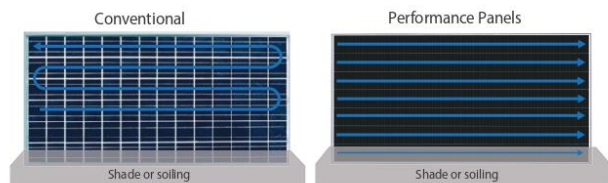
More Energy

By exposing more active surface area across more mono PERC cells, Performance P3-UPP panels optimize power density, while lowering system costs. The result is a high power panel uniquely suited for the needs of power plant developers, maximizing energy production within available space.



Trusted Durability

SunPower Performance panels are engineered to withstand a host of environmental challenges, such as daily temperature swings, high humidity and shading. In the case of shading, the unique parallel circuitry of Performance panels maximizes energy production during morning and evening row-to-row shading, or when panels become soiled.



Proven Reliability

An innovative shingled cell design mitigates the leading reliability challenges associated with conventional front contact panels by designing out fragile ribbons and solder bonds on the cells. SunPower stands behind each Performance panel with a comprehensive 25-year power and product warranty. With proven results in real-world conditions, SunPower Performance Panels have become the most deployed shingled solar panel in the world.²

Making the conventional, exceptional



- Redundant cell connections create flexible paths for continuous electricity flow.
- Aerospace-grade conductive adhesive delivers superior durability.
- A proprietary encapsulant minimizes cell degradation from environmental exposure.
- Smaller cells extend panel life, optimizing current to keep cells cooler when shaded.³

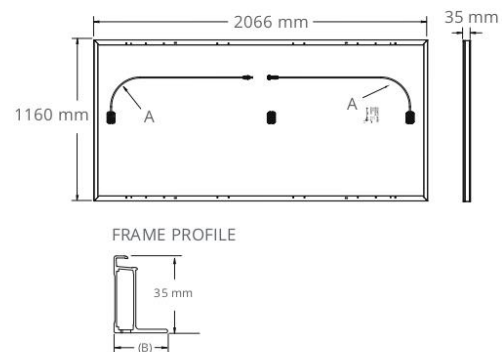
PERFORMANCE 3 | 495 W Power Plant Solar Panel - Datasheet

Electrical Data						
Model	SPR-P3-500-UPP	SPR-P3-495-UPP	SPR-P3-490-UPP	SPR-P3-485-UPP	SPR-P3-480-UPP	SPR-P3-475-UPP
Nominal Power (P _{nom}) ⁴	500 W	495 W	490 W	485 W	480 W	475 W
Power Tolerance	+3/-0%	+3/-0%	+3/-0%	+3/-0%	+3/-0%	+3/-0%
Efficiency	20.9%	20.7%	20.5%	20.2%	20.0%	19.8%
Rated Voltage (V _{mpp})	45.6 V	45.2 V	44.9 V	44.6 V	44.3 V	43.9 V
Rated Current (I _{mpp})	10.98 A	10.95 A	10.92 A	10.89 A	10.85 A	10.83 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	54.6 V	54.2 V	53.9 V	53.6 V	53.3 V	53.0 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	11.63 A	11.60 A	11.57 A	11.53 A	11.49 A	11.46 A
Maximum System Voltage	1500 V IEC					
Maximum Series Fuse	20 A					
Power Temp. Coef.	-0.34% / ° C					
Voltage Temp. Coef.	-0.28% / ° C					
Current Temp. Coef.	0.06% / ° C					

Tests And Certifications (Pending)	
Standard Tests ⁵	IEC 61215, IEC 61730 Rated to 1500 V
Quality Certs	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
EHS Compliance	OHSAS 18001:2007, Recycling Scheme
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	MIL-STD-810G
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
LeTID Test ⁶	IEC 61215 (MQT 23.1 LeTID detection) draft standard
PID Test	Potential-Induced Degradation free: 1500 V
Available Listings	TUV, MCS

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	-40° C to +85° C
Impact Resistance	25 mm diameter hail at 23 m/s
Solar Cells	Monocrystalline PERC
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-67, MC4 Compatible, 3 bypass diodes
Weight	25 kg
Max. Load	Wind: 2400 Pa, 245 kg/m ² front & back Snow: 5400 Pa, 550 kg/m ² front
Frame	Class 2 silver anodized

Warranties	
25-year Product Workmanship Warranty	
25-year Power Warranty	
(Please refer to product warranty for details)	



(A) Cable Length: 1000 mm +/- 15 mm
(B) Long Side: 32 mm
Short Side: 24 mm

Read safety and installation instructions before using this product.

1 Independent Shade Study by CFV Laboratory.
2 Osborne. "SunPower supplying P-Series modules to a 125 MW NextEra project." PV-Tech.org, March 2017.
3 SunPower Performance Series - Thermal Performance, Z.Campeau 2016.
4 Measured at Standard Test Conditions (STC): irradiance of 1000 W/m², AM 1.5, and cell temperature 25° C.
5 Class C fire rating per IEC 61730.
6 Fraunhofer CSP LID Sensitivity according to IEC 61215 (MQT 23.1 LeTID detection), <1% power loss.

Designed in USA, assembled in China.

See www.sunpower.com for more reference information.
Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

©2020 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER and the SUNPOWER logo are registered trademarks of SunPower Corporation in Europe, the U.S., and other countries as well.

☎ 00 800 855 81111

SUNPOWER®
PERFORMANCE

534985 REV A / A4_EN
Publication Date: June 2020

sunpower.com

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Edison Hernán Sumba Zumba portador de la cédula de ciudadanía N.º 0302302823. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para electrolinera en espacios turísticos de uso público – caso aguas termales de Guapán” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de julio de 2022

F: 

Edison Hernán Sumba Zumba

0302302823