



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MERIDA VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DISEÑO DEL SISTEMA DE RESPALDO ELÉCTRICO,
APLICANDO ENERGÍA RENOVABLE FOTOVOLTAICA, PARA
LA ESTACIÓN LA HECHICERA DEL SISTEMA DE
TRANSPORTE MASIVO TROMERCA. PARTE 1

Br. Leonardo José Briceño Ángel.

Mérida Abril, 2022.



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MERIDA VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE RESPALDO ELÉCTRICO,
APLICANDO ENERGÍA RENOVABLE FOTOVOLTAICA, PARA
LA ESTACIÓN LA HECHICERA DEL SISTEMA DE
TRANSPORTE MASIVO TROMERCA. PARTE 1**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electricista

Br. Briceño A. Leonardo J.

Tutor Académico:

Prof. Marisol Dávila

Tutor Industrial:

Leonardo Méndez

Cotutor:

Prof.: Juan Carlos Rojas

Mérida, Abril, 2022.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE RESPALDO ELÉCTRICO, APLICANDO
ENERGÍA RENOVABLE FOTOVOLTAICA, PARA LA ESTACIÓN LA
HECHICERA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO
TROMERCA. PARTE I**

Br. Leonardo José Briceño Ángel.

www.bdigital.ula.ve

Trabajo de Grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente Jurado.

Prof. Pedro Omar Mora mogollón

Prof. Oscar Blanco

Tutor: Prof. Marisol Dávila Calderón

DEDICATORIA.

Primeramente a Dios, ante los diferentes desafíos a lo largo de la carrera ha iluminado mi camino para poder afrontarlos con paciencia y dedicación. A mis padres, quienes han sido el apoyo primordial para esta larga trayectoria; su incondicional amor, paciencia y motivación hacia el éxito, aun en los peores momentos, han sido la piedra fundamental en este recorrido. A mis hermanas que representan mi luz, mi guía, mi razón de ser, ellas hacen que mi vida siempre tenga un motivo de lucha. A mis sobrinos mi estímulo para ser mejor persona cada día.

A la ciudad de Mérida, una maravillosa localidad que me abrió las puertas y me adoptó como un hijo más de su tierra, no hay palabras para agradecer a esta bella ciudad por dejarme disfrutar de sus hermosos paisajes y su clima inigualable.

También quisiera mencionar a la prestigiosa e ilustre Universidad de los Andes, nunca se puede estar tan agradecido con la institución en la que me he formado durante años para ser un gran profesional y un excelente ser humano.

Por último, quisiera nombrar aquellas personas, que con el tiempo surgió un compañerismo y una amistad profunda leal y verdadera, faltaría hojas para mencionarlos a todos ellos, pero mi cariño permanece intacto aunque nuestros caminos han tomado rumbos diferentes, siempre se llevan en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS.

Ante todo, agradezco a Dios todo poderoso, su grandiosidad de otorgarme esta majestuosa oportunidad, todo este recorrido no se puede hacer sin la sabiduría y paciencia que me ha otorgado, gracias DIOS por este momento.

A mis padres José y Carmen, por todo su amor, cariño y toda la educación que me han proporcionado a lo largo de la vida para que pudiera llegar a este momento, por eso infinitas gracias.

Quiero agradecer profundamente a mi tutora y guía en todo este proceso, como lo es la profesora Marisol Dávila con su amplia sabiduría y experiencia me ha guiado, apoyado y aclarado esas dudas que uno puede llegar presentar en este proceso.

También expreso un profundo agradecimiento a mi cotutor profesor Juan Carlos Rojas, su apoyo con sus conocimientos en momentos difíciles, fue un gran aliento para la culminación de esta investigación.

Otra distinguida mención de agradecimiento y respeto son para el Arquitecto Ángel Mendoza y el ingeniero Leonardo Méndez, que forman parte de la empresa TROMERCA, para ellos y todo el personal que labora en el área de proyectos y afectaciones mis cordiales saludos.

Para finalizar quisiera expresar mi agradecimiento a mis compañeros Jesús Castillo, Zulay Torres y Nachell Ruiz por su sincera amistad, por sus aportes en conocimientos y su apoyo emocional en momentos difíciles, mis agradecimientos profundos y mi cariño para toda la vida.

Diseño Del Sistema De Respaldo Eléctrico, Aplicando Energía Renovable Fotovoltaica, Para La Estación La Hechicera Del Sistema De Transporte Masivo TROMERCA. Parte

I. Br. Leonardo José Briceño Ángel. Universidad de los Andes. Tutor: Marisol Dávila. Abril 2022.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad el diseño de un sistema de suministro de energía eléctrica que funcione como unidad de soporte o respaldo que permita integrar la energía solar fotovoltaica como tecnología limpia y autónoma para la estación La Hechicera del sistema de transporte masivo TROMERCA, con el propósito de implementar el uso alternativo de energías renovables en las nuevas construcciones de terminales en el sistema de transporte. Este diseño se plantea con base a proyecto factible, el tipo de investigación mixta; es decir, descriptiva y de campo. El trabajo de investigación se realizó en 3 fases: la primera fase consistió en la estimación de la demanda de potencia de la estación, estimación solar y los elementos del sistema fotovoltaico, así como la selección de los materiales, material bibliográfico y ubicación de la zona en estudio. En la segunda fase se realizó el diseño circuital del sistema fotovoltaico, diseño de la base y ángulos de proyección solar y en la última fase los respectivos análisis del diseño y viabilidad del proyecto. Por último, se analizaron los resultados, los cuales reflejaron que es un proyecto viable con inversión inicial costosa económicamente, pero a mediano plazo compensa la inversión, pues abarata los costos de consumo para la terminal de la estación La Hechicera.

Palabras clave: energías renovables, demanda, diseño, impacto ambiental.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
CAPÍTULO I.....	3
POR QUÉ UTILIZAR ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN TROMERCA?.....	3
1.1 EL PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.3 OBJETIVOS.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 METODOLOGÍA.....	6
1.4.1 Unidad de estudio y análisis.....	7
1.4.2 Población.....	8
1.4.3 Muestra.....	8
1.5 ALCANCE.....	8
1.6 LIMITACIONES.....	9
1.7 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	9
1.7.1 Antecedentes de la investigación.....	10
2 CAPÍTULO II.....	14
2.1 Energía.....	14
2.1.1 Formas de energía.....	14
2.1.2 Fuentes de energía.....	15
2.1.3 Energía fotoeléctrica.....	16
2.1.4 Radiación solar.....	17

2.1.5	Irradiación.....	17
2.2	Energía fotovoltaica.....	19
2.2.1	Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	20
2.3	Celdas fotovoltaicas.....	22
2.3.1	Características de las celdas.....	22
2.3.2	Factores que afectan el rendimiento.....	24
2.4	Módulos fotovoltaicos.....	25
2.4.1	Módulos de silicio mono cristalino.....	25
2.4.2	Módulo de silicio policristalino.....	26
2.4.3	Módulo de silicio amorfo.....	26
2.4.4	Módulo de indio y cobre.....	27
2.5	Reguladores.....	27
2.5.1	Regulador shunt.....	27
2.5.2	Regulador serie.....	28
2.5.3	Regulador controlado por ancho de pulso.....	28
2.5.4	MPPT (Maximum Power Point Tracker).....	28
2.6	Baterías.....	29
2.6.1	Características de las baterías.....	29
2.6.2	Tipos de batería.....	30
2.7	Inversores.....	31
2.7.1	Tipos de inversores.....	31
2.8	Protectores.....	32
2.8.1	Protectores de corriente continua.....	32
2.9	Aplicaciones de la energía fotovoltaica.....	33
2.10	Efecto ambiente en las celdas fotovoltaicas.....	34
2.11	Efecto socio económico.....	34
2.12	Marco legal.....	34
2.13	Definición de transporte.....	35

2.14	Estaciones de transporte.....	35
2.15	Aplicaciones de energías renovables en medios de transportes.....	35
3	CAPÍTULO III.	37
3.1	Diagnóstico de la situación energética en el sector La Hechicera.	37
3.2	Descripciones generales del terreno.....	37
3.2.1	Ubicación.....	37
3.2.2	Descripción del entorno físico y ambiental de la zona.	39
3.2.3	Instituciones existentes en la zona.....	39
3.2.4	Descripción de los servicios básicos.	40
3.2.5	Vialidad.	40
3.3	Propuesta del diseño fotovoltaico para la estación La Hechicera.....	40
3.3.1	Estimación del consumo.....	40
3.3.2	Estimación del rendimiento solar.	44
3.3.3	Selección de las baterías.....	51
3.3.4	Estimación del número de baterías.	52
3.3.5	Selección de los paneles solares.	53
3.3.6	Estimación de los paneles solares.....	54
3.3.7	Selección del regulador.	57
3.3.8	Selección del inversor.....	60
3.3.9	Conductores.....	61
3.3.10	Protecciones.....	68
3.3.11	Diseño del circuito.....	86
3.3.12	.Diseño de bases y ángulos del circuito fotovoltaico.....	87
3.3.13	Estimación de materiales.....	89
	Capítulo IV.....	92
4.1	Análisis y discusión de resultados.....	92
4.2	Análisis económico.....	92
4.2.1	Método CAUE (costo anual uniforme equivalente).....	92

4.3	Análisis ambiental.....	95
4.3.1	Dimensiones	96
4.3.2	Descripción del impacto	97
4.3.3	Medidas mitigantes.....	103
5	CONCLUSIONES.....	105
6	RECOMENDACIONES	107
7	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	108
8	ANEXOS	111

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 ventajas y desventajas energia Fotovoltaica. [10]	19
Tabla 3.1 Potencia de los tableros presentes en la estación.	41
Tabla 3.2 Coeficientes de rendimiento.	43
Tabla 3.3 Demanda real de los circuitos.	44
Tabla 3.4 Clasificación de la zona según su radiación.	45
Tabla 3.5 Radiación global óptima.	47
Tabla 3.6 Radiación global angulada 10°.	47
Tabla 3.7 Radiación promedio diaria óptima.	48
Tabla 3.8 Radiación global angulada promedio diaria a 10°.	49
Tabla 3.9 Característica del equipo.	51
Tabla 3.10 Total de baterías para el diseño.	53
Tabla 3.11 Total de paneles para el diseño.	57
Tabla 3.12 Total de reguladores para el diseño.	60
Tabla 3.17 Total inversores para el diseño.	61
Tabla 3.18 Número de conductor por capacidad de corriente tablero #8	63
Tabla 3.19 Número de conductor por capacidad de corriente tablero #9	64
Tabla 3.20 Número de conductor por caída tensión tablero #8	65
Tabla 3.21 Número de conductor por caída tensión tablero #9	66
Tabla 3.22 Conductor final para el circuito #8	67
Tabla 3.23 Conductor final para el circuito #9	68
Tabla 3.24 Fusibles establecido para los circuitos #8 y #9	69
Tabla 3.25 Interruptores establecido para el circuito #8	70
Tabla 3.26 Interruptores establecido para el circuito #9	70
Tabla 3.27 Interruptores establecido para el circuito #8	72
Tabla 3.28 Interruptores establecido para el circuito #9	72
Tabla 3.29 Muestras de resistencia obtenidas de la ubicación 1.	76
Tabla 3.30 Muestras de resistencia obtenidas de la ubicación 2.	78
Tabla 3.31 Muestras de resistividades máximas y mínimas.	79
Tabla 3.32 Resistividad promedio.	79
Tabla 3.33 Resistividad promedio y espaciado de los diodos.	80
Tabla 3.34 Radio de protección del sistema fotovoltaico contra descargas atmosféricas.	85
Tabla 3.35 Disposición de los materiales en el diseño fotovoltaico.	89
Tabla 4.1 valor de la inversión.	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fases del proyecto.....	7
Figura 2.1. Irradiancia pico [1]	17
Figura 2.2. Radiacion solar [7].....	18
Figura 2.3 Sistema fotovoltaico aislado [7]	20
Figura 2.4 Sistema fotovoltaico conectado a la red [10].....	21
Figura 2.5 Sistema fotovoltaico híbrido [10]	21
Figura 2.5 Célula fotovoltaica [11]	22
Figura 2.6 Curva I-V de un módulo fotovoltaico. [12].....	23
Figura 2.7 Curvas I-V para diferentes valores de radiación solar [12]	23
Figura 2.8 Panel solar de silicio monocristalino [9]	25
Figura 2.9. Panel solar de silicio policristalino [9]	26
Figura 2.10. Panel solar de silicio amorfo. [9].....	26
Figura 2.11. Regulador de sistemas fotovoltaicos. [10].....	27
Figura 2.12, Regulador de sistemas fotovoltaicos paralelo [14].....	28
Figura 2.13. Regulador de sistemas fotovoltaicos serie. [14]	28
Figura 3.1 Ubicación del terreno.....	38
Figura 3.2 Descripción de la estación.	39
Figura 3.3 Coordenadas de Venezuela.....	45
Figura 3.4 Potencial de Fuentes renovables en Venezuela. [FUNDELEC, 2012].....	46
Figura 3.5 Presentación del PVGIS	46
Figura 3.6 Batería del diseño	51
Figura 3.7 Panel del diseño.	53
Figura 3.8 Regulador del diseño	57
Figura 3.9 Inversor del diseño.....	60
Figura 3.10 Ubicación de los electrodos	73
Figura 3.11 Estado meteorológico para el día de muestras.....	74
Figura 3.12 Instrumento de trabajo en resistividad.....	75
Figura 3.13 Equipo de medición	75
Figura 3.14 Conductores de toma de muestras	75
Figura 3.15 ubicación 1 de zona de toma de muestra	76
Figura 3.16 ubicación 2 de zona de toma de muestra	77
Figura 3.17 Representación de la resistividad del terreno.	80
Figura 3.18 Radio de protección del pararrayos.	84
Figura 3.19 diseño del circuito.....	86
Figura 3.20 Distancia mínima entre filas de paneles	87

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 Radiacion solar directa promedio en el periodo de 2005-2015.	49
Gráfico 3.2 Radiacion solar reflejada promedio en el periodo de 2005-2015.	50
Gráfico 3.3 Resistencia en funcion de distancia ubicación 1	77
Gráfico 3.4 Resistencia en funcion de distancia ubicación 2.	78
Gráfico 3.5 Resistencia promedio en funcion del espaciado de los diodos (a).	81
Gráfico 3.6 Gráfica sunde para hallar ρ_{ap1}	81

www.bdigital.ula.ve

INTRODUCCION.

En las últimas décadas el crecimiento acelerado de la población y su constante necesidad de confort y bienestar en el uso de medios tecnológicos ha provocado un aumento acelerado de consumo eléctrico y a medida que avanza el tiempo se ve la necesidad de buscar alternativas viables para implementar sistemas de generación que satisfagan esta demanda en crecimiento. Una de las respuestas a la necesidad por energía eléctrica comienza por la búsqueda de nuevas fuentes que garanticen el constante suministro ininterrumpido del servicio, entre ellas destaca la energía renovable de tipo solar con un gran potencial para su uso.

De lo anteriormente planteado, se deduce que los sistemas de energía fotovoltaicos se presentan como una alternativa segura, confiable y limpia a estas nuevas formas de generación y alimentación. Venezuela por su ubicación esta entre los países cuya irradiación solar la hace privilegiada para la implementación de este tipo de sistemas, además que son sistemas de fácil instalación reduciendo el uso de energía fósil el cual es altamente contaminante con el ambiente.

A raíz de lo mencionado anteriormente, se encuentra la empresa TROMERCA (Trolebús Mérida C.A) cuya terminal principal se encuentra ubicada en la ciudad de Ejido del estado Mérida, quienes prestan su servicios hacia el centro de la ciudad capital Mérida, observándose que actualmente no cumple con los objetivos de mantener un sistema amigable con el medio ambiente, debido a que sus tranvías están implementando energía eléctrica como principal fuente para desplazarse y sus estaciones están presentando fallas en el servicio eléctrico ya que no cuentan con un sistema de respaldo que proporcione estabilidad en el servicio.

Motivado a lo expresado anteriormente, se deduce que el presente trabajo especial de grado se encuentra enfocado en el diseño de un sistema de respaldo para la estación La

Hechicera perteneciente a la empresa TROMERCA como proyecto factible para dar solución ante la problemática existente, de allí que el presente trabajo de investigación se encuentra estructurada en los siguientes capítulos:

Capítulo I: se presenta el planteamiento del problema, objetivo general y los específicos. La metodología de desarrollo de los objetivos y los antecedentes históricos previa a esta investigación.

Capítulo II: se describen los fundamentos teóricos para el desarrollo de los criterios expuestos en la investigación.

Capítulo III: se despliega el desarrollo de la metodología, el diseño y los cálculos del sistema fotovoltaico.

Capítulo IV: análisis socio económico. Análisis ambiental. Factibilidad del proyecto.

Por último; se desarrollan las conclusiones, recomendaciones y se detalla las referencias bibliográficas consultadas y se concluye con la presentación de anexos y apéndices.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO I

POR QUÉ UTILIZAR ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN TROMERCA?

En este capítulo se hace mención a la problemática existente y la justificación del trabajo de investigación, se hace referencia al objetivo general y los objetivos específicos a desarrollar, también se hace denotar la metodología a seguir para el progreso de la investigación, las limitaciones que se presentan en este proyecto y los antecedentes históricos tomados como referencia de interés para el proyecto.

1.1 EL PROBLEMA

El hombre desde sus comienzos ha tratado de almacenar sus recursos para poder sobrevivir en los periodos más difíciles. La energía no se escapa de esta idea, y a pesar de que su almacenamiento o transformación es más compleja, la humanidad ha ido evolucionando para que esta se desarrolle de la mejor manera. El planeta presenta problemas energéticos a gran escala; en parte, al difícil acceso que poseen poblaciones a un servicio eléctrico eficiente y que la mayor cantidad de personas depende servicios que provienen de fósiles, carbón o madera; es decir, producto del uso de energías no renovables. En datos proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas, la magnitud del consumo de energía es tal que alrededor de 13% de la población carece servicios eléctricos. Esto genera, una gran problemática no solo para la población sino también para empresas cuya producción depende del uso de energía convencional, como es el caso del sistema de transporte eléctrico.

Venezuela no escapa a la situación planteada anteriormente, pues el crecimiento de la población, aunado con la desinversión y la falta de mantenimiento de los equipos existentes en el país: tales como instrumentos de generación, transporte y distribución eléctrica provocaron un desabastecimiento en la oferta eléctrica, sumado a ello el continuo crecimiento de la demanda de energía por parte de la población. Se percibe que con transcurrir de los días el problema energético se incrementa de manera alarmante, tanto así que el gobierno nacional decreta emergencia eléctrica después del desafortunado “apagón” que duró 5 días en Marzo del 2019. Por estas razones, muchas empresas entre las que se pueden destacar aquellas que utilizaban el sistema eléctrico de transporte como son: el METRO DE CARACAS, METRO DE VALENCIA, METRO DE MARACAIBO, TRANSBARCA, y TROLEBUS MERIDA, se vieron aún más afectadas, pues ya venían presentando problemas a causa de las fallas del sistema que los alimenta.

El estado Mérida no escapa a esta realidad, ya que se encuentra en constante crecimiento poblacional urbano, presentando un incremento exponencial de la demanda eléctrica y así lo refleja el Instituto Nacional de Estadística en su último censo oficial en el año 2011 y en boletines emitidos en el año del 2016. Es así, como se observó que producto del consumo, de la inconciencia de los habitantes en el uso irracional de la energía eléctrica; no solo la población se ha visto afectada sino también el comercio, la industria, la agricultura, entre otras, ocasionando pérdidas económicas sociales y ambientales. Adicionalmente, se observa la problemática que está presentando en relación a la escasez de servicios de tranvías de manera fiable y continua, como son TROLEBUS MERIDA Y TROLCABLE.

Llegado a este punto, es necesario hacer referencia a la Empresa de Transporte TROMERCA, el cual es un sistema de vehículos de funcionamiento combinado eléctrico-diésel, el cual tiene su estación principal en la ciudad de Ejido y circula por las diversas estaciones hasta llegar al centro de la ciudad de Mérida. Su finalidad primordial es el transporte masivo de personas para ambas ciudades, fue diseñado para funcionar a través de troles o plumas eléctricas, el cual tenía como objetivo de garantizar la disminución de los efectos contaminantes asociados a los sistemas vehiculares, tanto de transporte público como particulares existentes en la ciudad, y de esta forma servir a la mayor cantidad de personas o pasajeros de estas comunidades.

Actualmente, se observa que el sistema de transporte para el cual fue diseñado no está cumpliendo con los requerimientos y está funcionando solo con el sistema que sirve como respaldo con combustible fósil (petróleo) cuyo derivado es el diésel, ocasionando un aumento considerable de la contaminación ambiental. De lo planteado, se deduce la existencia de una problemática, en este sistema de transporte TROLEBUS principalmente en el uso de energía fósil (diésel) y es lo que atañe, ya que en sus inicios utilizaba la energía convencional para su funcionamiento y ahora lo hace con el respaldo, ocasionando un crecimiento de la dependencia hacia combustible fósil, el agotamiento de los recursos y desmesurado aumento de la contaminación ambiental. Es por ello, que en la presente investigación se pretende dar respuesta a lo anteriormente planteado a través de la implementación del uso de energías renovables, que es una energía limpia, no contaminante, como lo es la tecnología fotovoltaica.

Para la solución, se plantea en la presente investigación el diseño de un sistema de respaldo con energía renovable fotovoltaica que permita la continuidad para lo cual fue diseñado el sistema de trolebús Mérida, surgiendo la interrogante, a través de la cual se orienta la presente investigación: ¿Será posible que con la implementación de un diseño de un sistema de respaldo con energía renovable fotovoltaica, se pueda cubrir la demanda de energía requerida para el funcionamiento del sistema de transporte TROLEBUS-Mérida y satisfacer la necesidades requeridas de la estación La Hechicera?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, la incorporación de nuevas tecnologías de generación basadas en fuentes renovables es tendencia en el mundo, pensando siempre en la conservación del planeta. De acuerdo con esto, la investigación sirve de referencia para el estudio y comprensión de los sistemas fotovoltaicos que se aplicarán en la estación La Hechicera de la empresa TROMERCA, como unidad de soporte o respaldo.

En este sentido, dentro de las ventajas que representa el uso de la energía generada por los módulos solares (paneles) fotovoltaicos, se puede mencionar la garantía de un sistema ininterrumpido del servicio eléctrico que alimentará a la estación, el bajo impacto ambiental que estos generan y la sencillez de su mantenimiento, además de otros beneficios. Es por estas razones, que se argumenta, la idea del diseño de respaldo con energía renovables, para la

alimentación del sistema Trolebús, y con ello se recuperen las estaciones rectificadoras existentes; así como construir e instalar las estaciones faltantes, una de las cuales estaría ubicada en el sector La Hechicera y sería la estación final de dicho sistema.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de suministro de energía eléctrica que funcione como unidad de soporte o respaldo, que integre la energía solar fotovoltaica como tecnología limpia y autónoma, para la estación La Hechicera del sistema de transporte masivo TROMERCA.

1.3.2 Objetivos Específicos

1.3.2.1 Realizar una revisión bibliográfica y del estado del arte de la aplicación y desarrollo de las energías renovables, las nuevas tendencias y el impacto sobre el medio ambiente.

1.3.2.2 Determinar posibles fuentes o potenciales zonas para la implementación de sistemas de las energías renovables en el sector La Hechicera.

1.3.2.3 Desarrollar un plan de acción para el diseño e implantación del sistema de energía renovable seleccionado, que implica estudios de demanda y selección de áreas prioritarias a ser alimentadas por el sistema de alimentación seleccionado.

1.3.2.4 Evaluar el impacto ambiental que implicaría la instalación del sistema seleccionado para la estación Terminal La Hechicera.

1.4 METODOLOGÍA

El problema planteado se abordó a través de una investigación de tipo mixta; es decir, descriptiva y de campo (proyecto factible) en función de su objetivo general y específicos. Descriptiva porque en ella se vislumbró el desarrollo de una investigación operativa viable, orientada a la solución de problema y atendiendo a la característica y descripción del lugar donde se desarrollaron los diferentes objeto de estudio, permitiendo el análisis del problema

investigado mediante la recolección de datos para describirlos e interpretarlos, entender su naturaleza, factores constituyentes, así como explicar sus causas y efectos.

Por otra parte, la presente investigación se enmarca en un objetivo factible orientado a resolver un problema planteado en el sistema de transporte de la empresa TROMERCA para satisfacer una necesidad de interés local como lo es la puesta en funcionamiento de la estación final del sistema de rutas urbanas de la empresa. Para la investigación planteada cuyo objetivo principal está enfocado en el diseño de un sistema de generación basado en paneles solares para la estación La Hechicera, se realizó un diseño no experimental, donde se ubican los estudios exploratorios y se incluye como proyecto factible.

Para dar respuesta al diseño planteado sobre sistema de paneles fotovoltaicos, se dividió la investigación en 3 fases que representan en el siguiente diagrama de la figura 1.1 [1]:



Figura 1.1 Fases de desarrollo de la investigación.

1.4.1 Unidad de estudio y análisis.

En la presente investigación la unidad de análisis o estudio fue el sistema de trolebús Mérida (TROMERCA) y su sistema de alimentación energético.

1.4.2 Población.

Debido al propósito establecido en la presente investigación se toma como población o universo de estudio a las diferentes estaciones que conforman el conjunto de rutas del TROLEBUS, que se inicia desde su estación principal en la ciudad de Ejido cubriendo el trayecto que conforman el conjunto de las estaciones, hasta llegar a la ciudad de Mérida e incluyendo las diferentes estaciones que se encuentran proyectadas y la estación terminal en el sector La Hechicera.

1.4.3 Muestra.

En la presente investigación la muestra fue intencional y está constituida por la estación terminal La Hechicera, que vendría a ser la última fase del sistema TROMERCA, y por ser una estación terminal con amplias dimensiones para la adaptación y ubicación de un sistema fotovoltaico.

1.5 ALCANCE

La investigación se ejecutó en las instalaciones de la estación La Hechicera del sistema de transporte masivo TROMERCA. Y necesariamente se realizó una revisión bibliográfica para conocer de las diferentes tecnologías solares aplicables, así como también tener la identificación del potencial energético del proyecto según el área disponible.

Por otro lado, se contó con el apoyo de la empresa en todos los niveles, aportando el conocimiento y la experiencia del personal calificado en aras del desarrollo de la investigación. El personal entrevistado para el desarrollo de este proyecto fue de gran importancia, al momento definir cuál sistema fotovoltaico es el más adecuado, evaluando los parámetros de tamaño para el sitio, garantizando así un sistema sostenible.

Otra de las condiciones que está inmersa dentro del alcance de este trabajo es el sistema de suministro renovable que se tiene proyectado, planificado y en un futuro podría ser ejecutado, logrando un desarrollo positivo para el estado, cuya meta siempre es el gran aporte a la preservación del medio ambiente, en especial para mitigar los efectos del cambio climático.

1.6 LIMITACIONES

El estudio realizado solo abarca la estación La Hechicera, y no a las demás estaciones del transporte masivo TROMERCA, ya que el objeto estudio es únicamente la mencionada estación.

Es preciso señalar, que no se cuenta con un equipo y material para el montaje de un sistema de suministro de energía fotovoltaica, dadas las condiciones en las que se encuentra la empresa TROMERCA.

El uso de celdas fotovoltaicas necesita un suministro de radiación solar constante para que el sistema genere adecuadamente energía eléctrica; es posible que en algunas ocasiones presente debilidades debido a los cambios de clima (lluvias, horas nocturnas, entre otras).

Un factor importante que se debe tener en cuenta en el diseño será el espacio disponible para la implementación de los sistemas de respaldo, debido a que estas pueden ocasionar un deterioro en la estética del diseño de la estación terminal.

Por otro lado, otra de las limitaciones presentadas es que la empresa TROMERCA y La Universidad de Los Andes no poseen una base de datos de radiación solar, por lo tanto, la calidad de datos existentes de radiación solar, va a depender de la metodología utilizada para su recolección o de la disposición de los mismos.

1.7 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La historia de los paneles fotovoltaicos tiene sus inicios en el año 1839, con el físico francés Alexandre-Edmond sus estudios estaban centrados en el espectro solar, el magnetismo, la electricidad y la óptica. Descubrió el efecto fotovoltaico, principio de funcionamiento de las placas solares [2]

Por otra parte, al estadounidense Charles Fritts en 1883, se le atribuye ser el creador de la primera celda fotoeléctrica del mundo, su investigación se basó en el selenio como material semiconductor recubierto con una capa delgada de oro.

Siguiendo la historia, en el año 1914 Stven Jason Berglund logra estructurar métodos para aumentar la capacidad de las células sensibles a la luz. En 1954, investigaciones de equipo en los laboratorios del Bell con los especialistas Calvin Fuller, Daryl Chapin y Gerald Pearson logran diseñar células solares con un rendimiento del 6%. Posteriormente estas células comienzan a utilizarse en la carrera espacial [2].

Sin embargo, es en el año 1982 que la empresa Arco Solar, crea el primer parque solar, en la ciudad de California. Este parque generó 1 megavatio hora con la totalidad de los paneles en pleno funcionamiento. Luego, para 1983 se construyó un segundo parque solar y la ciudad de California paso a ser el líder mundial con 5,2 megavatios de generación de energía. Para el año 1995 comienza a comercializarse el diseño de celdas solares retráctil para vehículos recreativos [2]

1.7.1 Antecedentes de la investigación.

En la actualidad, las investigaciones en el área de la energía fotovoltaica han originado un avance científico y gracias a ese interés se logra el alcance de material probado científicamente que se puede aprovechar como base para presentes y futuras investigaciones sobre el tema de energías renovables. Haciendo referencia a estos trabajos existentes que fungieron de guía y base para el presente trabajo, se destacan los siguientes:

1.7.1.1 Antecedentes Internacionales.

Víctor Romero plantea en el trabajo “Sistemas Fotovoltaicos Autónomo para Mayor Disponibilidad de Energía Eléctrica en SENATI”, como objetivo de esta investigación el estudio de los diferentes componentes de los sistemas fotovoltaicos, con diseño de controladores, estudio de las opciones de diseño para la creación de un sistema de apoyo que contribuyera a mejorar el sistema eléctrico en el edificio del SENATI. La investigación se realizó mediante un método de variables controlables permitiendo generar un diseño factorial de 2^n , el cual permite realizar múltiples combinaciones de variables con cálculos estadísticos para obtener el resultado óptimo. Presenta como conclusiones que si se configuran y dimensionan adecuadamente los diferentes componentes del sistema y se realizan las mediciones de manera óptima, se logra un suministro de energía eléctrica al SENATI, lugar donde se desarrolló la investigación [1].

Este trabajo aportó a la presente investigación el uso de técnicas de diseño fotovoltaico, en la selección de materiales y paneles solares, así como en función de la eficiencia en los diferentes componentes y la factibilidad el proyecto para edificaciones gubernamentales públicas, resaltando el proceso de desarrollo de las etapas de la investigación.

1.7.1.2 Antecedentes nacionales

Padilla plantea en el trabajo “Implementación de un Sistema de Energía Renovable Alternativo para la Electrificación del Comando de la Guardia Nacional Escuadrón Montado Guatopo” el diseño de un sistema eficiente de respaldo con celdas fotovoltaicas. Donde la problemática reflejada en el proyecto se debe a la ubicación del complejo en estudio. El mencionado complejo se encuentra en una zona de reserva forestal, a raíz de esto y las restricciones de uso de cableado en la zona motivaron al desarrollo de un sistema alternativo. Producto del estudio de las características de la zona, de sus potencialidades energéticas y de las limitaciones legislativas que rigen el manejo de Parques Nacionales y Monumentos Naturales, se obtuvo como la fuente más idónea, la implementación del sistema de energía fotovoltaica de mediana capacidad. El resultado de esta investigación dio a la elaboración del sistema fotovoltaico logrando exitosamente la construcción del mismo [3].

Sánchez R., Bernie en el trabajo “Estudio de Factibilidad en la Implementación de un Sistema Basado en Paneles Fotovoltaicos para reducir el consumo de Energía Eléctrica” plantea como objetivo de la investigación el estudio de factibilidad en la implementación de sistemas fotovoltaicos para reducir el consumo de energía eléctrica en la Facultad de Ingeniería UCV. El desarrollo de la investigación se hizo en 4 fases: estudio y la evaluación del sistema eléctrico, diseño del sistema eléctrico con paneles solares, desarrollo del proyecto donde aplicó todo lo relacionado a la ingeniería, culminación donde se recomienda el equipo a utilizar. Sus resultados presentaron una discordancia entre lo económico y lo ambiental, debido a que a pesar de ser un proyecto viable de manera ambiental su alto costo económico disminuye la eficacia del mismo, entres sus conclusiones presenta que no es factible el diseño [4].

Las exploraciones presentadas a nivel nacional son de gran aporte a la presente investigación por muchas razones: del marco teórico, el trabajo posee un detallado desarrollo del mismo, además que su desenvolvimiento en cada uno de los temas es claro y sencillo, muy

fácil de aplicar a otros proyectos de energías renovables. El trabajo de padilla [3] es muy adaptable a nuestras hipótesis y resulta muy conveniente implementarlo en esta investigación por su similitud en aplicaciones ambientales, el motivo mencionado anteriormente da base a las fundamentación ambientales y socioeconómicas del presente trabajo.

1.7.1.3 Antecedentes regionales.

Lorenzo G. Campos en el trabajo “Diseño y Operación de un Sistema Fotovoltaico para una Vivienda Unifamiliar”. Presentó el diseño de un sistema fotovoltaico para una vivienda residencial unifamiliar ubicada en la ciudad de Mérida, con el objetivo de implementar un proyecto de energía alternativa. El procedimiento consistió en la estimación de la demanda de la vivienda, determinación del potencial eléctrico ofrecido por el sol, estimación de los componentes del sistema fotovoltaico y luego un análisis económico del sistema. Obtuvo como resultado que el sistema fotovoltaico presenta una solución tecnológica sobre todo donde existen demandas máximas en horas pico, presentándose allí la mayor generación [5].

Betzabeth Maldonado en el trabajo “Sistema Fotovoltaico como Sistema Alternativo de Alimentación Eléctrica Para Estaciones Trol y Controladores de Tráfico” realizó un análisis de las estaciones y los controladores de tráfico, demanda eléctrica y ubicación del sistema fotovoltaico. El problema presentado en esta investigación se basó en el alto consumo de energía eléctrica en la subestación encargada de alimentar las estaciones del trolebús y por ende la sub estación de la ciudad, se ve afectada en gran manera. Para desarrollar este tema, la citada autora diseñó una investigación en cuatro fases, las cuales se basaron en la recopilación de información, luego procedió a la medición y toma de datos de los sistemas de control de la estación, para así poder realizar los cálculos de la demanda eléctrica y el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, por último análisis de los resultados y determinar el sistema más factible en las estaciones. Los resultados presentados fueron factibles para el diseño, debido que se logra la mantener la continuidad de los controladores de tráfico con fallas del sistema principal, logrado el flujo vehicular y del transporte de manera continua [6].

Este último proyecto significó el mayor aporte para la presente investigación debido a que su estructura está adecuada a las partes involucradas de las mismas, por una parte TROMERCA

como empresa apoyando este tipo de iniciativas y la Universidad de Los Andes, que con su aporte académico impulsa el crecimiento y desarrollo de este tipo de investigaciones.

Los trabajos enunciados anteriormente presentaron un gran aporte como guía de apoyo, referencia, análisis y diseño de la presente investigación, con bases muy sólidas en el área de energías renovables que no podían pasarse desapercibidas, su contribución teórica y metodológica dejaron una referencia hacia donde se debe encausar los estudios de la presente investigación.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO II

LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA.

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos para el desarrollo de la investigación, la descripción de cada uno de los componentes involucrados y la mención de las leyes que se deben respetar para poder cumplir con los objetivos planteados.

2.1 Energía

De Juana, define la energía como “toda causa capaz de producir un trabajo, y su manifestación es precisamente la realización de su virtualidad, es decir, la producción de un trabajo, o bien su transformación en otra forma de energía eléctrica limpia y de forma continua” [7].

2.1.1 Formas de energía

Expresa el autor antes citado, que la energía puede producirse de muchas fuentes primarias, que es la que se alcanza directamente de ellas y las secundarias como por ejemplo la energía eléctrica, que depende de otra fuente de energía para ser generada.

Las energías se pueden clasificar como renovables y no renovables; donde las no renovables son las obtenidas de los reservorios fósiles existentes como el petróleo, gas natural y el carbón. En el segundo grupo se encuentran las renovables: energía eólica, hidráulica, biomasa, olas, gradientes térmicos y por último la energía solar que es la más relevante de todas las energías [7].

2.1.2 Fuentes de energía

Las fuentes donde la energía se consume son renovadas constantemente y por consiguiente su uso es ilimitado, también explica que las energías de fuentes renovables son las que más campo de desarrollo tienen y se encuentran las siguientes:

2.1.2.1 Energía hidráulica

Consiste en el aprovechamiento del recurso hídrico de la tierra para generar energía, los caudales de los ríos los desniveles en las caídas de agua e incluso las olas del mar (mareomotriz) pueden ser aprovechados. La generación de energía eléctrica por turbinas en las centrales eléctricas es uno de los principales aportes que posee el país en el sistema eléctrico donde nuestra represa el Gurí es la principal central en funcionamiento [7].

2.1.2.2 Energía eólica

Rodríguez comenta que el origen de los vientos, producidos por el calentamiento de las cantidades de masas de aire con mayor o menor proporción de densidad y desplazando por toda la atmosfera superior, una vez que estas masas de aire llegan a terrenos o zonas más frías descienden en la superficie, transformándose en energía eólica [8].

2.1.2.3 Biomasa

En sus principios la biomasa fue de gran importancia en la humanidad, debido que era el principal generador de energía, luego en la revolución industrial quedó desplazada por los combustibles fósiles; actualmente este tipo de generación se está presentando nuevamente con variables en su enfoque. La energía de la biomasa puede ser de origen animal o de origen vegetal y se puede dar de forma natural en la fotosíntesis de las plantas mediante la realización de procesos químicos naturales, o en centros especializados para la generación de este tipo de energía [8].

2.1.2.4 Energía solar

El sol por millones de años ha estado funcionando como fuente generadora de energía a la tierra, para el ser humano es vital importancia ese suministro debido a que sin este no se puede sobrevivir, con ello proporciona el calentamiento de la tierra, movimiento de las masas de aire, la fotosíntesis de la plantas, proceso de ciclo de agua.

El sol es proveedor de la energía en la tierra, una estrella de aproximadamente 696.340 de radio y localizada a 149 millones de kilómetros de nuestro planeta, en su núcleo se producen fusiones en donde el hidrogeno se convierte en helio, su temperatura aproximada es de 5.500 grados en la superficie y en su interior podría ser superior a los 15.5 millones de grados centígrados. Se estima que nuestro sol se encuentra en la mitad de su ciclo de vida, su periodo estimado de duración es de 5 mil millones de años más, es por eso que su aporte energético está garantizado para muchas generaciones.

La energía solar se desplaza a través de ondas electromagnéticas que se mueven a gran velocidad en el espacio vacío y son interceptadas en la atmosfera superior, siendo bloqueadas gran parte de ellas y permitiendo el paso de otras como son los rayo UV [7].

Harper expone que la energía que suministra el sol a la tierra es aproximadamente 10 mil veces superior a lo que el planeta consume; otra tecnología muy simple se basa en concentrar la energía solar transformándola en calor mediante un colector solar, esto se hace calentando un fluido a ciertas temperaturas que pueden ser solo unos grados a cientos de ellos. Su funcionamiento está enfocado en exponer placas metálicas al sol para que se calienten a punto de producir quemaduras, por estas placas circulan tubos con fluidos por donde se trasmítirá el calor. Este fluido caliente puede ser tratado para múltiples funciones como la generación de energía eléctrica a generadores de vapor o algo más sencillo como el calentamiento del agua de una piscina [9].

2.1.3 Energía fotoeléctrica

Se refiere a la emisión de electrones de átomos de los metales cuando sobre ellos incide radiación electromagnética. Los fotones llegan al material y son absorbidos por los electrones del material, por lo que estos presentan carga energética. Esta forma de energía no depende de la intensidad de radiación, ella va a depender de la longitud de la onda, si la longitud de la onda es menor mayor será la energía y debido a esto ciertas longitudes de onda no logran el efecto fotoeléctrico deseado. Aunque este método de generación es muy parecido al fotovoltaico, el cual se explicara más adelante, no son iguales pero si se relacionan [7].

2.1.4 Radiación solar

Es la transmisión de energía por parte del sol en todas las direcciones, esta energía se transmite por ondas electromagnéticas, no necesitan un medio material para propagarse. Esto se puede representar por medio de un espectro de ondas electromagnéticas que varía según la capa de la atmósfera:

En la parte externa de la atmósfera el valor medio o estándar es de 1353 W/m^2 , con un error de $\pm 1,5\%$

0,2 - 0,38 micrómetros = ultravioleta (6,4% de la energía total comprendida en el espectro)

0,38 - 0,78 micrómetros = visible (48%)

0,78 - 10 micrómetros = infrarrojo (45,6%)

2.1.5 Irradiación

Irradiación espectral se define como la cantidad de radiación que se recibe por cada longitud de onda, en un día soleado podría llegar hasta los 1.000 W/m^2 en cambio en un día nublado podría comprender entre los 200 W/m^2 y 700 W/m^2 como se muestra en la figura 2.1. [10]

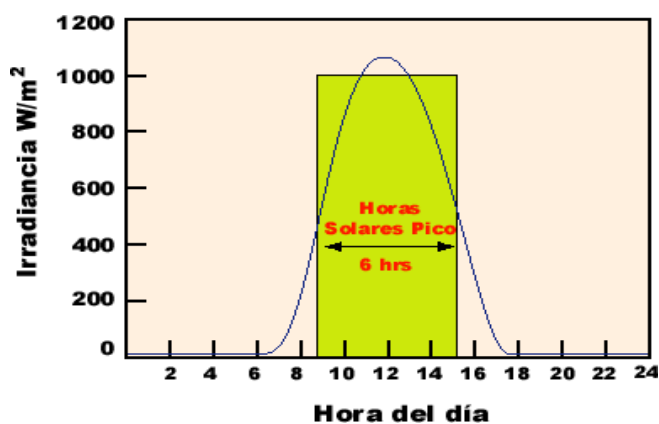


Figura 2.1. Irradiación pico [1]

A) Radiación directa

Es la que presenta cuando la radiación solar pasa directamente a la superficie sin que presente desviaciones en la atmósfera o cambios de dirección [7].

B) Radiación reflejada.

Esta viene producida por la reflexión del suelo u otros objetos sobre una superficie, este tipo de radiación depende de un coeficiente llamado coeficiente de reflexión o albedo. Las superficies horizontales son las que menos energía reflejada percibe al contrario de las superficies verticales [7].

C) Radiación difusa

Esta representa la atenuación de que se produce en la radiación solar que llega a la atmósfera, provocando que se distribuya en todas las direcciones. Este fenómeno atmosférico es producido por el vapor de agua, componentes moleculares o los aerosoles. Este tipo de energía representa un 15% de la energía total en días soleados, pero en esos días donde la nubosidad bloquea al sol su porcentaje es muchos mayor. Las superficies horizontales son las que mayor cantidad de radiación difusa reciben debido a que estas están expuestas a la semiesfera celeste, este proceso se ilustra en la figura 2.2 [7].

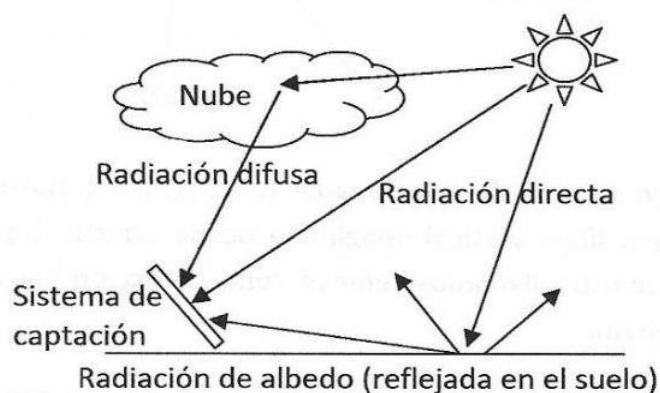


Figura 2.2 Radiación solar [7].

2.2 Energía fotovoltaica.

Un proceso por el cual se produce un cambio en la radiación solar en energía eléctrica por medio de dispositivos denominados células fotovoltaicas, estos elementos poseen características semiconductoras capaces de generar flujo de energía eléctrica [9].

Actualmente, la eficiencia en la energía fotovoltaica ha llegado a ser hasta de 30% en pruebas de laboratorios, aunque parezca poca es lo ideal como para empezar una masificación de implementación de energía eléctrica con celdas fotovoltaicas; un problema por el cual no termina de ser una fuerza principal de generación a gran escala son los costos de inversión en todo el sistema, aunque ha reducido su valor económico en los últimos años todavía está fuera del alcance del ciudadano común. La mayor virtud de los sistemas fotovoltaicos es la generación de energía limpia, pero posee desventajas que pueden desmotivar a los potenciales inversores en este tipo de proyectos, como son el almacenamiento de la energía, el costo inicial del sistema [9].

A continuación, se hace mención de las ventajas y las desventajas de la energía fotovoltaica en la tabla 2.1.

TABLA 2.1 ventajas y desventajas energía Fotovoltaica. [10]

Ventajas	Desventajas
Fuente de recursos ilimitada	Costos de instalación altos, requiere una gran inversión inicial
Es una fuente de energía saludable con el medio ambiente	Los lugares donde hay mayor radiación solar son lugares desérticos y alejados de las ciudades
Los costos de operación son bajos	Para recolectar energía solar a gran escala se requiere grandes extensiones de terreno
El mantenimiento es sencillo y de bajo costo	Escasez de elementos almacenadores económicos y fiables
Los módulos tienen un periodo de vida hasta de 20 años	Es una fuente de generación de energía difusa, la energía solar es de baja intensidad
Se puede integrar en las estructuras nuevas o ya existentes	
Se pueden hacer módulos de todos los tamaños	
El transporte de material es práctico	
El costo disminuye a medida que la tecnología va avanzando	
Ideal para zonas donde no llega servicio eléctrico	

2.2.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos

2.2.1.1 Aislados

Representan a los sistemas que son totalmente autónomos en la generación de electricidad, suministran el servicio en la zona donde se encuentran ubicadas. Uno de los principales problemas que presenta este sistema es determinar la superficie de los paneles solares y la cantidad de baterías que almacenará energía. La figura 2.4 muestra un sistema fotovoltaico aislado.

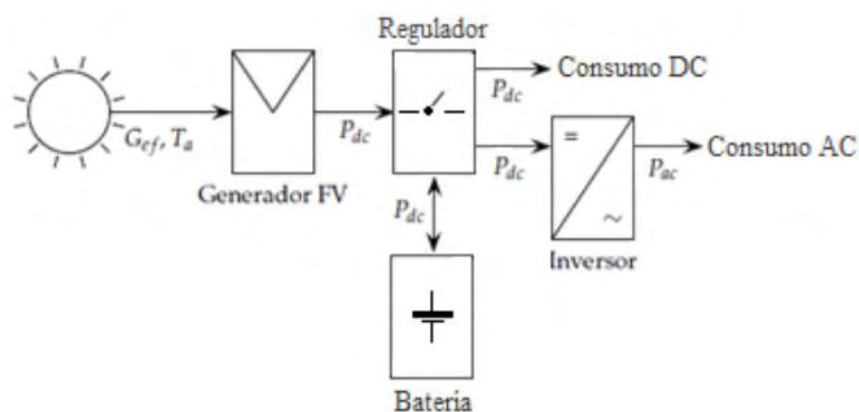


Figura 2.3 Sistema fotovoltaico aislado [7].

2.2.1.2 Sistemas conectados a la red

Estos sistemas son diseñados con el fin de que en el momento en que la generación sea poca y no cumpla con el consumo de energía del usuario, este se conecte a la red y proporcione la diferencia faltante, en caso contrario. Si existe una mayor generación de energía que requiere la carga, esta será suministrada a la red. La figura 2.5 muestra un sistema fotovoltaico conectado a la red.

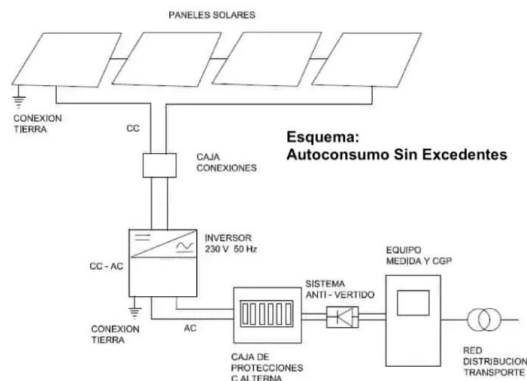


Figura 2.4 Sistema fotovoltaico conectado a la red [10].

2.2.1.3 Sistemas híbridos.

Estos sistemas son los más complejos, debido que se encuentra involucrados varios sistemas de generación de energía en el mismo complejo (eólica, minihidráulica o diésel), requiere de un sistema de control donde pueda mantener una sincronización con los diferentes sistemas de generación de energía, adicional a los sistemas alternativos conectados podrían estar unidos o no a la red principal de suministro. La figura 2.5 muestra un sistema fotovoltaico híbrido

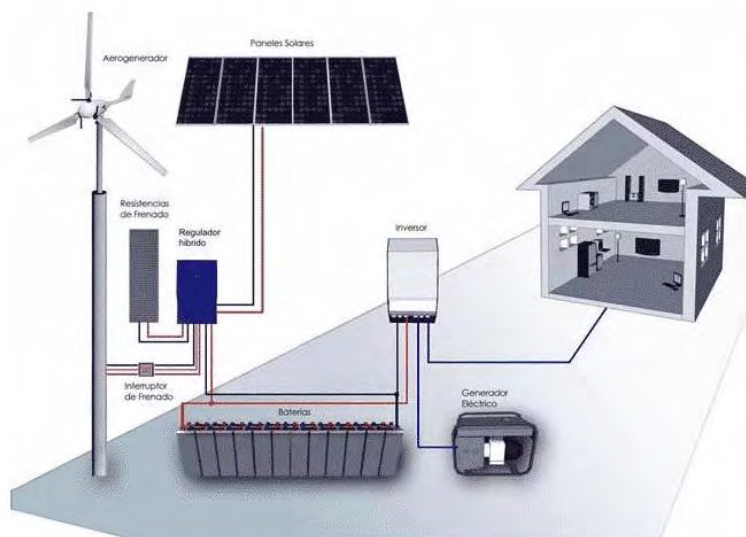


Figura 2.5 Sistema fotovoltaico híbrido [10].

2.3 Celdas fotovoltaicas.

Son conjuntos de células solares unidas en paneles, ellas son las encargadas de transformar la energía solar en energía eléctrica. El flujo de fotones que poseen energía es transportado por la luz, ellos pueden incidir en diferentes materiales cuando ellos poseen ciertas características y están en condiciones específicas produciendo energía eléctrica (ver figura 2.6) [11].

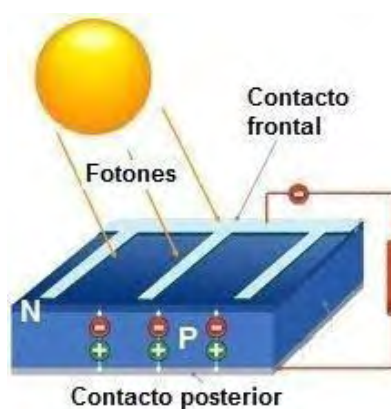


Figura 2.6 Célula fotovoltaica [11].

2.3.1 Características de las celdas.

2.3.1.1 Corriente de cortocircuito

Jiménez expresa que la corriente de cortocircuito "...como el máximo valor de corriente que circula por una celda fotovoltaica y se da cuando los terminales de la celda solar están en cortocircuito. Su valor típico es de decenas de miliamperios por cada centímetro cuadrado de la celda solar" [14].

Se produce al conectar las terminales de la celda fotovoltaica a una resistencia muy baja cercana a cero, el valor de la corriente de cortocircuito será aproximado a la corriente de generación de la celda.

2.3.1.2 Tensión de circuito abierto

Esta tensión se refiere al voltaje máximo que se mide la terminal de las fotoceldas cuando hay una corriente de 0 A.

2.3.1.3 Potencia máxima

Es el valor máximo que puede suministrar una celda debido al producto del voltaje máximo y una corriente máxima, ella presenta su máximo valor en un punto el cual se denomina potencia pico, tal como se muestra en la figura 2.7.

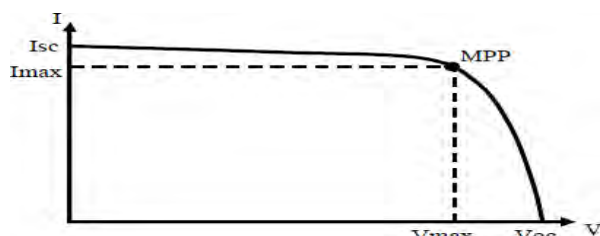


Figura 2.7 Curva I-V de un módulo fotovoltaico [12].

Los paneles fotovoltaicos presentan una singularidad para el cual el voltaje de salida no es dependiente del tamaño, ya que si varía la radiación el panel mantiene su voltaje constante en la salida. La singularidad se presenta en la corriente de salida debido a que distintas variaciones del tamaño del panel y o de la radiación solar aumenta o disminuye la corriente generada [12].

La figura 2.8 presenta las Curvas I-V para diferentes valores de radiación solar.

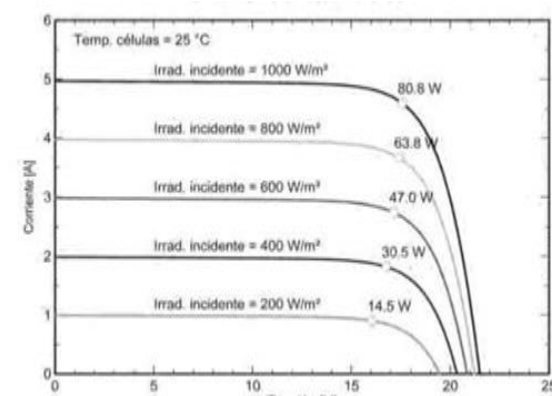


Figura 2.8 Curvas I-V para diferentes valores de radiación solar [12]

2.3.1.4 Eficiencia máxima

Se refiere al cociente del máximo de potencia que entrega la celda con respecto al máximo de potencia eléctrica que incide en la celda solar.

2.3.2 Factores que afectan el rendimiento

2.3.2.1 Temperatura de la celda.

La exposición al sol de la celda solar provoca su calentamiento, lo que lleva aparejados cambios en la producción de electricidad. Una radiación de 1000 W/m^2 es capaz de calentar una celda solar unos 30° por encima de la temperatura del aire circundante; a medida que aumenta la temperatura, la tensión generada es menor, por lo que es recomendable montar paneles de tal manera que estén bien aireados, y en el caso de que sea usual alcanzar altas temperaturas, plantearse la posibilidad de instalar paneles con un mayor número de celdas”.

Esta puede afectar el rendimiento debido a que si esta es superior al nivel óptimo de funcionamiento podría aumentar la corriente, pero habrá una caída en la tensión de la celda y por lo tanto una baja en la potencia [13].

2.3.2.2 Intensidad de radiación

La intensidad en la radiación solar puede aumentar o disminuir pero el voltaje puede estar relativamente constante; es primordial conocer los valores a lo largo del día, ya que ellos vienen proporcionados en función del sol con el horizonte, así se garantiza la correcta colocación de los paneles. La radiación al medio día con el cielo despejado puede llegar a emitir una radiación de 1000 W/m^2 , al contrario de días nublados cuando su radiación es de solo 100 W/m^2 . Estos cambios extremos pueden ocasionar problemas en la generación eléctrica debido a que una baja intensidad provoca una baja estimulación los paneles y por lo tanto baja generación de energía [13].

2.3.2.3 Reflexión.

Causada por la superficie del panel, estos poseen recubrimiento que refleja la luz entre 10% y 30%.

2.3.2.4 Resistencia serie

Producido por el efecto joule debido a la naturaleza del silicio, este produce hasta un 3% de pérdidas.

2.3.2.5 Pérdidas por uniones eléctricas

Se produce por la unión de los paneles para aumentar los niveles de corriente, los contactos eléctricos que se utilizan van produciendo pérdidas hasta de 8% según el diseño de la celda

2.4 Módulos fotovoltaicos

Esta definición se encuentra en la norma IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) std 1562-2007 establece que “Consiste en un conjunto de celdas interconectadas entre sí en serie o paralelo a fin de obtener un voltaje y la corriente deseada” [16].

Jiménez enfoca en su libro integración de los sistemas eléctricos que los valores comerciales de los módulos fotovoltaicos presentan tensiones de 12 V, 24 V y 48 V y sus diferentes potencias comprenden valores de 50 W a 450 W pico [12].

2.4.1 Módulos de silicio mono cristalino

Son con frecuencia el más usado en el mercado, con una eficiencia de hasta 15% son los mejores posicionados. Su fabricación es de silicio puro fundido y tiene un dopaje de material de boro. La monocromía azulada oscura y metálica que presenta lo diferencia de los otros tipos de paneles. En la figura 2.9 se puede observar un panel solar de silicio monocristalino.

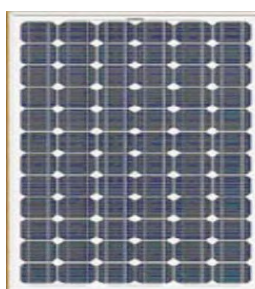


Figura 2.9 Panel solar de silicio monocristalino [9].

2.4.2 Módulo de silicio policristalino

Este tipo de panel presenta una estructura de cristales, presentando con tono azul más claro y una resistencia al calor relativamente menor que presentan los de silicio monocristalino, tal como se muestra en la figura 2.10. Tiene unas fases de cristalización mucho menor y representa una fabricación más económica.



Figura 2.10. Panel solar de silicio policristalino [9].

2.4.3 Módulo de silicio amorfo

Se diferencia de los cristalinos porque no representa un orden estructural si no se extiende por toda la superficie. Una ventaja de estos módulos es que el proceso de fabricación es mucho más económico que los de silicio cristalino, un factor que posee en contra es la inestabilidad, en cuanto se expone a la luz comienza una degradación donde baja su eficiencia a valores entre 4% y 7%. La figura 2.11 muestra un panel solar de silicio amorfo.

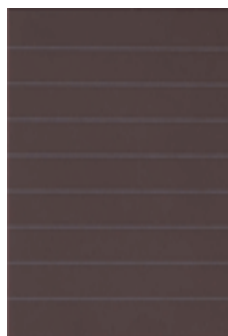


Figura 2.11. Panel solar de silicio amorfo. [9].

2.4.4 Módulo de indio y cobre

Su fabricación proviene de pulverizar metales y semiconductores en una placa de vidrio, a diferencia de otras celdas esta no requiere altas temperaturas en su fabricación, lo que produce un bajo consumo energético. Presenta una reducción en la capa del material semiconductor, llegando a ser 100 veces menor a las células convencionales de silicio.

2.5 Reguladores

Los reguladores los define la norma IEEE std en el 1562-2207 anexo C, como un dispositivo electrónico cuyo objetivo es proteger la batería contra la descarga y sobrecargas. Otra característica de ellos es mantener las condiciones óptimas de corriente y voltaje de funcionamiento en un mismo valor para evitar la reducción de la vida útil de las baterías [14].

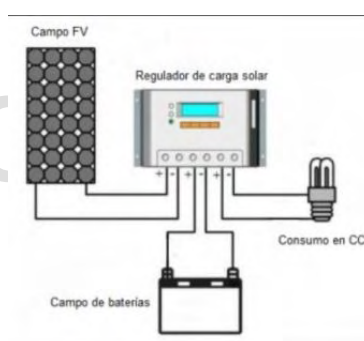


Figura 2.12 Regulador de sistemas fotovoltaicos. [10].

2.5.1 Regulador shunt.

Harper lo describe como la función específica para mantener el voltaje de funcionamiento óptimo para la carga de las baterías; adicional a ello, se debe tener un mecanismo disipador de la corriente que está generando el sol cuando las baterías se encuentran a máxima capacidad de carga [14]. La figura 2.13, muestra un ejemplo de un regulador de sistemas fotovoltaicos paralelo.

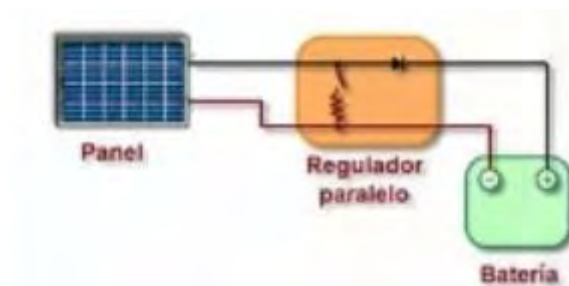


Figura 2.13, Regulador de sistemas fotovoltaicos paralelo [14].

2.5.2 Regulador serie

La IEEE en la norma 1562-2007 anexo C.3 establece que la conexión de regulación serie para los sistemas fotovoltaicos tiene el objetivo de aislar las baterías o desconectarlas del sistema de carga, debido a que ya alcanzaron su estado máximo de almacenamiento. La figura 2.14, muestra un ejemplo de un regulador de sistemas fotovoltaicos serie [16].

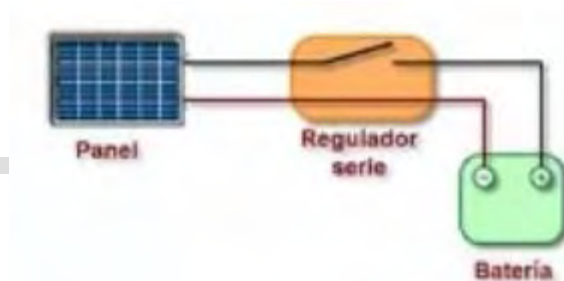


Figura 2.14 Regulador de sistemas fotovoltaicos serie [14].

2.5.3 Regulador controlado por ancho de pulso

La IEEE en la norma std 1562- 2007 anexo C.4 explica que este sistema controlado por pulso representa un prototipo mejorado de la versión en serie, la diferencia que presenta es en el interruptor no se realiza con un relé, lo realiza un interruptor de estado sólido por medio de una corriente que circula del sistema fotovoltaico a las baterías [16].

2.5.4 MPPT (Maximum Power Point Tracker)

La IEEE en su norma 1562-2007 anexo C.5 indica que este tipo de regulador es capaz de maximizar las corrientes que van a las baterías. Estos dispositivos pueden adaptar una tensión

de entrada de las celdas fotovoltaicas a la tensión que requieren las baterías, haciendo que se obtenga la máxima eficiencia en la producción [16].

2.6 Baterías

Harper expresa que la función de las baterías es el almacenamiento de la energía que ha producido en el día y acceder a ellas en momentos donde la producción es poca debido a la poca luz existente o para la noche y garantizar un suministro constante [14].

En el reglamento de la IEEE 1013-2000 hace referencia también al uso de las baterías, en el cual especifica que el uso de ellas en sistemas fotovoltaicos se debe implementar acumuladores de descarga profunda y en un periodo largo que no ocasionen daño alguno al sistema. [17]

2.6.1 Características de las baterías

2.6.1.1 Capacidad nominal

Harper también destaca que las baterías se caracterizan por su capacidad de almacenar carga eléctrica. Su unidad de carga eléctrica en el sistema internacional de unidades es el Culombio(C), que tiene un valor muy pequeño, se suele emplear como unidad el amperio –hora (A-h) equivalente a 3600 C. La capacidad de una batería va en función de régimen de carga y descarga de la temperatura [14].

2.6.1.2 Profundidad de descarga

En la norma IEEE 1013-2000 está dada por los amperios – horas (A-h) que se deriva de un régimen de descarga que especifica el fabricante. Las descargas profundas de las baterías aumentan el envejecimiento de la misma debido a que las placas comienzan a sulfatarse inclusive si esta se mantiene cargada y no se utiliza [17].

Para las baterías su vida útil de funcionamiento culmina cuando su capacidad de ha disminuido al 80% de la capacidad nominal [15].

2.6.1.3 Capacidad de almacenamiento

Harper indica que esta capacidad representa cuanta corriente se puede sacar a la batería hasta que este se descargada o vacía. Esta capacidad no es constante depende de la corriente de la descarga, si se descarga con una corriente muy elevada su capacidad disminuye, al contrario, si se descarga con corrientes pequeñas la batería rinde más [14].

2.6.1.4 Ciclo de vida

Las baterías a través del tiempo están sometida a ciertos factores que pueden acortar su ciclo de vida útil acelerando o disminuyendo el envejeciendo; estos factores son:

- **Temperatura:** tiene un efecto muy significativo en la capacidad de entregar o recibir energía, generalmente una batería expuesta a una temperatura relativamente alta aumenta las posibilidades de que provoque un envejecimiento acelerado de ella. Fabricantes realizan los estudios de las baterías y recomiendan su funcionamiento óptimo de trabajo a 20°C para garantizar el máximo rendimiento de ellas [15].
- **Envejecimiento:** las reacciones químicas con el tiempo en la batería van cambiando y por consiguiente sus capacidades de almacenamiento. Otros factores que influyen notablemente en el deterioro de las baterías son: cargado rápido, ya que algunas baterías no están diseñadas para ello; la sobrecarga es otro factor que puede producir exceso de líquidos y finalmente la falta de carga, que produce que las placas sulfaten [15].

2.6.2 Tipos de batería

2.6.2.1 Baterías de litio.

De Juana en su libro explica que este tipo de baterías son las más eficientes y por la cual en la actualidad se están declinando los diseñadores al momento de elegir el tipo de batería a utilizar en los sistemas fotovoltaicos. Este tipo de batería se puede recargar en cualquier momento permitiendo una mayor densidad energética, son menos pesadas y más pequeñas hasta en 70%, no requieren mantenimiento y no emiten gases [7].

2.6.2.2 Baterías AGM (Absorbent Glass Mat)

Las baterías dentro de esta categoría son idóneas para equipar sistemas de alta intensidad de descargas, donde se encuentren gran cantidad de electrodomésticos, o diferentes motores conectados al mismo tiempo, poseen un periodo de vida de hasta 10 años [7].

2.6.2.3 Baterías monoblock

Diseñadas para ser utilizadas en instalaciones donde el consumo es bajo como viviendas o pequeños electrodomésticos como: tv computadoras, pequeños frigoríficos, entre otros, presentan un costo económico bajo. Estas baterías no fueron diseñadas para incluir equipos de alto arranque de corriente como lavadoras, de ser usado este tipo de equipos podría acortar el ciclo de vida hasta 5 años. Se pueden encontrar diversos grupos: monoblock plomo-ácido abiertas, de ciclo profundo y monoblock de gel [7].

2.6.2.4 Baterías estacionarias

Baterías solares que son fabricadas con plomo ácido con un diseño tubular, ideal para sistemas donde el flujo de entrada de energía la salida es constante. Una característica importante de estas baterías es gran capacidad de tolerar ciclos profundos de descarga y presentando unos resultados excelentes, ideal para el funcionamiento diario, su expectativa de duración o vida es el mayor pueden llegar a permanecer en funcionamiento hasta 15 años [7].

2.7 Inversores

Son dispositivos electrónicos que se utilizan para transformar la corriente continua en corriente alterna; bajo esta premisa puede ser usado como unión entre los sistemas fotovoltaicos y los dispositivos que trabajen con corriente alterna. Ellos presentan unos requerimientos en la entrada para el funcionamiento óptimo, al momento de entregar la máxima potencia para la cual fue diseñado [16].

2.7.1 Tipos de inversores

2.7.1.1 Conmutación natural

Estos requieren una conexión a la red eléctrica de corriente alterna para poder realizar la conmutación en el sentido en que se desea el flujo de energía. Se conocen como inversores

conmutados por la red, por ser ella la que determina el estado de conducción de los dispositivos electrónicos [7].

2.7.1.2 Autoconmutados

Este tipo de inversores aplican un sistema de control forzado de apertura y cierre de las entradas y salidas del mismo, generando corriente alterna sin necesidad de estar conectado a una red externa. Genera una salida escalonada y modulada de anchura de pulsos, lo que puede arrojar una señal senoidal y sin muchos armónicos [7].

2.7.1.3 Conmutación forzada

Son completamente autónomos e ideales para instalaciones aisladas, pueden variar la tensión eficaz y la frecuencia de salida y poseen un rendimiento superior a 90% [7].

2.8 Protectores

La necesidad de proteger los equipos que constituyen los sistemas fotovoltaicos de descargas no controladas de tensiones y corrientes toma relevancia al momento de implementar estas protecciones, con estos sistemas se garantiza el correcto funcionamiento de los circuitos que componen el sistema, adicional a ello que también se crea una protección para las personas que diseñan, manejan y realizan el respectivo mantenimiento a todo el sistema fotovoltaico.

Los sistemas fotovoltaicos tienen la particularidad de presentar en su circuito zonas donde funciona con corrientes alternas y otras secciones que disponen de corrientes continuas; por ello es indispensable la colocación de protecciones para que estos flujos de corrientes no sobrepasen su zona de funcionamiento y en consecuencia deterioren o dañen los equipos.

2.8.1 Protectores de corriente continua

2.8.1.1 Fusibles de corriente continua

Esta protección se ubica por lo general en los circuitos ramales de las celdas fotovoltaicas, con el fin de apertura del circuito en caso de un aumento en la corriente que supere a la corriente máxima de entrada a los otros componentes [16].

2.8.1.2 Descargadores de sobretensión

Este tipo de protecciones se utiliza donde el sistema está ubicado en extensiones de terrenos muy amplias, aumentando la probabilidad de descargas atmosféricas que originan daño a los equipos [17].

2.8.1.3 Protección de corriente alterna

A) Interruptor termomagnético

Estos dispositivos son diseñados para interrumpir el flujo de corriente una vez que sobrepase ciertos valores predeterminados; por lo general, esos valores sobrepasan los valores nominales del dispositivo [10].

B) Interruptor diferencial

Los interruptores diferenciales son utilizados en la protección del personal o de personas que están en contacto directo o indirecto con los equipos de alta potencia; adicional a ello presenta una protección a los equipos de fugas de corrientes inesperadas que van directamente a tierra [17].

C) Interruptor termomagnético

Este dispositivo consta de interrumpir el flujo eléctrico cuando sobrepase los valores que se definen en él, estos valores altos se presentan en una sobrecarga térmica y reaccionando a una falla de cortocircuito [17].

2.9 Aplicaciones de la energía fotovoltaica.

La energía fotovoltaica tiene muchas ventajas en torno a otras energías que sean renovables o no, debido a que ella es generada netamente del sol, gracias a esta peculiaridad todo el equipo pequeño, mediano y/o grande que necesite energía eléctrica para realizar su funcionamiento es elegible para ser alimentado por este sistema. Una característica muy importante de esta técnica de generación es su fácil y rápida instalación en lugares remotos donde no existe una red de distribución eléctrica; gracias a esta característica todo escenario aislado donde requiera energizarse eléctricamente tiene acceso a esta rápida alternativa.

2.10 Efecto ambiental en las celdas fotovoltaicas

Las energías renovables son el mejor aliado para el medio ambiente, sobre todo en sectores aislados evitando el deterioro ambiental con un sistema de distribución cableado; cabe destacar que los paneles solares no son contaminantes, ya que emiten muy poca cantidad CO_2 que pueda contribuir al calentamiento global y el silicio por ser un componente muy común no requiere su explotación en masa para la fabricación de las celdas. Otras características de los paneles es que no presentan ningún tipo de emisión sónica y tampoco emiten residuos o vertidos que puedan afectar el sector en desarrollo [7].

2.11 Efecto socio económico

Un sistema fotovoltaico básico no requiere de un complejo montaje, por este motivo es de fácil instalación; esta característica ofrece ventajas favorables al momento de tenerla como respuesta a problemas eléctricos. Los sistemas fotovoltaicos son de poco mantenimiento, reduciendo los costos en esa área y su larga vida de duración representa una inversión segura a largo plazo.

2.12 Marco legal

En el marco de las normas legales presentes en este trabajo de investigación, se tiene lo siguiente:

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela es la base, esta representa el conjunto de leyes fundamentales y básicas que garantizan los derechos y deberes de todos los ciudadanos que habitan en la república, luego de esta carta derivan todas las normas y reglamentos en cada uno de los ámbitos. En esta constitución se hace énfasis en el Art 112 donde hace referencia a la producción de bienes y servicios para promover el desarrollo integral del país.

De carta magna deriva también la Ley Orgánica del Ambiente donde presenta gran importancia en esta investigación debido a que ella establece las disposiciones y premuras para la gestión del ambiente; con estas leyes se garantiza el desarrollo de proyectos ecológicamente equilibrados y seguros con la naturaleza. Por otra parte, se encuentra la Ley Orgánica del

servicio Eléctrico, donde se plantea la normativa referente a los principios de equilibrio económico y eficiencia eléctrica, a fin de garantizar un suministro eléctrico óptimo.

Para finalizar se debe incluir el protocolo de Kioto que fue adoptado por el estado venezolano en conjunto con otros países donde se establecen normas a fin de promocionar e investigar el uso de nuevas formas de energías renovables y de tecnologías avanzadas que sean ecológicamente racionales.

2.13 Definición de transporte.

Se define como un medio integral vehicular para el desplazamiento de personas en los de un punto a otro, presentando una ruta definida con el objetivo de tener clara la ruta de desplazamiento. El transporte puede definirse en varios tipos: aéreos para el cual se utilizan en aviones, marítimo el uso de barco y finalmente terrestre para moverse por autobús y trenes o vehículos particulares.

2.14 Estaciones de transporte.

Estas vienen a ser los puntos de concentración de los diferentes medios que se utilizan para moverse, como son las paradas terminales o de autobuses que se encuentran en los diferentes puntos de concentración de las rutas por donde circulan los mismos.

2.15 Aplicaciones de energías renovables en medios de transportes

Las energías renovables, especialmente las de implementación de celdas fotovoltaicas en el transporte tienen gran versatilidad ya que estas pueden alimentar diferentes elementos del sistema; ella puede sufragar total o parcialmente el servicio eléctrico requerido por las estaciones, paradas o terminales y adicional a ello los se puede crear una plataforma de almacenamiento para transportes cuya fuente de generación de movimiento este basado en la energía eléctrica.

En la actualidad, la nueva modalidad que está tomando fuerza en el transporte público son vehículos 100% eléctricos sin ninguna participación de energías fósiles; esto representa que a mediano y largo plazo la plataforma móvil se irá desplazando a este tipo de energía, es por ello que un sistema fotovoltaico instalado en la estaciones y terminales representa una forma de

suministrar energía a las baterías, además de presentar un apoyo garante de energía eléctrica continua a las estaciones en caso de alguna falla en el sistema de la red principal.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO III.

DISEÑO DEL PROYECTO.

En este capítulo se hace mención y se describe de manera detallada el área dónde se plantea el proyecto; se presenta un análisis cuantitativo de los diferentes elementos involucrados en sistema fotovoltaico, también se presenta el diseño del ángulo de inclinación y separación de los paneles y por último se muestra el diseño final de todo el sistema fotovoltaico para la terminal La Hechicera.

3.1 Diagnóstico de la situación energética en el sector La Hechicera.

Los sistemas fotovoltaicos presentan una fácil y rápida solución a los problemas de energía eléctrica en la zona afectada; no obstante, ellos requieren unos parámetros técnicos específicos de diseño e instalación. Otro aspecto a destacar en estos sistemas es la configuración del tipo de equipo que se va a diseñar, si es aislado, interconectado a la red o conectado a la red con un banco de baterías de respaldo. En este capítulo se especifican todos los aspectos técnicos y cálculos sobre el dimensionamiento del sistema fotovoltaico de la estación La Hechicera.

3.2 Descripciones generales del terreno.

3.2.1 Ubicación.

La estación terminal La Hechicera del sistema de transporte trolebús se encuentra en el norte de la ciudad de Mérida-Venezuela, sector La Hechicera específicamente en la avenida Alberto Carnevalli frente al campo universitario Pedro Rincón Gutiérrez en terrenos pertenecientes al jardín botánico. Sus coordenadas de ubicación $8^{\circ}37'34.5''N$ $71^{\circ}08'48.0''W$.



Figura 3.1 Ubicación del terreno.

La infraestructura de este proyecto de instalaciones eléctricas para la estación terminal La Hechicera perteneciente a la Línea 2 de TROMERCA, cuenta con tres (3) núcleos de esparcimiento claramente definidos a continuación:

Núcleo 1: Este núcleo está formado por el área del edificio administrativo el cual cuenta con un nivel sótano, nivel 1 (PB) y nivel 2 (PISO 1), constituidos por zonas, tales como: baños para el personal, oficinas para distintas áreas laborales, salones de reuniones y/o espera, información, enfermería, 2 elevadores, sala de hidroneumático, depósitos de basura y de distintos materiales, sala de comedor tanto en nivel 1 y nivel 2 para el personal administrativo, escaleras de conexión entre los distintos niveles del edificio.

Núcleo 2: Este núcleo está formado por la edificación de la estación que es de 2 niveles, siendo nivel 1 (PB) es el área del andén, donde hay oficinas de reuniones y/o espera, información, un elevador, baños públicos, un área estilo boulevard o bulevar, que cuenta con 3 locales comerciales, sala de comedor para el personal de la empresa, y un nivel 2 (PA) que tiene unas escaleras de conexión con la parte baja de la estación, donde los usuarios al subir a este nivel se encontrarán con una pasarela peatonal por donde podrán circular, el sistema de iluminación recomendado es del tipo LED.

Núcleo 3: Módulo de servicios, vigilancia, caseta de transformadores y áreas exteriores y áreas verdes de los alrededores de la estación.

En la siguiente imagen se puede apreciar la distribución del complejo, la circunferencia azul representa el núcleo 1, la circunferencia roja representa el núcleo 2 y el resto de las áreas representan al núcleo 3.

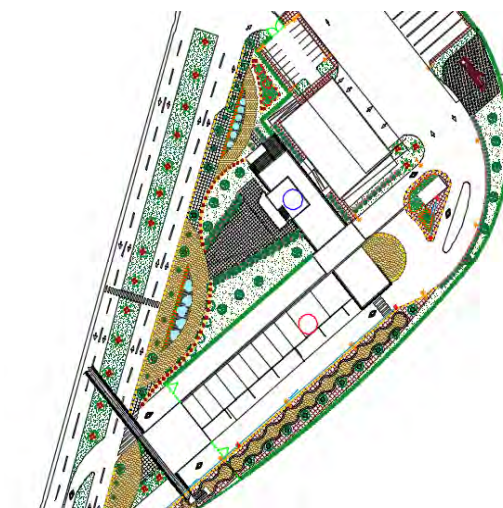


Figura 3.2 plano de la estación.

3.2.2 Descripción del entorno físico y ambiental de la zona.

Los terrenos destinados al complejo de la estación La Hechicera presentan un entorno virgen, no han sido manipulados, presenta una vegetación de arbustos medios y pequeños arboles saisai, se observaron pequeños nidos de colibrís y se visualizaron animales de granjas domesticados como como caballos y unas vacas en los alrededores. En resumen el terreno donde se opta a la implementar el diseño puede ser usado para dicho propositito tomando en cuenta las posibles consecuencias de intervenir un espacio ambiental.

3.2.3 Instituciones existentes en la zona.

Se observó que las adyacencia donde estará ubicada de la estación, es un punto estratégico para diversas instituciones que están presente: la primera el núcleo universitario “Pedro Rincón Gutiérrez” perteneciente a la Universidad de Los Andes, constituida por la Facultades de Arquitectura y Diseño, Ciencias y la Facultad de Ingeniería, adicional a ello también presenta la parroquia universitaria y la pista de atletismo; la segunda institución presente es la fundación Jardín Botánico de Mérida, la Fundación para el Desarrollo de la

Ciencia y la Tecnología en el estado Mérida (FUNDACITE MERIDA) y para finalizar el parque de Biocontacto y el CIDA.

3.2.4 Descripción de los servicios básicos.

En una observación detallada del terreno se percibe que la zona cuenta con todos los servicios básicos. Presenta disponibilidad para la ubicación o toma de aguas blancas y negras, se tiene un acceso a la red eléctrica y se visualizó en la cercanía la disponibilidad de colocar tomas de telefonía y red de fibra óptica.

3.2.5 Vialidad.

El complejo terminal La Hechicera presenta un amplio acceso a la vialidad ya que en ella se conectará con la avenida Alberto Carnevalli que consta de 2 canales de circulación en cada sentido.

3.3 Propuesta del diseño fotovoltaico para la estación La Hechicera.

El funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos se presenta de la siguiente forma: la celda fotovoltaica por donde se recibe la radiación solar y se genera la energía eléctrica pasa al regulador que evita la sobrecargas y descargas al banco de baterías, luego esta pasa a un inversor de corriente debido a que la generación de un sistema fotovoltaico es en corriente continua y para su aplicación en los diferentes dispositivos se aplica es corriente alterna.

3.3.1 Estimación del consumo.

La determinación de las cargas de cada uno de los tableros existentes en la estación se hizo mediante una estimación de cada uno de los circuitos por el método CEN; esta técnica consiste en la determinación de cada carga consumida de cada circuito usando el método de corriente Máxima y caída de tensión. Una vez obtenidas todas las potencias nominales de todos los circuitos sumados y obtenida la carga del cada tablero, se procedió a realizar el consumo energético diario.

La energía eléctrica diaria se define como la cantidad de potencia consumida por el sistema, multiplicado por la cantidad de horas en uso que se estima que estará en funcionamiento esa demanda.

La tabla 3.1 especifica a cada uno de los tableros de la estación, su respectiva estimación de la demanda de potencia en cada uno de ellos y también se presenta el uso estimado en horas para cada uno de los tableros para el sistema de respaldo, se estima la energía eléctrica en kilovatios día como se demuestra en la ecuación (3.1). Los detalles de estos cálculos se presentan en el apéndice A.

$$\text{ENERGIA (kW/día)} = (\text{Potencia del tablero} * \text{Nro. de horas}) \quad (3.1)$$

Tabla 3.1 Potencia de los tableros presentes en la estación.

Tablero	Potencia (kW)	Horas estimadas por el sistema de respaldo (h)	Energía diaria del tablero (kW/día)
ST1	23,77	5	118,85
ST2	16,58	5	82,9
ST3	2,33	5	11,65
ST4	14,00	5	70
ST5	8,19	5	40,95
ST6	17,00	5	85
ST7	28,42	5	142,1
ST8	26,77	5	133,85
ST9	20,38	5	101,90
ST10	3,22	5	16,1
ST11	1,30	5	6,5
ST12	1,02	5	5,1
ST13	2,02	5	10,1
ST14	5,69	5	28,45
ST15	5,69	5	28,45
ST16	5,69	5	28,45
ST17	21,00	5	105
total			1015,35

Los resultados presentados en la tabla 3.1 reflejan de una manera la energía (Et) en kWh que consume la estación; pero, no se ha tomado en cuenta las diferentes pérdidas que podrían ocurrir en los circuitos debido a los diferentes elementos que existen en el sistema fotovoltaico; entonces, se debe aproximar ese consumo energético a un valor más real de funcionamiento (Ed). Otra característica a ser tomada en cuenta es por ser un sistema de respaldo se priorizaron circuitos de vital importancia para el funcionamiento de la estación.

La estación La Hechicera está diseñada con 17 subtableros, de los cuales destacan el subtablero 8 y el subtablero 9 pertenecientes a núcleo 2, ellos son los encargados de mantener en funcionamiento el sistema de la estación (oficinas de atención al cliente, torniquetes, ascensores en la estación, sala de control, sala de mantenimiento, servicios de vestidores, cocina y espacios del andén de carga y descarga de pasajero).

Los valores de consumo energético reales se determinaron aplicando las ecuaciones 3.2 y 3.3:

En la ecuación 3.2 obtenida de los métodos sensorar se observa cómo se determina el consumo real de los subtableros:

$$E_d = \frac{E_t}{R} \quad (3.2)$$

Dónde:

E_d = consumo energético real.

E_t =energía diaria teórica.

R =rendimiento global del sistema fotovoltaico

Donde R representa

$$R = 1 - \left[(1 - K_b - K_c - K_v) \left(\frac{k_a N}{P_d} \right) \right] - K_b - K_c - K_v \quad (3.3)$$

K_b = coeficiente de pérdidas de rendimiento del acumulador

K_c =coeficientes de pérdidas del inversor

K_v = coeficientes de pérdidas varias

k_a =coeficiente de autodescarga de las baterías

N = número de días de autonomía.

P_d = profundidad de descarga diaria

Tabla 3.2 Coeficientes de rendimiento

Coeficiente	Valor	Descripción
Ka	0,002	baterías de autodescargas
	0,005	baterías estacionarias
	0,012	baterías autodescargas
Kb	0,05	sistemas sin descargas intensas
	0,1	sistemas con descargas profundas
Kc	0,2	inversor senoidal puro
	0,1	condiciones de trabajo no optimas
Kv	valores entre 0,005 a 0,015	coeficientes pérdidas varias debido a transmisión o efecto joule
N	4 a 10 días	recomendación para la autonomía
PD	no mayor a 80%	capacidad nominal del acumulador

Conocidas las variables en las ecuaciones se procede a obtener el valor de consumo energético real para los circuitos 8 y 9:

Se encuentra el valor de R de la ecuación 3.3:

$$R = 1 - \left[(1 - 0,05 - 0,2 - 0,05) \left(\frac{0,005(1)}{0,6} \right) \right] - 0,05 - 0,2 - 0,05$$

Dónde:

$$K_b = 0,05$$

$$K_c = 0,2$$

$$K_v = 0,05$$

$$k_a = 0,005$$

$$N = 1$$

$$P_d = 0,6$$

$$\mathbf{R = 0,6942}$$

Se realiza, la estimación del E_d para el circuito 8 con la ecuación 3.2:

$$E_d = \frac{133,3 \text{ kW h}}{0,6942}$$

Dónde:

E_d = consumo energético real.

E_t = 133,33 kW

R = 0,6942

$E_{d8} = 192,01 \text{ kW h}$

Se aplica, la misma ecuación 3.2 para el circuito 9 y se obtuvo un valor de:

$E_{d9} = 142,78 \text{ kW h}$

Los resultados finales de la energía real del sistema se observan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Demanda real de los circuitos.

Circuito	Demanda real (kW h)
CIRCUITO #8	192,01
CIRCUITO #9	142,78

3.3.2 Estimación del rendimiento solar.

Cuando se plantea o se diseñan sistemas fotovoltaicos, la principal característica que se debe realizar es la estimación de radiación solar, o en otros términos la oferta solar, para poder escoger el tipo de sistema óptimo. A razón de esto, todos los sistemas fotovoltaicos requieren de una radiación óptima para que el sistema sea eficiente; en la gráfica 3.4 se observan los niveles de potencial solar y la clasificación de la eficiencia en la zona.

Tabla 3.4 Clasificación de la zona según su radiación.

Potencial fotovoltaico	
Radiación solar en kWh/m ² /dia	Clasificación
< 4,7	Marginal
4,7 a 4,9	Regular
4,9 a 5,2	Bueno
5,2 a 5,5	Excelente
5,5 a 6,1	Premium
> 6,1	Supremo

Para Venezuela por su ubicación, representa una gran ventaja debido a su proximidad con el ecuador se puede obtener una incidencia solar durante todo el año hasta de 5,5 h de insolación.



Figura 3.3 Coordenadas de Venezuela

Detallando más con respecto a la radiación, la revista Sembrando luz perteneciente al programa con el mismo nombre y dirigido por el FUNDELEC y MPPEE, presenta en su programa un mapa donde se detalla la incidencia del sol en el país, enfocándose en la ciudad de Mérida en el cual se demuestra la factibilidad del sistema, tal como se muestra en la figura 3.4.

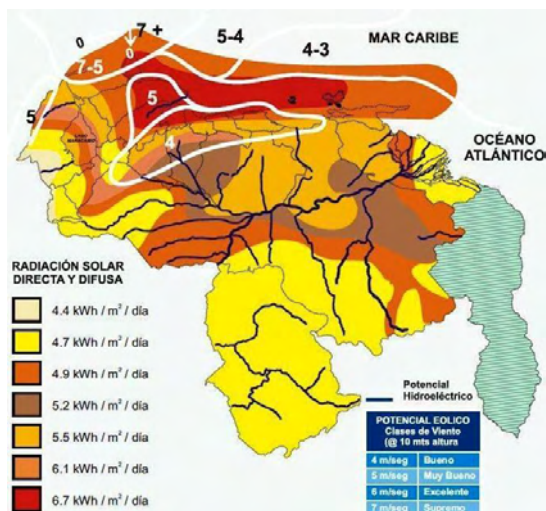


Figura 3.4 Potencial de Fuentes renovables en Venezuela. [FUNDELEC, 2012].

Como se puede observar, la zona donde se encuentra el estado Mérida presenta condiciones favorables para la instalación de las celdas fotovoltaicas, si bien exhibe condiciones óptimas se debe determinar la zona exacta y para ello se utiliza la ubicación satelital exacta.

Las muestras de radiación solar fueron tomadas del software PVGIS, un programa diseñado para la estimación de la generación eléctrica potencial mensual y anual de un sistema fotovoltaico con los módulos de inclinación y orientación, la figura 3.5 se observa la gráfica de la página.

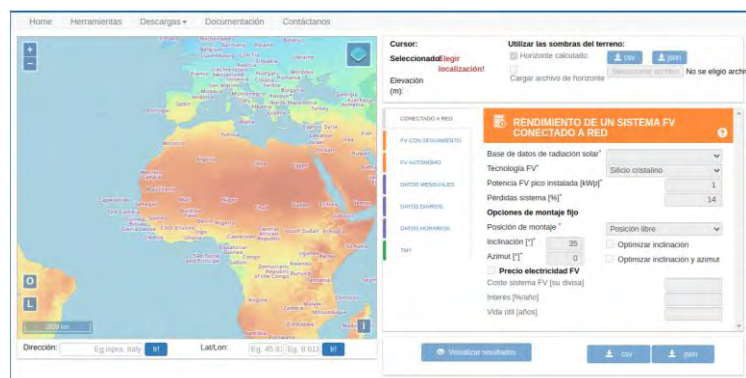


Figura 3.5 Presentación del PVGIS

La muestra de los datos que se presentan en las tablas de la 3.5 y la 3.6 pertenecen a la radiación mensual óptima y la radiación angulada para 10° y las coordenadas $8^\circ 37' 34.5'' N$

71°08'48.0"W, lugar donde se diseñó el sistema paneles solares; el programa presenta estadísticas solares para 10 años.

Tabla 3.5 Radiación global óptima (kWh/m²/mes).

MES	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	156,49	165,78	191,35	190,72	167,31	214,59	160,90	136,75	172,72	175,8	174,95
Febrero	162,31	179,39	199,34	157,28	143,1	174,74	127,41	151,21	135,01	159,68	147,75
Marzo	207,87	149,69	176,87	177,34	116,55	183,35	103,29	140,69	153,27	185,4	152,31
Abril	153,59	141,06	158,49	155,99	155,54	131,14	117,25	129,39	147,21	155,44	141,1
Mayo	160,75	156,71	160,34	147,83	164,73	151,43	128,67	154,5	150,29	149,52	167,81
Junio	153,82	152,57	148,24	154,16	144,43	141,72	146,05	159,5	151,25	154,12	156,07
Julio	166,5	155,02	159,11	152,31	159,49	135,07	154,80	155,93	174,13	169,54	162,95
Agosto	164,91	170,44	154,15	157,14	169,1	149,25	168,98	158,57	167,38	177,35	170,26
Septiembre	163,42	175,12	167,88	165,17	179,2	140,35	163,92	106,39	171,12	167,98	182,93
Octubre	164,69	159,28	155,62	168,14	162,53	147,97	123,04	163,81	160,9	152,23	164,98
Noviembre	125,18	159,22	150,45	124,21	165,76	108,,22	109,15	143,88	115,29	131,41	122,22
Diciembre	173,96	167,57	151,64	161,41	190,65	124,91	120,29	156,25	149,62	152,98	184,8

Tabla 3.6 Radiación global angulada 10° (kWh/m²/mes).

Mes	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	157,12	166,5	192,3	191,61	168,03	215,76	161,62	137,3	173,55	176,65	175,71
Febrero	162,73	179,92	199,97	157,64	143,41	175,24	127,71	151,56	135,3	160,13	148,04
Marzo	207,93	149,68	176,95	177,37	116,52	183,38	103,24	140,69	153,8	185,42	152,32
Abril	153,34	140,84	158,22	155,72	155,25	130,91	117,07	129,16	146,98	155,17	140,85
Mayo	160,2	156,15	159,8	147,37	164,14	150,97	128,33	153,96	149,74	149,04	167,28
Junio	153,17	151,87	147,58	153,53	143,85	141,17	145,47	158,7	150,61	153,48	155,42
Julio	165,8	154,44	158,48	151,77	158,85	134,63	154,22	155,32	173,35	168,82	162,3
Agosto	164,49	169,44	153,78	156,73	168,63	148,91	168,5	158,03	166,95	176,86	169,79
Septiembre	163,28	175,01	167,77	165,04	179,08	140,24	163,8	106,25	171,02	167,88	182,82
Octubre	164,87	159,47	155,79	168,37	162,72	148,12	123,12	164,01	161,09	152,4	165,17
Noviembre	125,48	159,72	150,95	124,49	166,39	108,44	109,35	144,35	115,57	131,71	122,5
Diciembre	174,87	168,36	152,31	162,16	191,7	125,37	120,74	157	150,3	153,7	185,76

Obtenidos los datos de radiación mensual, se tiene que determinar el peor escenario diario de radiación, para esta situación se procedió a determinar un promedio mensual durante los 10 años de la muestra; una vez que se comprobó el promedio, se divide esos valores entre el

número correspondiente de días en cada mes, el resultado presenta la radiación promedio diaria más desfavorables de cada mes en la época de estudio de las muestras.

La ecuación 3.4 permite calcular el promedio de radiación de los meses:

$$\text{Radiación promedio mensual} = \sum_{2005}^{2015} \frac{\text{mes seleccionado}}{\text{Nro años}} \quad (3.4)$$

Una vez obtenido el promedio mensual se procede a calcular el peor valor insolación diario de cada mes obtenido mediante la ecuación 3.5:

$$\text{Radiación diaria promedio} = \frac{\text{valor promedio mensual}}{\text{numero del día de mes}} \quad (3.5)$$

En la gráfica 3.7 pueden observar los valores promedios mensuales y diarios obtenidos a partir de las tablas de radiación solar óptima.

Tabla 3.7 Radiación promedio diaria óptima.

Mes	Promedio óptimo (kWh/m ² /mes).	Promedio óptimo (kWh/m ² /día).	Días por mes
Enero	159,17	5,13	31
Febrero	157,93	5,64	28
Marzo	139,89	4,51	31
Abril	130,24	4,34	30
Mayo	139,26	4,49	31
Junio	137,10	4,57	30
Julio	143,49	4,63	31
Agosto	149,33	4,82	31
Septiembre	147,28	4,91	30
Octubre	127,84	4,12	31
Noviembre	111,05	3,70	30
Diciembre	141,83	4,58	31

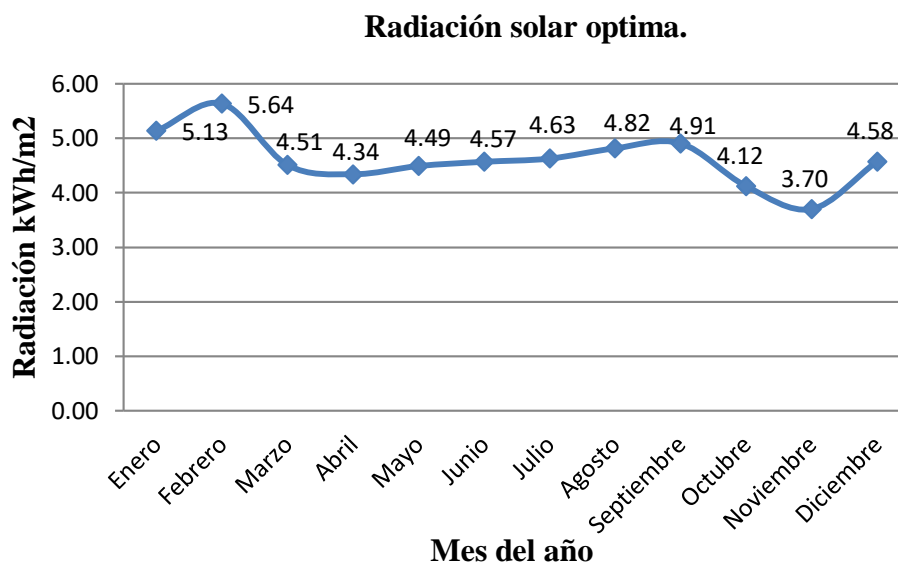


Gráfico 3.1 Radiación solar óptima promedio en el periodo de 2005-2015.

Ahora se deben obtener los valores de radiación global angulada para 10° promedio, los datos se extraen de la gráfica 3.6

Tabla 3.8 Radiación global angulada promedio diaria a 10°.

Mes	Promedio óptimo (kWh/m ² /mes).	Promedio óptimo (kWh/m ² /día).	Días por mes
Enero	174,20	5,62	31
Febrero	158,33	5,65	28
Marzo	158,85	5,12	31
Abril	143,96	4,80	30
Mayo	153,36	4,95	31
Junio	150,44	5,01	30
Julio	158,00	5,10	31
Agosto	163,83	5,28	31
Septiembre	162,02	5,40	30
Octubre	156,83	5,06	31
Noviembre	132,63	4,42	30
Diciembre	158,39	5,11	31

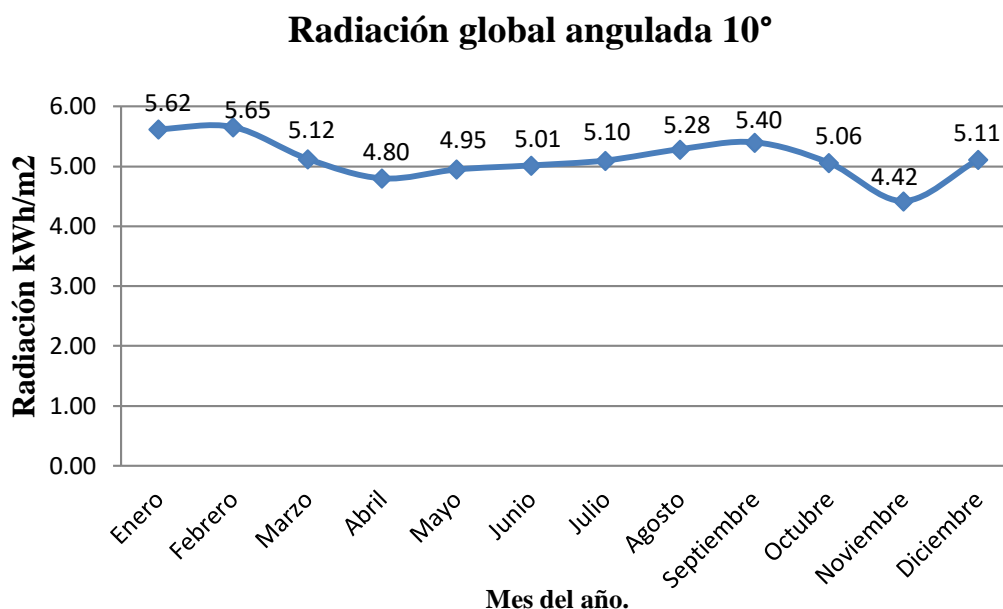


Gráfico 3.2 Radiación solar global angulada promedio en el periodo de 2005-2015.

Como se aprecia en los gráficos 3.1 y 3.2 el mes desfavorable promedio se presenta en Noviembre, la gráfica claramente indica que si se logra satisfacer las necesidades de carga para este mes donde la producción de energía solar es escasa, el sistema quedará respaldado completamente. Obtenidos estos datos del promedio anual entre el periodo de 2005 y 2015, se procede a seleccionar entre la radiación óptima y la radiación angulada; ahora, como Venezuela por estar en el trópico no necesita corregir las HSP de la radiación óptima ya que ella ya contiene la radiación por albedo y la radiación reflejada. El resultado extraído del gráfico 3.1 se presenta a continuación:

$$\text{HSP} = 3.70 \text{ kWh/m}^2.$$

Ahora como el ángulo óptimo para este diseño es de 8° normativas internacionales recomiendan un ángulo mínimo para la instalación de los paneles a 10° para evitar la acumulación de agua que pueden originar hongos en los paneles, de allí la necesidad de obtener el HSP para la radiación global angulada a esos grados, el valor mínimo que se refleja en la gráfica 3.2 se presenta a continuación:

$$\text{HSP} = 4.422 \text{ kWh/m}^2.$$

Finalmente, se ve reflejado que los HSP para la estimación del circuito serán de 4,422 kWh/m²; este valor es impresionante para la estimación de los paneles solares, de allí radica en la cantidad de paneles que se usarán para cumplir con la demanda de la carga de la estación.

3.3.3 Selección de las baterías.

Cuando se diseña un banco de baterías para un sistema fotovoltaico, se tiene presente las especificaciones del tipo de acumulador energético que se maneja, por ello para esta investigación se utilizó el siguiente modelo que se aprecia en la figura 3.6.



Figura 3.6 Batería del diseño

Tabla 3.9 Característica del equipo.

ESPECIFICACIONES FISICAS	
Numero de parte	VL 2-1610
Longitud	215 ± 2 mm
Ancho	277 ± 2 mm
Altura del contenedor	220 ± 2 mm
Altura total	855 ± 2 mm
Peso del contenedor	Approx 32.7 kg

La batería UCG-275 se presenta como la seleccionada para el diseño del proyecto, ya que ella presenta unas características de corrientes ideales para este sistema como una capacidad de 275 AH, 2 V y con un ciclo profundo.

3.3.4 Estimación del número de baterías.

En el diseño, el banco almacenador de energía se debe tomar en cuenta el número de días en que el sistema puede funcionar de manera independiente; destaca que mientras el tiempo se prolonga para su funcionamiento de respaldo, el costo inicial será mayor, es por ello que se debe seleccionar un rango de autonomía acorde al equilibrio económico.

Para esta investigación se tomó como muestra 5 horas de funcionamiento de manera autónoma, debido a que es un equipo de respaldo se seleccionaron circuitos prioritarios para su funcionamiento continuo. A continuación de la tabla 3.1 se extrajo el valor real energía de los subtableros 8 y 9 que fueron seleccionados para mantener el funcionamiento continuo con el sistema de respaldo.

Seleccionado el modelo de batería, se realizó el cálculo de la cantidad de acumuladores que requiere el diseño, para ello se implementa el siguiente conjunto de ecuaciones, comenzando por la ecuación 3.6 que determina la capacidad de las baterías.

$$\text{capacidad de las baterías} = \frac{E_d * N}{P_d * V} \quad (3.6)$$

Dónde:

P_d = profundidad de descarga.

N = número de días de autonomía.

V = voltaje del acumulador.

E_d = consumo energético real.

Para determinar el número de baterías en serie se presenta la ecuación 3.7:

$$\text{baterías en serie} = \frac{\text{voltaje nominal del sistema}}{\text{voltage nominal de la batería}} \quad (3.7)$$

En la ecuación 3.8 se puede determinar el número de baterías en paralelo:

$$\text{baterías en paralelo} = \frac{\text{amperios-horas}}{\text{corriente nominal de la batería}} \quad (3.8)$$

Para la capacidad de las baterías, se obtiene que la profundidad de la descarga a tomar en cuenta sea 0,6 para 1 días de autonomía, el voltaje de funcionamiento del regulador del inversor es de 48 V y el consumo real de los circuitos 8 y 9 que ubica en la tabla N° 3.3.

La tabla 3.10 indica las estimaciones presentadas:

Tabla 3.10 Total de baterías para el diseño.

Circuito	Tipo de batería	Capacidad del sistema (A h)	Capacidad de batería (A h)	Voltaje (V)	Baterías en paralelo	Baterías en serie
CIRCUITO #8	VL 2-2690	6667,01	3610	2 V	2	24
CIRCUITO #9	VL 2-2180	4957,63	2690	2 V	2	24

3.3.5 Selección de los paneles solares.

En la presente investigación, la selección de los paneles solares fue de vital importancia, el meticoloso análisis realizado debido a que ellos son los que van a generar la demanda que necesita la estación requerida al momento de entran en funcionamiento el sistema de respaldo. Para la selección, se tomó en cuenta la radiación existente en la zona, estos datos y valores fueron presentados anteriormente en las tablas 3.5 y 3.6; analizados estos se determinó la opción del panel:

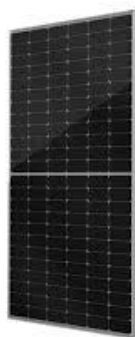


Figura 3.7 Panel del diseño.

Panel solar THPM6-96SC, presenta una eficiencia de 21 % y un peso de 39 kg, un voltaje máximo de 38,9 V. sus dimensiones son 2357x1512x35 mm.

3.3.6 Estimación de los paneles solares

Una vez que se determinó el modelo del panel solar en el diseño, estimada la demanda en el sistema y en los sistemas de almacenamiento, se procedió a determinar el número de paneles utilizado en el proyecto para satisfacer la necesidad requerida; para ello se expresan las ecuaciones, comenzando por la 3.9 donde se determinan el número de paneles en serie:

$$N_{serie} = \frac{\text{voltaje DC}}{\text{voltaje del modulo}} \quad (3.9)$$

Dónde:

N_{serie} = número de paneles en serie.

voltaje dc = voltaje del sistema fotovoltaico.

voltaje del módulo = voltaje en condiciones de funcionamiento del módulo.

Luego que se estimó el número de paneles solares en paralelo del diseño se realizó el dimensionamiento para ello se utiliza la ecuación 3.10:

$$N_{paralelo} = \frac{E_d}{P_{panel} * R_{panel} * N_{serie} * HPS} \quad (3.10)$$

Dónde:

$N_{paralelo}$ = número de paneles en paralelo.

E_d = potencia real del sistema.

P_{panel} = potencia máxima del panel.

R_{panel} = rendimiento del panel.

N_{serie} = número de paneles en serie.

HPS = horas solar pico.

Ahora obtenido el valor serie, se procede a obtener el valor de número total de paneles, para ello se tiene la ecuación 3.11.

$$N_{total} = N_{serie} * N_{paralelo} \quad (3.11)$$

Dónde:

N_{total} = número total de paneles.

N_{serie} = número total de paneles serie (obtenido de la ecuación 3.9).

$N_{paralelo}$ = número total de paneles paralelo (obtenido de la ecuación 3.10).

De estas ecuaciones, procede los resultados de la instalación fotovoltaica del sistema, ella alimentara todo el diseño y en consecuencia se debe tener excesivo cuidado al momento de su estimación. Ahora de las ecuaciones 3.9, 3.10 y 3.11 se obtienen los valores para el circuito 8 y 9 del sistema, del siguiente modo:

De la ecuación 3.9 se obtiene:

$$N_{serie} = \frac{420 V}{46,4 V} = 9$$

Dónde:

Voltaje dc= 420 V

Voltaje del módulo= 46,4 V

Como ambos valores de voltaje son iguales para los 2 circuitos, el número de paneles en serie será de 9 paneles para subtablero 8 y subtablero 9, Ahora se procede a determinar el número de paneles en paralelo con la ecuación 3.10:

Para el tablero 8 obtenemos:

$$N_{paralelo} = \frac{192,01 kW h}{780 * 0,8 * 9 * 4,422}$$

Dónde:

$N_{paralelo}$ = número de paneles en paralelo

E_d = 192,01 kW h

P_{panel} = 780 W

R_{panel} = 0,8 (80% rendimiento al final de vida útil del panel)

N_{serie} = 9

El resultado que se obtiene es 8 paneles en paralelo. Repitiendo el mismo procedimiento para el subtablero 9 teniendo en cuenta que la potencia real (Ed)

$$N_{paralelo} = \frac{142,78 \text{ kW h}}{780 * 0,8 * 9 * 4,422}$$

Dónde:

$N_{paralelo}$ = número de paneles en paralelo

E_d = 142,78 kW h

P_{panel} = 780 W

R_{panel} = 0,8 (80% rendimiento al final de vida útil del panel)

N_{serie} = 9

Para el subtablero 9 se obtiene 8 paneles en paralelo.

Realizadas ambas estimaciones de y con la ecuación 3.11 se determina el número total de paneles para cada subtablero.

Para el tablero 8 se tiene:

$$N_{total} = 9 * 8$$

Dónde:

N_{total} = número total de paneles

N_{serie} = 9

$N_{paralelo}$ = 8

El total de paneles en el subtablero 8 será de 72 paneles solares.

Para el subtablero 9 se tiene;

$$N_{total} = 9 * 6$$

Dónde:

N_{total} = número total de paneles

N_{serie} = 9

$N_{paralelo}$ = 6

Para el subtablero 9 presenta un total de 54 paneles. Los resultados finalmente se ven reflejado en la tabla 3.15

Tabla 3.11 Total de paneles para el diseño.

Circuito	Total de paneles	Total paneles serie	Total paneles paralelo
CIRCUITO #8	72	9	8
CIRCUITO #9	54	9	6

3.3.7 Selección del regulador.

El regulado pieza fundamental para el sistema fotovoltaico, es el encargado de fijar y controlar el voltaje en continua. Para ellos se ha escogido el siguiente equipo:



Figura 3.8 Regulador del diseño

El regulador seleccionado es el MPPT RS450/200 VICTRON ENERGY con una capacidad de entrada fotovoltaica de 450 V con 72 A en los puertos de entrada y una salida de 200 A y 48 V.

3.3.7.1 Estimación del número de regulares.

Cuando se diseñan sistemas fotovoltaicos a mediana o gran escala, el número de controladores de carga aumenta debido a que sobrepasa su capacidad nominal; es por ello que se hizo una estimación de la cantidad de reguladores que se deben colocar en paralelo, determinando la corriente de entrada del regulador, en cual consiste en la suma de todas las corrientes de cortocircuito de los paneles aplicando la ecuación 3.12.

$$I_{entrada} = 1,25 * I_{ccp} * N_{parelelo} \quad (3.12)$$

Dónde:

$I_{entrada}$ = corriente a la entrada al regulador.

I_{ccp} = corriente de cortocircuito del panel.

$N_{parelelo}$ = número de paneles en paralelo.

Se puede denotar que en la ecuación anterior presenta una constante de 1,25; esto, es debido a la norma del C.E.N en el cual especifica 210.19 y 215.2 un factor de seguridad del 25% para evitar un aumento en la temperatura y el funcionamiento óptimo de los conductores. Ahora, que se precisa la corriente de entrada, se procede a la estimación del número de reguladores por medio de la ecuación 3.13.

$$Nr_{oreguladores} = \frac{I_{entrada}}{I_{nomreg}} \quad (3.13)$$

Dónde:

$Nr_{oreguladores}$ = cantidad total de reguladores a instalar.

$I_{entrada}$ = corriente a la entrada al regulador.

I_{nomreg} = capacidad nominal que soporta el regulador.

Ahora sustituyendo los valores para determinar la corriente máxima de entrada al regulador para el circuito 8 utilizando la ecuación 3.12.

$$I_{entrada} = 1,25 * 21,42 * 8$$

Dónde:

$$I_{ccp} = 21,42 \text{ A}$$

$$N_{parelelo} = 8$$

Presentando el siguiente resultado

$$I_{entrada} = 205,63 \text{ A.}$$

Como el regulador su capacidad máxima de entrada de corriente permitida es 72 A, posteriormente se procede a dividir esa corriente en varios reguladores para cumplir con las especificaciones del fabricante, para ello se aplica la ecuación (3.13)

$$N_{ro_{reguladores}} = \frac{205,63}{72} = 2,85 \approx 3 \text{ reguladores}$$

Como se puede notar el circuito 8 requiere 3 reguladores para el correcto funcionamiento. Aplicando el conjunto de ecuaciones procedimiento para el subtablero 9 comenzando con la ecuación 3.12.

$$I_{entrada} = 1,25 * 21,42 * 6$$

Dónde:

$$I_{ccp} = 21,42 \text{ A}$$

$$N_{parelelo} = 6$$

Obteniendo el siguiente resultado:

$$I_{entrada} = 160,65 \text{ A.}$$

Ahora, para obtener la cantidad de reguladores se aplica la ecuación 3.13:

$$N_{ro_{reguladores}} = \frac{160,65}{72} = 2,23 \approx 3 \text{ reguladores}$$

En la tabla 3.12 se aprecia el valor definitivo de número de reguladores para cada uno de los circuitos.

Tabla 3.12 Total de reguladores para el diseño.

Circuito	I entrada (A)	N° reguladores
CIRCUITO #8	205,63	3
CIRCUITO #9	160,65	3

3.3.8 Selección del inversor.

Los inversores son el último elemento de la cadena fotovoltaica encargado de hacer la transición de la corriente continua a corriente alterna, de allí el uso en las cargas asociadas a este sistema. Es por ello que los detalles de inversor designado para este diseño se muestran a continuación en la figura 3.9:



Figura 3.9 Inversor del diseño

El inversor presenta la característica de poseer 10 MPPT de 26 A de entrada, lo que proporciona una estabilidad y puede generar una potencia de 100 kW a la salida, siendo un inversor trifásico que proporciona la solución a todos los requerimientos.

3.3.8.1 Dimensionamiento del inversor.

Para la estimación del inversor se tiene en consideración la potencia alterna del sistema implementado la ecuación 3.14:

$$P_{inversor} = 1,20 * potencia\ de\ la\ demanda \quad (3.14)$$

Se implantó un margen de seguridad del 20% para la protección del equipo, adicional a ello se deben tener muy presentes las especificaciones del fabricante; ahora, sustituyendo los valores presente en la tabla 3.1 para la demanda de los tableros #8 y #9 en la ecuación 3.15 se obtiene el siguiente resultado expresado en la tabla 3.17.

Tabla 3.17 Total inversores para el diseño

Circuito	Demanda total (kW)	P total(kW)	N° de inversores
CIRCUITO #8	26,770	32,134	1
CIRCUITO #9	20,380	24,456	1

3.3.9 Conductores

Para la estructuración de los circuitos de conductores del sistema fotovoltaico se presenta un detallado estudio de esta parte, son los responsables de transportar toda la energía eléctrica que se genera y se consume en la estación, por esta razón al momento de estimarlo, se debe tener presente que las pérdidas con respecto al calor sean las mínimas posibles.

En la normativa del C.E.N se establece el tipo de conductores que se deben utilizar en los sistemas fotovoltaicos presentes en la sección 690,31 (B). Adicional al tipo de conductor se debe seleccionar el diámetro del mismo que se va implementar en el desarrollo del diseño, para ello el C.E.N presenta 2 criterios para la estimación del diámetro, los cuales son: el método de capacidad de corriente y el método de caída de tensión.

3.3.9.1 Estimación por capacidad de corriente

Con este método se determina la dimensión de cada uno de los conductores en cada fase o tramo del sistema fotovoltaico, se debe tener en cuenta que en el C.E.N proporciona la tabla 310.16 en el que especifica el tipo de cable que se debe utilizar, el cual presenta características de capacidad de voltaje de 0 a 2000 V y una temperatura de operación entre 60°C y 90°C y no permite más de 3 conductores portadores de corriente en la canalización.

Para calcular los conductores del diseño procede a aplicar las ecuaciones 3.15 y 3.16 que se encuentran en el C.E.N en la sección 690,8

$$I_{conductor} \geq I_{conductor\ corregida} \quad (3.15)$$

$$I_{conductor\ corregida} = 1.25 * I_{conductor\ estimada} \quad (3.16)$$

Para la estimación de los conductores en el sistema fotovoltaico se procede a la división del todo sistema en 4 fases o etapas de diseño, donde cada una de ellas transmitirá distintos niveles y tipos de corriente representados de la siguiente manera:

- **Fase 1**

Esta conexión existe entre los paneles solares y la entrada del regulador. Esta fase se ha dividido el tramo en 2 secciones, el primer tramo tiene inicio en el conjunto de los paneles hasta un tablero donde se ubica las protecciones del regulador.

- **Fase 2**

Esta fase representa la estimación de los conductores entre la salida del regulador con el banco de baterías, el estimado del conductor va en función de la corriente de cortocircuito a la entrada del regulador que es generada por los paneles fotovoltaicos, para ello se obtiene valores de la fase 1 entre el tablero y el regulador.

- **Fase 3**

En este punto, procede la estimación del conductor entre la salida de regulador y la entrada del inversor. Se debe tomar en cuenta que la corriente que pasa al inversor va depender de la potencia máxima en alterna que él puede entregar a los circuitos. Para estos cálculos se utilizó las ecuaciones 3.17 y 3.18:

$$I_{CA} = \frac{P}{V * \cos \beta} \quad (3.17)$$

$$I_{cc} = \frac{P}{\eta_{inv}} \quad (3.18)$$

- **Fase 4**

Para finalizar el proceso de estimación de los conductores, se estimó el diámetro y el tipo de conductor entre el inversor y la carga que se desea alimentar.

Todas las fases del proceso se deben tener presente con el factor de protección del 25%.

El resultado de los conductores por capacidad de corriente se presenta en las tablas 3.18 y 3.19.

Para el tablero numero #8

Tabla 3.18 Número de conductor por capacidad de corriente tablero #8

Fase	Sección	Corriente de la fase (A)	Corriente del Conductor (A)	Nro. del Conductor	Cantidad de Conductores
1	Panel FV/tablero	21,42	30	10	1F+1N
	Tablero/Regulador	64,26	65	6	2F+1N
2	Regulador /Tablero	64.26	85	6	2F+1N
	Tablero/Baterías	64.26	50	6	2F+1N
3	Regulador /Tablero	171,36	65	2/0	2F+1N
	Tablero/Inversor	171,36	30	2/0	9F+1N
4	Sal. de inversor	288	240	300	2F+1N

Para el tablero #9

Tabla 3.19 Número de conductor por capacidad de corriente tablero #9

Fase	Sección	Corriente de la fase (A)	Corriente del Conductor (A)	Nro. del Conductor	Cantidad de Conductores
1	Panel FV/tablero	21,42	30	10	1F+1N
	Tablero/Regulador	64,26	65	6	2F+1N
2	Regulador /Tablero	64.26	85	6	2F+1N
	Tablero/Baterías	64.26	50	6	2F+1N
3	Regulador /Tablero	128	65	1/0	2F+1N
	Tablero/Inversor	128	30	1/0	7F+1N
4	Sal. de inversor	288	240	300	2F+1N

3.3.9.2 Estimación por caída de tensión.

En las disposiciones del C.E.N en sección 210.19 nota 4, se especifica que los conductores de los circuitos ramales deben ser dimensionados para que la variación en el voltaje no exceda a una caída superior al 1 % en su punto más lejano; a raíz de esto se procede aplicar las siguientes ecuaciones en el dimensionamiento de los conductores por el segundo parámetro que es la caída de tensión.

Para la determinación de la caída tensión se aplica el conjunto de ecuaciones 3.19 y 3.20:

$$S = \frac{2*L*I}{\Delta v * C} \quad (3.19)$$

$$S = \frac{2*L*I*\cos \phi}{\Delta v * C} \quad (3.20)$$

El resultado del número del conductor por caída de tensión para los subtableros 8 y 9 se puede apreciar en la tabla 3.20 y 3.21.

Para el tablero numero #8

Tabla 3.20 Número de conductor por caída tensión tablero #8

Fase	Sección	Corriente de la fase (A)	Sección estimada (mm^2)	Nro. del Conductor	Cantidad de Conductores
1	Panel FV/tablero	21,42	4	10	1F+1N
	Tablero/Regulador	64,26	16	6	2F+1N
2	Regulador /Tablero	64.26	16	6	2F+1N
	Tablero/Baterías	64.26	70	6	2F+1N
3	Regulador /Tablero	128	70	2/0	2F+1N
	Tablero/Inversor	128	70	2/0	7F+1N
4	Sal. de inversor	288	240	300	2F+1N

Para el tablero numero #9

Tabla 3.21 Número de conductor por caída tensión tablero #9

Fase	Sección	Corriente de la fase (A)	Sección estimada (mm^2)	Nro. del Conductor	Cantidad de Conductores
1	Panel FV/tablero	21,42	4	10	1F+1N
	Tablero/Regulador	64,26	16	6	2F+1N
2	Regulador /Tablero	64.26	16	6	2F+1N
	Tablero/Baterías	64.26	70	6	2F+1N
3	Regulador /Tablero	128	55	1/0	2F+1N
	Tablero/Inversor	128	55	1/0	7F+1N
4	Sal. de inversor	288	240	300	2F+1N

3.3.9.3 Selección del tipo de conductor

Una vez estimado los conductores por los métodos de capacidad corriente y caída de tensión, se determina el peor caso para cada uno de ellos; es por ello, las tablas 3.22 y 3.23 presentan los conductores definitivos para cada zona de los diferentes circuitos que conforman el sistema fotovoltaico.

Para el tablero #8 se observan los conductores en la tabla 3.22:

Tabla 3.22 Conductor final para el circuito #8

Fase	Sección	Conductor (A)	Conductor (V)	Conductor Final	Caída V real (%)
1	Panel FV/tablero	10	10	10	0,96
	Tablero/ Regulador	6	6	6	0,68
2	Regulador /Tablero	6	10	6	0,68
	Tablero/ Baterías	6	6	6	0,68
3	Regulador /Tablero	2/0	2/0	2/0	0,73
	Tablero/Inversor	2/0	2/0	2/0	0,73
4	Sal. de inversor	300	300	300	1

Para el tablero #9 se aprecia el valor definitivo de cada conductor:

Tabla 3.23 Conductor final para el circuito #9

Fase	Sección	Conductor (A)	Conductor (V)	Conductor Final	Caída V real (%)
1	Panel FV/tablero	10	10	10	0,96
	Tablero/ Regulador	6	6	6	0,68
2	Regulador /Tablero	4	10	6	0,68
	Tablero/ Baterías	6	8	6	0,68
3	Regulador /Tablero	1/0	1/0	1/0	0,73
	Tablero/Inversor	1/0	1/0	1/0	0,73
4	Sal. de inversor	300	300	300	1

Para finalizar las conexiones entre los paneles fotovoltaicos se utiliza conductor número #12 para estos valores de bajo voltaje el CEN en su sección 740-4 indica que será el conductor mínimo establecido para el conductor más pequeño; como el mínimo valor es el número #10 se desestima esta condición.

3.3.10 Protecciones.

Todos los sistemas eléctricos deben poseer dispositivos que puedan proteger los equipos y personas que estén en contacto directo o indirecto con ellos; para ello es de vital importancia el uso de las protecciones que aseguren el correcto funcionamiento de los circuitos, evitando los sobre voltajes.

3.3.10.1 Fusibles.

Las interacciones para corriente continua y corriente alterna en las distintas fases del sistema fotovoltaico, induce a realizar cálculos para los diferentes grupos de corrientes, a fin de garantizar el aislamiento de los distintos flujos y particularizarlos en sus zonas de trabajo, se implementó la estimación de protecciones, para ello se implementa las ecuaciones 3.21 y 3.22:

$$I_{\text{tramo}} \leq I_{\text{interruptor}} \leq I_{\text{conductor}} \quad (3.21)$$

Dónde:

$$I_{\text{conveccional de funcionamiento del dispositivo de protección}} \leq 1,45 * \text{corriente maxima admitida por el dispositivo a proteger} \quad (3.22)$$

Estas protecciones, están estipuladas en la sección 240,15(A) del código eléctrico nacional, a razón de esto se presentan los siguientes resultados:

Conocidas la corriente del tramo y del conductor se tiene que los fusibles de protección se especifican en la tabla 3.24.

Tabla 3.24 Fusibles establecido para los circuitos #8 y #9

Tablero	Sección	Corriente de funcionamiento (A)	Corriente dispositivo (A)
8	Panel FV/tablero	21,42	25
9	Panel FV/tablero	21,42	25

3.3.10.2 Interruptores seccionadores.

La utilización de este tipo de interruptor en los sistemas fotovoltaicos adquiere constancia debido a que su principal función es crear un aislamiento entre los paneles fotovoltaicos y el resto de los equipos; este propósito crea una protección para la realización de servicios de mantenimiento seguro para el personal que esté realizando estas maniobras en el área.

Este tipo de seccionadores que se estimaron y se presentan a continuación, tiene su normativa en el código eléctrico nacional según la norma 240,12 y los resultados de la estimación se pueden apreciar en la tabla 3.25 y 3.26.

Para el circuito #8 se observa los valores de protección en la tabla 3.25.

Tabla 3.25 Interruptores establecido para el circuito #8

Fase	Sección	Tipo dispositivo	Corriente (A)	Corriente dispositivo (A)
1	Tablero/ Regulador	interruptor de corriente continua	64,24	65 A
		descargador de sobretensión	64,24	11 KA
3	Tablero/Inversor	interruptor de corriente continua	128	130 A
		descargador de sobretensión	128	11 kA
4	Sal. de inversor	interruptor corriente alterna	288,64	300 A
		descargador de sobretensión	288,64	11 kA
		interruptor diferencial	288,64	300 A

Para el circuito #9 se aprecia las diferentes protecciones con su respectivo valor en la tabla 3.26.

Tabla 3.26 Interruptores establecido para el circuito #9

Fase	Sección	Tipo dispositivo	Corriente (A)	Corriente dispositivo (A)
1	Tablero/ Regulador	interruptor de corriente continua	64,26	70 A
		descargador de sobretensión	64,26	1 KA
3	Tablero/Inversor	interruptor de corriente continua	130	100 A
		descargador de sobretensión	130	1 KA
4	Sal. de inversor	interruptor corriente alterna	288,64	100 A
		descargador de sobretensión	288,64	1Ka
		interruptor diferencial	288,64	100 A

3.3.10.3 Protecciones contra descarga eléctrica y sobretensiones

La implementación de este tipo de sistema se basa en el aislamiento del equipo contra fenómenos atmosféricos, aunque son particularmente raros siempre está la posibilidad de que se presenten; conviene destacar los componentes de este equipo:

- **Punta captadora o punta Franklin:** este dispositivo es el encargado de atraer hacia él una descarga atmosférica, su funcionamiento se basa con una punta de cobre colocada en los alrededores de la zona vulnerable y creando una ionización para atraer el rayo y crear un camino de descarga.
- **Conductor:** está conectado a la punta Franklin y se ubica en la parte exterior de la estructura asegurando los equipos de la edificación.
- **Puesta a tierra:** consiste en una barra o una malla enterrada por donde se realiza la dispersión de rayo y todos los voltajes y corrientes a consecuencia del mismo.

Otro factor que involucra a los sistemas fotovoltaicos es la implementar dispositivos contra las sobretensiones ocasionadas directa o indirectamente por los factores ambiente. En la sección de 280.4 de CEN se especifica claramente que los descargadores de sobretensiones deben ser como mínimo igual a la tensión máxima donde se ubique el dispositivo.

Las tablas 3.27 y 3.28, muestra los voltajes máximos en cada una de las secciones de importancia para la protección del sistema fotovoltaico contra las sobretensiones

Circuito #8

Tabla 3.27 Interruptores establecido para el circuito #8

Fase	Sección	Corriente de fase (A)	voltaje fase (V)	Corriente del Conductor (A)
1	Panel FV/tablero	21,42	384	25
	Tablero/ Regulador	64,26	384	80
2	Regulador /Tablero	64.26	48	80
	Tablero/ Baterías	128	48	160
3	Regulador /Tablero	128	48	160
	Tablero/Inversor	128	48	660
4	Sal. de inversor	288,76	440	300

Para el circuito 9

Tabla 3.28 Interruptores establecido para el circuito #9

Fase	Sección	Corriente de fase (A)	voltaje fase (V)	Corriente del Conductor (A)
1	Panel FV/tablero	21,42	384	25
	Tablero/ Regulador	64,26	384	80
2	Regulador /Tablero	64.26	48	80
	Tablero/ Baterías	128	48	160
3	Regulador /Tablero	128	48	160
	Tablero/Inversor	128	48	160
4	Sal. de inversor	288,76	220	300

3.3.10.4 Puesta a tierra.

Todo tipo de proyecto eléctrico debe poseer un sistema de protección de equipos contra sobretensiones; adicionalmente, el personal que manipula esos equipos de manera directa o indirecta también se encuentra expuesto a estas fallas. Es por ello que se implementa la puesta a tierra como método de protección, y para ello se comienza por la estimación de la resistividad del terreno y validado por la norma IEEE std 81-1983 es su sección 7.2.4.

Para la estimación de la resistividad se usa el método de Wemer, donde explica que la medición de los electrodos se encuentra a una distancia “a” de separación y una profundidad “b”. La figura 3.10 muestra cómo se deben colocar los electrodos para la recolección de datos en el terreno

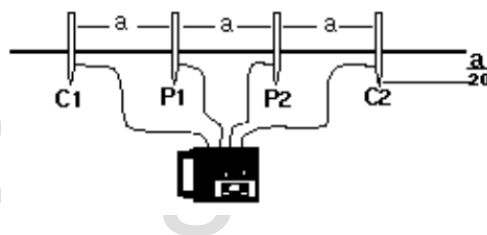


Figura 3.10 Ubicación de los electrodos

La ecuación que determina la resistividad del terreno viene dada por:

$$\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2}}} \quad (3.23)$$

Dónde:

ρ = resistividad promedio (Ω -m).

a = distancia de separación entre electrodos.

b = profundidad de los electrodos.

R = resistencia medida por el instrumento.

Destaca la norma IEEE std 81-1993, indica que la profundidad de b no debe excederse en 0,1 la distancia de a, por lo tanto, se considera la profundidad de b despreciable; de allí, se obtiene la ecuación 3.24.

$$\rho = 2\pi aR \quad (3.24)$$

Dónde:

ρ = resistividad promedio

a= distancia de separación entre diodos

r= resistencia medida por el instrumento.

Para la presente investigación, las muestras tomadas en la zona de interés se describen de la siguiente manera:

- La ubicación fue descrita previamente al principio del capítulo.
- La fecha de la toma de las muestras se realizó el 15 de enero de 2022.
- Las condiciones climáticas que se presentaron fue soleado y algunas nubes.
- La temperatura promedio fue de 27 °C.

En la figura 3.11, se observa el valor de temperatura en día de la recolección de las muestras en el terreno.



Figura 3.11 Estado meteorológico para el día de muestras.

Una vez descritas las condiciones ambientales se procedió a la descripción de los instrumentos utilizados en la recolección de los datos:

- El instrumento utilizado fue un MEGGER DET5/4R de código 6210-182/000100/2344 como se aprecia en la figura 3.12.



Figura 3.12 Instrumento de trabajo en resistividad

- Cinta métrica marca EXXEL con código 17-042 de 20 m de longitud



Figura 3.13 Equipo de medición

- Conductores



Figura 3.14 Conductores de toma de muestras

El estudio se realizó en 2 áreas:

- El área 1 de estudio está perpendicular a la autopista Alberto Carnevalli, en la gráfica 3.15 se puede determinar específicamente con una vista aérea de la ubicación:



Figura 3.15 ubicación 1 de zona de toma de muestra

Los resultados de las mediciones se observan en la tabla 3.29.

Tabla 3.29 Muestras de resistencia obtenidas de la ubicación 1.

a(m)	B	D1 (m)	D2 (m)	R (Ω)	r (Ω m)
0,5	0,45	0,25	0,75	34,7	307,34
1	0,45	0,5	1,5	14,72	104,22
1,5	0,45	0,75	2,25	9,59	62,52
2	0,45	1	3	6,09	38,41
3	0,45	1,5	4,5	4,26	26,31
4	0,45	2	6	3,03	18,64
5	0,45	2,5	7,5	2,59	15,93
6	0,45	3	9	2,29	14,10
8	0,45	4	12	2,06	12,72
10	0,45	5	15	1,85	11,45
12	0,45	6	18	1,63	10,10
15	0,45	7,5	22,5	1,52	9,44
20	0,45	10	30	1,5	9,34

La grafica 3.3 refleja cómo se comporta la resistividad a diferentes distancias y se aprecia que la resistividad disminuye al aumentar las distancias entre los puntos donde se toman las muestras.

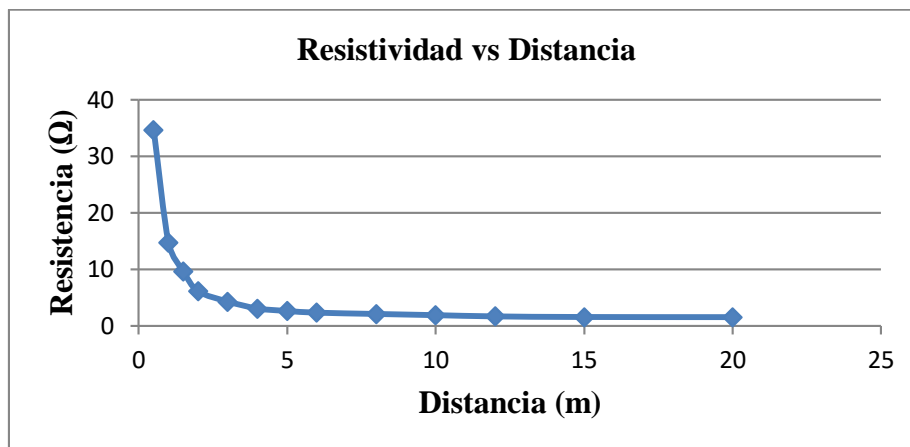


Gráfico 3.3 Resistividad en funcion de distancia ubicación 1 .

- El área de estudio para la recolección de muestra de resistividad del terreno se hizo paralela a la avenida Alberto Carnevalli; la figura 3.16 ofrece la representación de la zona.



Figura 3.16 ubicación 2 de zona de toma de muestra

Se observa en la tabla 3.30 los resultados de las muestras recolectadas.

Tabla 3.30 Muestras de resistencia obtenidas de la ubicación 2.

a(m)	B	D1(m)	D2 (m)	R (Ω)	$\rho(\Omega \text{ m})$
0,5	0,45	0,25	0,75	30,3	268,37
1	0,45	0,5	1,5	13,42	95,02
1,5	0,45	0,75	2,25	9,48	61,80
2	0,45	1	3	7,33	46,24
3	0,45	1,5	4,5	4,04	24,95
4	0,45	2	6	4,02	24,72
5	0,45	2,5	7,5	3,12	19,19
6	0,45	3	9	2,25	13,85
8	0,45	4	12	2,02	12,47
10	0,45	5	15	2,04	12,62
12	0,45	6	18	1,9	11,78
15	0,45	7,5	22,5	1,73	10,75
20	0,45	10	30	1,58	9,84

Las grafica 3.4 presenta la variación de la resistividad del terreno en función de la distancia

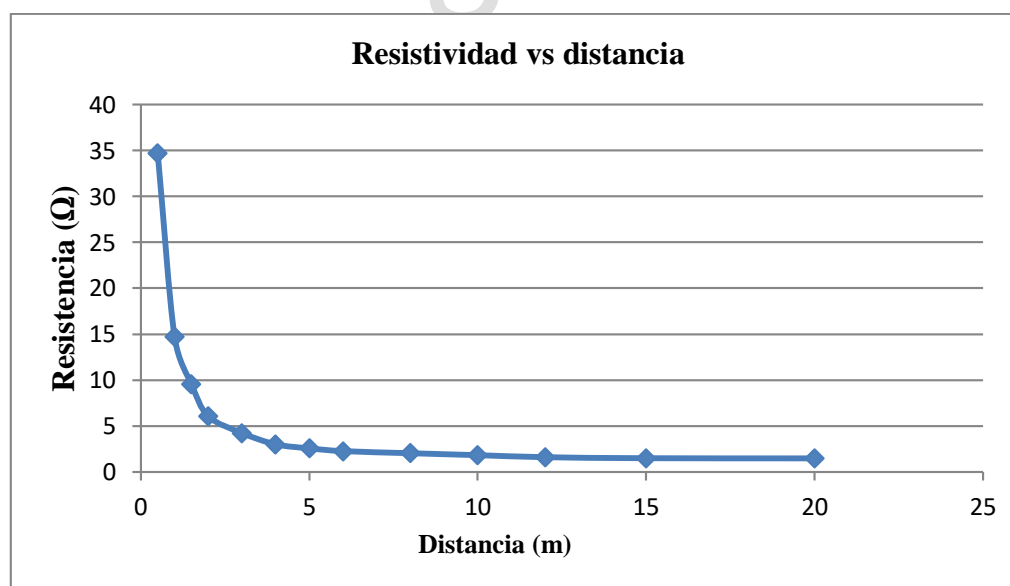


Gráfico 3.4 resistividad en funcion de distancia ubicación 2.

Una vez determinada y graficada la resistividad se debe tomar en cuenta la resistividad máxima y mínima de cada gráfica, por lo tanto:

Tabla 3.31 Muestras de resistividades máximas y mínimas.

Área	r1 (Ω m)	r2 (Ω m)
1	307,34	9,34
2	268	9,84

r1= valor de resistividad máximo

r2= valor de resistividad minino

Luego se determinó la resistividad promedio de ambas pruebas para lo cual sus resultados se muestran en la tabla 3.32.

Tabla 3.32 Resistividad promedio

a	r1 (Ω m)	r2 (Ω m)	r prom (Ω m)
0,5	307,34	268,37	287,85
1	104,22	95,02	99,62
1,5	62,52	61,80	62,16
2	38,41	46,24	42,32
3	26,31	24,95	25,63
4	18,64	24,72	21,68
5	15,93	19,19	17,56
6	14,10	13,85	13,98
8	12,72	12,47	12,59
10	11,45	12,62	12,04
12	10,10	11,78	10,94
15	9,44	10,75	10,10
20	9,34	9,84	9,59

Se logra visualizar que el valor de resistividad entre el valor más alto y el más bajo es mayor al 30%; por lo tanto, es imprescindible la utilización de método de 2 capas o el método gráfico de SUNDE, este método consiste obtener condiciones más reales del terreno, se modela como una capa superior finita y una segunda capa inferior con espesor infinito

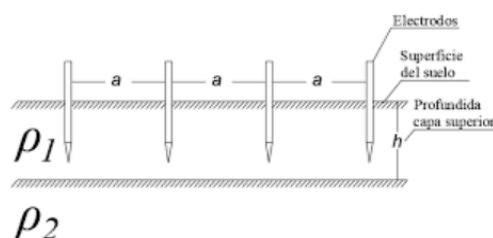


Figura 3.17 Representación de la resistividad del terreno.

Para la obtención de estos valores se realizó los siguientes pasos

Se realizó la gráfica de resistividad aparente vs el espaciado de las picas de prueba(a) con los valores mostrados en la tabla 3.33.

Tabla 3.33 Resistividad promedio y espaciado de los diodos.

a (m)	r promedio. (Ω m)
0,5	287,85
1	99,62
1,5	62,16
2	42,32
3	25,63
4	21,68
5	17,56
6	13,98
8	12,59
10	12,04
12	10,94
15	10,10
20	9,59

La grafica 3.5 se aprecia la resistividad promedio del terreno.

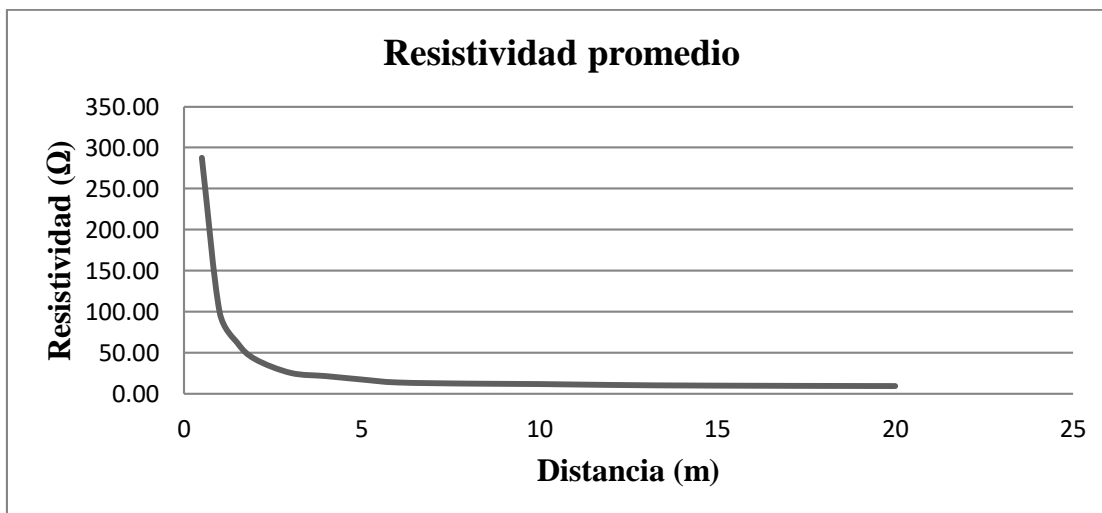


Gráfico 3.5 Resistencia promedio en función del espaciado de los diodos (a).

- Se calcula la relación $\frac{\rho_2}{\rho_1}$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{9,59}{287,85} = 0,033311$$

Ahora, en la gráfica de SUNDE se selecciona la curva con el valor más aproximado y se obtiene el $\frac{\rho a}{\rho_1}$

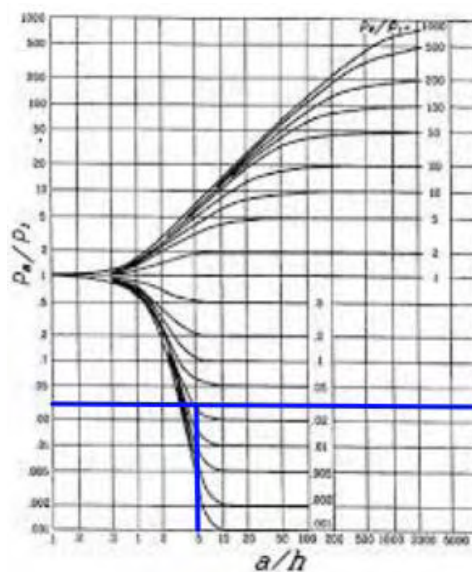


Gráfico 3.6 Gráfica sunde para hallar $\frac{\rho a}{\rho_1}$

De la curva 0,2 se obtuvo el valor de $\frac{\rho a}{\rho_1} = 0,04$ multiplicando por ρ_1 .

$$\rho a = 0,04 * 287,85 = 11,514.$$

Obtenido este valor, se agrega a la gráfica 3.5 y se consigue el valor, que tiene como resultado $a=5,91$. Otra forma de determinar el valor de a es extrapolando el valor superior en inferior de ρa .

Finalmente de la relación $\frac{a}{h} = 5$ se despejo h y obtuvo la altura de la primera capa.

$$h = \frac{11,514}{5} = 2,30 \text{ m.}$$

Una vez obtenidos estos valores, se hace una estimación del mallado de la puesta tierra donde el CEN especifica que en su sección 250.46 para la resistencia de puesta tierra no debe ser mayor a 25Ω . Para determinar el sistema de puesta tierra necesario para el sistema fotovoltaico se aplican los siguientes métodos:

- **Cálculo de resistencia de 2 barras:**

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln\left(\frac{4L}{a}\right) - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L}{5s^4} \right) \quad (3.25)$$

Dónde:

R = resistencia 2 barras (m).

r = resistividad del terreno. ($\Omega \cdot m$).

L =longitud de la barra. (m).

a = radio barra (m).

s = separación entre las barras (m).

Sustituyendo los valores se obtiene

$$R = \frac{11,51}{4\pi(2,4)} \left(\ln\left(\frac{4(2,4)}{0,0158}\right) - 1 \right) + \frac{11,51}{4\pi(2)} \left(1 - \frac{2,4^2}{3 * 2^2} + \frac{2(2,4)}{5(2^4)} \right)$$

R = resistencia 2 barras (m)

r = 11,51 (Ω *m)

L =2,4. (m)

a = ($\sqrt[5]{8}$)ⁿ =0,0158 m

s = 2 (m)

R =2,36 Ω

- **Cálculo resistencia electrodos horizontales**

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\left(\ln\left(\frac{4L}{a}\right) + \ln\left(\frac{4L}{s}\right) - 2 \right) + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \right) \quad (3.26)$$

Dónde:

R = resistencia dispuesta en forma horizontal (Ω *m)

r = resistividad del terreno (Ω *m)

$2L$ =longitud de conductor horizontal (m)

a = radio conductor (m)

$\frac{s}{2}$ = profundidad (m)

Sustituyendo

$$R = \frac{11,51}{4\pi(15)} \left(\left(\ln\left(\frac{4(15)}{0,0026}\right) + \ln\left(\frac{4(15)}{1}\right) - 2 \right) + \frac{1,25}{2(15)} - \frac{1,25^2}{16(15^2)} + \frac{1,25^4}{51(15)^4} \right)$$

R =7,31859 Ω

El CEN establece en la sección 690.41 que “En todas las fuentes de energía fotovoltaico debe haber un conductor de una instalación bipolar de más de 50V y el neutro de un sistema tripolar que estén sólidamente puesto a tierra”, adicional en el numera 690.43 también especifica que “La puesta a tierra de cc debe hacerse en cualquier punto de salida del sistema”; recomienda que cerca del sistema de protección a la salida de generación mayor.

3.3.10.5 Determinación de la altura de la protección atmosférica (pararrayos).

En el diseño presentado, es necesario protegerlo contra descargas atmosféricas para evitar que afecte los paneles solares y los equipos de circuito fotovoltaico; la carencia de estos dispositivos puede ocasionar daños irreversibles al sistema fotovoltaico. Es por ello que a continuación se presenta la forma en como se hizo la estimación para la ubicación de la punta de Franklin:

- **Estimación de radio de protección**

Este radio garantiza la protección de todos los equipos y los sistemas eléctricos, para ello es necesario conocer la altura que se desea colocar el dispositivo y la distancia que se desea proteger. La disposición de la norma internacional de la Nacional Fire Protection Association (NFPA) en la norma 17-102 de 1995, establece niveles de protección para la incidencia atmosférica en área de trabajo. El área que se desea proteger posee un radio de 55 m, la razón es que la base del pararrayos no se puede colocar entre los paneles fotovoltaicos, traería como consecuencia la presencia de sombras sobre los mismos provocando una disminución en la eficiencia de generación eléctrica.

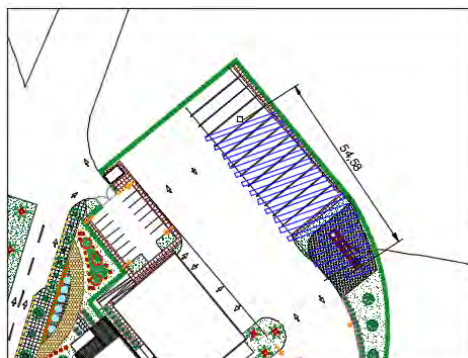


Figura 3.18 Radio de protección del pararrayos.

En la presente investigación, se realizaron varios ensayos de prueba y error con el fin de encontrar la altura mínima requerida para poder cubrir todos los paneles con la punta Franklin. Para ello se ha usado la ecuación 3.27.

$$Rp = \sqrt{h(2 * D * h) + \Delta L (2D + \Delta L)} \quad (3.27)$$

Dónde

Rp = radio de protección.

h= altura del pararrayos por encima de la superficie a proteger.

D = Nivel de protección de por la norma internacional

N1=20 m.

N2= 45 m.

N3= 60 m.

ΔL =constante de cebado.

Para hallar **ΔL** se utilizó la ecuación 3.28.

$$\Delta L = 106 * \Delta t \quad (3.28)$$

Para la punta seleccionada de acero es de 40 μs

Ahora, aplicando la ecuación (3.51) a diferentes alturas se obtiene la tabla 3.34.

Tabla 3.34 Radio de protección del sistema fotovoltaico contra descargas atmosféricas.

Altura. (m)	Radio de protección. (m)
4	31.02
6	46
8	61

Como se logra apreciar en la tabla 3.31, la altura mínima de la punta Franklin es de 4 metros, a partir de allí el sistema se encuentra resguardado; ahora se selecciona la altura de 8 metros para abarcar de manera confortable todos los equipos.

3.3.11 Diseño del circuito.

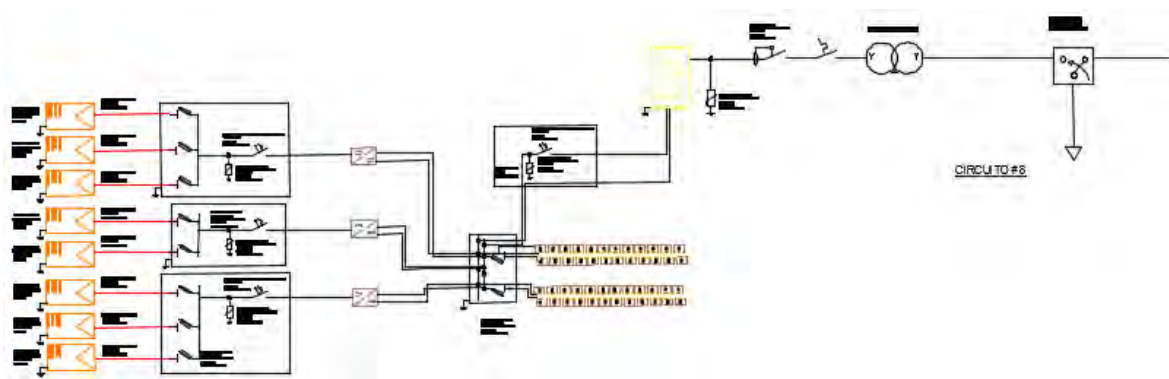


Figura 3.19 diseño del circuito

La figura 3.19 se observa la estructura final del sistema fotovoltaico del subtablero 8 este diseño presenta una variación para el subtablero 9; por esta razón el subtablero número 9 tiene 2 filas de paneles menos que el otro subtablero.

Comenzando por los paneles solares son string o filas de 9 paneles con un voltaje 420 V y una corriente de 21,16 A, seguidamente posee fusibles de protección de 25 A y un protectores de sobre voltaje de 600 V y 11KA de corriente, ahora la corriente generada por los paneles en continua pasa a la entrada del regulador que posee un capacidad nominal hasta 200 A.

La segunda parte del circuito consta por la salida del regulado donde alimenta a las baterías de 2V conectadas en serie y paralelo, antes de conectarse con el inversor se encuentra un protector de sobre voltaje y un interruptor térmico. La entrada del inversor cuenta con 10 MPPT de 26 A cada una para la entrada de corriente continua y transformarla en corriente alterna.

Para finalizar la salida del inversor presenta un voltaje de 440 V en cada fase y pose también un protector contra sobre voltaje un deferencial eléctrico.

3.3.12 .Diseño de bases y ángulos del circuito fotovoltaico.

Todo sistema fotovoltaico una vez completado su diseño, tiene la impetuosa necesidad de una estructura que sirva de soporte en donde van a estar ubicadas; es por ello, que en el presente trabajo de investigación se hace mención al cálculo de estos soportes en especial al de los paneles fotovoltaicos, ya que estos necesitan un ángulo específico para captar la mayor cantidad de radiación solar y aumentar la eficiencia de la generación eléctrica. También se debe destacar que en estos sistemas fotovoltaicos se debe tener distancia mínima entre las columnas de paneles ya que ellos generan sombras y se debe evitar que ella cubra otros paneles.

De lo anteriormente mencionado, se destaca lo imprescindible que es la determinación del ángulo y la distancia entre las filas de paneles; es por ello, que estos valores fueron estimados mediante las ecuaciones 3.29, 3.30, 3.31 y 3.32.

$$d_2 = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})} \quad (3.29)$$

Dónde

d_2 = distancia mínima de separación.

h =altura de elevación del módulo.

Latitud= ubicación exacta del panel.

La figura 3.20 representa esquemáticamente la distancia que se determinó para la adecuada ubicación de los paneles

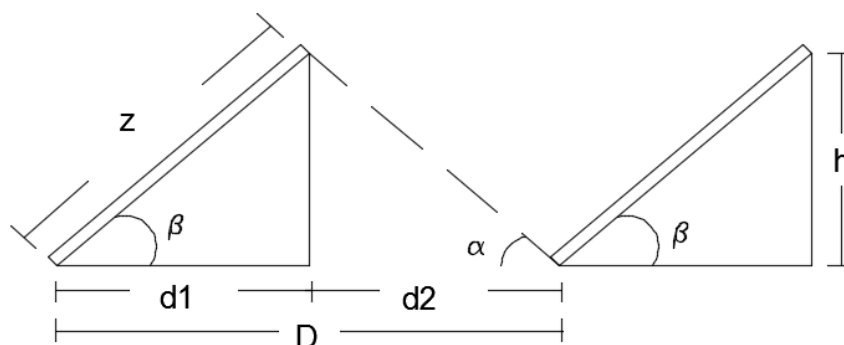


Figura 3.20 Distancia mínima entre filas de paneles

Se aprecia en la figura 3.20 las relaciones trigonométricas existentes en la determinación de la distancia que debe tener entre los paneles. Se debe encontrar el valor de d_1 y d_2 para poder determinar la distancia mínima requerida, es por ello que se estimó aplicando la ecuación 3.30.

$$d_1 = Z * \cos \beta \quad (3.30)$$

Dónde:

Z =Representa el ancho del panel

d_1 =Sombra proyecta en el plano horizontal

$\cos \beta$ =Ángulo de inclinación con respecto al plano.

Ahora se obtiene el valor de h por medio de la siguiente ecuación

$$h = Z * \sin \beta \quad (3.31)$$

Dónde:

h =Altura de elevación del módulo con respecto al plano horizontal.

$\sin \beta$ = Ángulo de inclinación con respecto al plano.

Una vez calculados los valores, se procede a estimar la distancia mínima mediante la ecuación 3.32.

$$D = d_1 + d_2 \quad (3.32)$$

Dónde:

D = distancia mínima de separación entre filas de paneles fotovoltaicos donde no produce sombra.

d_1 = sombra proyecta en el plano horizontal

d_2 = distancia mínima de separación.

Sustituyendo los valores en la ecuación 3.31 se obtiene

$$h = 1512 * \sin(15) = 391 \text{ mm}$$

Donde 1512 mm representa el ancho del panel y los 15° es el ángulo óptimo para la latitud de 8°. Ahora, se determina la sombra proyectada en el plano horizontal mediante la ecuación 3.30.

$$d_1 = 1512 * \cos(15) = 1460 \text{ mm}$$

Luego, hallar el valor de d_2 mediante la ecuación 3.29.

$$d_2 = \frac{293.50}{\tan(61^\circ - 8^\circ)} = 294 \text{ mm}$$

Finalmente, la distancia mínima será el resultado de la ecuación 3.32.


$$D = 1460 + 294 = 1754 \text{ mm}$$

3.3.13 Estimación de materiales




El material estimado en un diseño fotovoltaico presenta gran relevancia una vez obtenidos: los datos de cada uno de los componentes, ya que ellos pasan a formar el conjunto económico de la inversión a realizar en la investigación, todos los diseños deben presentar una estimación de materiales para realizar un análisis de los costos.

La tabla 3.35 presenta una estimación métrica del sistema fotovoltaico.

Tabla 3.35 Disposición de los materiales en el diseño fotovoltaico.

Componente	Características	Cantidad estimada	Valor estimado (\$)	Monto total (\$)
	MODELO: THPM696SC EMPRESA: TW SOLAR. Potencia 780W Voc: 46,4 V Ics: 21,42 A	49	293,40	36968,4

	<p>MODELO: RS SMART SOLAR EMPRESA: VITRON ENERGY Potencia Vdc: 480V I carga: 200 A</p>	2	2060	10300
	<p>MODELO: SUN2000 VL2-1610 EMPRESA: HUAWEI Potencia 110 KA Vsal 220 V /480 V I carga: 200 A</p>	2	6040	12080
	<p>MODELO: OPZS/ VL2-1610 EMPRESA: HOPPPCKE Potencia Vdc: 1 C: 2170 A h</p>	4	15320	61200
	<p>FUSIBLE MODELO:FDS-32 EMPRESA: FEEO Potencia 780W Vdc: 1000 V Ics: 1-32</p>	12	1,15	13,8
	<p>DESCARGADOR SOBRETENSIÓN MODELO:S6D00M2R EMPRESA: LOVATO POTENCIA 780W VDC: 600 V ICS: 11 KA</p>	6	60	360
	<p>MODELO:FPV125 EMPRESA: FEEO VDC: 1000 V IDC:65 A</p>	1	60	60
	<p>MODELO:FPV125 EMPRESA: FEEO VDC: 1000 V IDC:100 A</p>	1	90	90
	<p>INTERRUPTOR DIFERENCIAL MODELO:FE-125 EMPRESA: FEEO POTENCIA 780W ICS: 65,80,125</p>	2	123	246

	<p>BARRA COPPERWELD L: 2.4 m DIAMETRO: 5/</p>	4	13	78
	<p>Modelo:PFT-01 Acero inoxidable 304 DIAMETRO: 5/16 " Resistividad 71,1*10,8 ohmetro</p>	1	114,50	114,50
	<p>MODELO:FST- 250 EMPRESA: FEEO Vac: 230 V IDC:250 A</p>	2	440	880

www.bdigital.ula.ve

Capítulo IV.

4.1 Análisis y discusión de resultados

En el siguiente capítulo, se presenta un análisis de los resultados obtenidos, para ello se desglosa de manera objetiva el diseño que se obtuvo en el capítulo 3; también se presenta un resumen de un análisis económico y del impacto ambiental de este tipo de diseño de energías renovables fotovoltaica.

4.2 Análisis económico.

Los análisis económicos en los diseños en especial a los sistemas fotovoltaicos permiten corroborar la factibilidad, la rentabilidad o los costos del diseño a través de los años de funcionamiento de los mismos.

En este proyecto de investigación, se presenta un análisis de costos que puede generar sistema anualmente; para ello, se utiliza el parámetro del costo anual uniforme equivalente durante un periodo de 25 años y considerando un interés del 10% debido que la instalación donde se aplica el diseño pertenece a la nación y no genera un flujo de caja directamente. Para determinar estos valores se aplica el método CAUE.

4.2.1 Método CAUE (costo anual uniforme equivalente).

Este indicador es una forma de evaluar un proyecto o una inversión correspondiente a todos los costos operatividad del mismo; en este método, no se evalúa los ingresos o los beneficios económicos que el proyecto genera a lo largo de su vida útil.

De lo planteado anteriormente; se evalúa, la alternativa en ese periodo de ciclo de vida, si el proyecto continuara más de un ciclo, el resultado sería igual al anterior. Esto permite llevar todos los flujos en flujos uniformes a través del tiempo en estudio.

En la ecuación 4.1 se puede referenciar la ecuación que se utiliza para obtener el CAUE de un proyecto.

$$CAUE = \frac{C_{inv} * T_{desc} * (1 + T_{desc})^{v_{util}}}{(1 + T_{desc})^{v_{util}} + C_{mant} + C_{ope}} \quad (4.1)$$

Dónde:

$CAUE$ = costo anual uniforme equivalente.

C_{inv} = costo de inversión.

T_{desc} = tasa de descuento.

v_{util} = vida del proyecto o periodo de uso del proyecto.

C_{mant} = costos de mantenimiento.

C_{ope} = costo de operación.

La determinación económica del proyecto comienza con la estimación de la energía anual obtenida por el diseño, para ello se aplica la ecuación 4.2.

$$TOTAL, \text{ kW h anual} = (\text{kW h diarios} * 365) \quad (4.2)$$

$$TOTAL \text{ kW h anual} = (374,79) * 365 = 122.198 \text{ kW h.}$$

Una vez estimado el valor de la energía; se determina el costo del total de la inversión que requiere el proyecto, este valor es esencial en la estimación del CAUE.

La tabla 4.1 muestra los valores que representan a los componentes más importantes del sistema fotovoltaico.

Tabla 4.1 valor de la inversión.

Cantidad		Coste Unitario (\$)	Coste Total (\$)
126	Celdas solares de 780 W.	324,67	40.908,42
1	Estructura metálicas y soportes	18183,35	18.183,35
5	Regulador	2282,70	11.413,50
2	Inversor de CC/CA (100 kW)	6692,95	13.385,90
4	conjuntos de Baterías serie/paralelo (Ah)	16976,17	67.904,68
1	Varios (5 % del monto)	6920,50	13.841,50
Sub Total			165.636,85

Como se observa en la tabla 4.1 el costo de los equipos equivale a 165.636,85 \$, allí no se encuentra incluido los costos de impuestos al valor agregado o impuestos de importación.

El costo total del diseño se debe incluir el valor de los impuestos de importación y el IVA que representa el 16,5 % del costo total de la inversión 192.966,92 \$; una vez, que se obtiene la inversión inicial se debe tomar en cuenta los costos de mantenimiento y los costos de operación del sistema el cual representa cada uno un 2% de la inversión inicial dando como resultado 3859,34 \$ para cada costo, el periodo de vida útil del proyecto de 25 años y una tasa de interés de 10%. Ahora aplicando la ecuación 4.1 en el proyecto se observa los resultados

$$UE = \frac{184.904,54 * 0,1 * (1+0,1)^{25}}{(1+0,1)^{25} + 3698,09 + 3698,09} \quad (4.1)$$

Dónde:

$CAUE$ = costo anual uniforme equivalente.

C_{inv} = 184.904,54 \$

T_{desc} = 10 %

v_{util} = 25 años.

C_{mant} = 3698,09 \$.

C_{ope} = 3698,09 \$.

Realizada la estimación con la ecuación 4.1 se obtiene que el valor del CAUE total de 28.977,47 \$/anual con un costo de generación de 0,24 \$ kW h, esto representa un flujo positivo indicando que el diseño fotovoltaico es viable y se puede implementar.

De lo datos obtenidos, se puede deducir que:

- Aunque los sistemas fotovoltaicos son de costos elevados pueden obtener ganancias reales y atractivas para la reinversión, expansión y creación de nuevos proyectos.
- En Venezuela se presenta una característica particular de generación energética a bajo costo subvencionado por el estado, poco real y alejado de los precios internacionales y motivo por ello los sistemas fotovoltaicos en el país presentan dificultades para su implementación.
- Se urge políticas de incentivos fiscales, créditos y leyes que beneficie al usuario que desee implementar este u otros diseños alternativos de generación.

4.3 Análisis ambiental.

Determinar un impacto ambiental cuando se genera energía eléctrica, involucra hacer una revisión de las formas en que esa energía se está produciendo, donde puede aplicarse la tecnología fósil o la implementación de tecnologías alternativas donde se aproveche los recursos renovables. Por muchos años la energía eléctrica ha sido la principal causa de contaminación ambiental a nivel global, en base a esto resaltan 2 factores motivadores como lo son:

- **Efecto invernadero**

La principal generación de $CO_{2equivalente}$; señala, que las energías fósiles son el mayor generador, datos presentados en la artículo del distinguido PHD Juan Rojas sobre impacto ambiental; donde, destaca que las energías renovables son las menos contaminantes, enfatiza en su artículo que el CO_2 producido por la energías renovables tiene un equivalente de 50 gramos por cada 1 kW h producido en comparación a los 1000 gramos de CO_2 que producen las energías fósiles.

- **Emisiones acidas.**

Las emisiones ácidas o lluvia ácida producida por la cantidad de óxido de azufre y el óxido de nitrógeno en la atmosfera es derivado del petróleo y es el principal contaminante causando una disminución de del pH natural en la lluvia.

- **Eutrofización del entorna ambienta**

Hacer referencia al exceso de nutrientes en un sistema, debido a la descomunal actividad de los seres humanos en entornos ambientales donde el nitrógeno y el fosforo se encuentran en los ecosistemas de manera balanceada; ocasionarían un crecimiento desproporcionado de estos componentes, desembocando cambios a gran escala en el área donde se observan aumentos de los mismos.

- **Impacto ambiental del sistema eléctrico en Venezuela.**

Datos aportados por CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) para el 2012 indica que para Venezuela la cantidad de CO_2 generada está en torno alrededor de 33 millones de toneladas representando un crecimiento con respecto a estudios anteriores. La generación eléctrica en el país representa 16% del CO_2 que se produce anualmente, adicional a todo esto la lluvia acida aporta el 28% de SO_2 en el mismo periodo. De allí la necesidad en principio controlar el crecimiento de los niveles de los agentes contaminantes, para luego diseñar un plan de desarrollo en función a reducir los porcentajes de contaminación al mínimo.

La implementación de un equipo fotovoltaico en los diferentes ámbitos de la vida puede traer beneficios y también consecuencia en el medio ambiente donde se aplican, es por esta razón que en la presente investigación se realizó un análisis de la zona reservada para tal fin, aplicando el diseño al entorno, se estima lo siguiente:

4.3.1 Dimensiones

El área en la que se diseñó el sistema cubre alrededor de $2000 m^2$, perteneciente al jardín botánico con coordenadas $8^{\circ}37'34.5''N$ $71^{\circ}08'48.0''W$, en el capítulo III se explica de manera más específica y detalla la ubicación de la zona y su entorno.

4.3.2 Descripción del impacto

El diseño de construcción de paneles fotovoltaicos que se plantea en este trabajo de investigación consiste en la ubicación de los mismos, una zona que se encuentra situada en las inmediaciones del jardín botánico, que en principio afectaría al jardín botánico en cuanto a la reducción de su espacio físico, así como la eliminación de la vegetación, flora y fauna en el punto o sitio donde se desarrollaría el proyecto. Es de acotar, que en los alrededores se logró visualizar arbustos de tamaño mediano tipo saisai, en relación a la fauna se logró visualizar algunos colibrís y ciertos animales de granja circundando en la zona como fueron animales de tipo caballos.

4.3.2.1 Identificación del impacto ambiental en medio abiótico

Para la estación terminal La Hechicera, los recursos hídricos a su alrededor son pocos encontrándose el río Albarregas más próximo pero su distancia a donde se plantea la proyección del proyecto es alejada, por lo tanto la aplicación de material estructural debido a la estructura del panel fotovoltaico es nula.

4.3.2.2 Identificación del impacto en el paisaje.

La estructuración de un sistema fotovoltaico requiere soportes y de resguardo de los equipos involucrados, también la implementación de equipos y maquinaria en el levantamiento de la obra, presenta una afectación temporal debido a que los equipos utilizados en la construcción serán provisionales y a lo largo de periodo de vida del sistema solo se dispondrán de equipos menores de manteniendo preventivo y correctivo del sistema.

4.3.2.3 Contaminación de atmosférica.

En un impacto ambiental el principal factor de estudio es la contaminación que puede causar en la atmósfera cualquier tipo de diseño, la presente investigación no escapa a esa realidad, es por ello que se realizó un estudio del daño que podría causar el sistema fotovoltaico al entorno y se realizó una hipótesis comparativa del daño que podría ocasionar otras tecnologías como lo son la red eléctrica y la generación de energía por combustión fósil, los análisis preceden con base a investigaciones realizadas previamente por el Dr Juan Rojas en proyectos académicos realizados.

Para poder realizar las comparaciones, se determinó primero el nivel de contaminación del diseño que podría ocasionar al entorno ambiental, por ellos mediante el siguiente programa que se observa en la figura 4.1 se estima los valores de CO_2 , SO_2 y de NO_x que podrían desprender el sistema fotovoltaico.

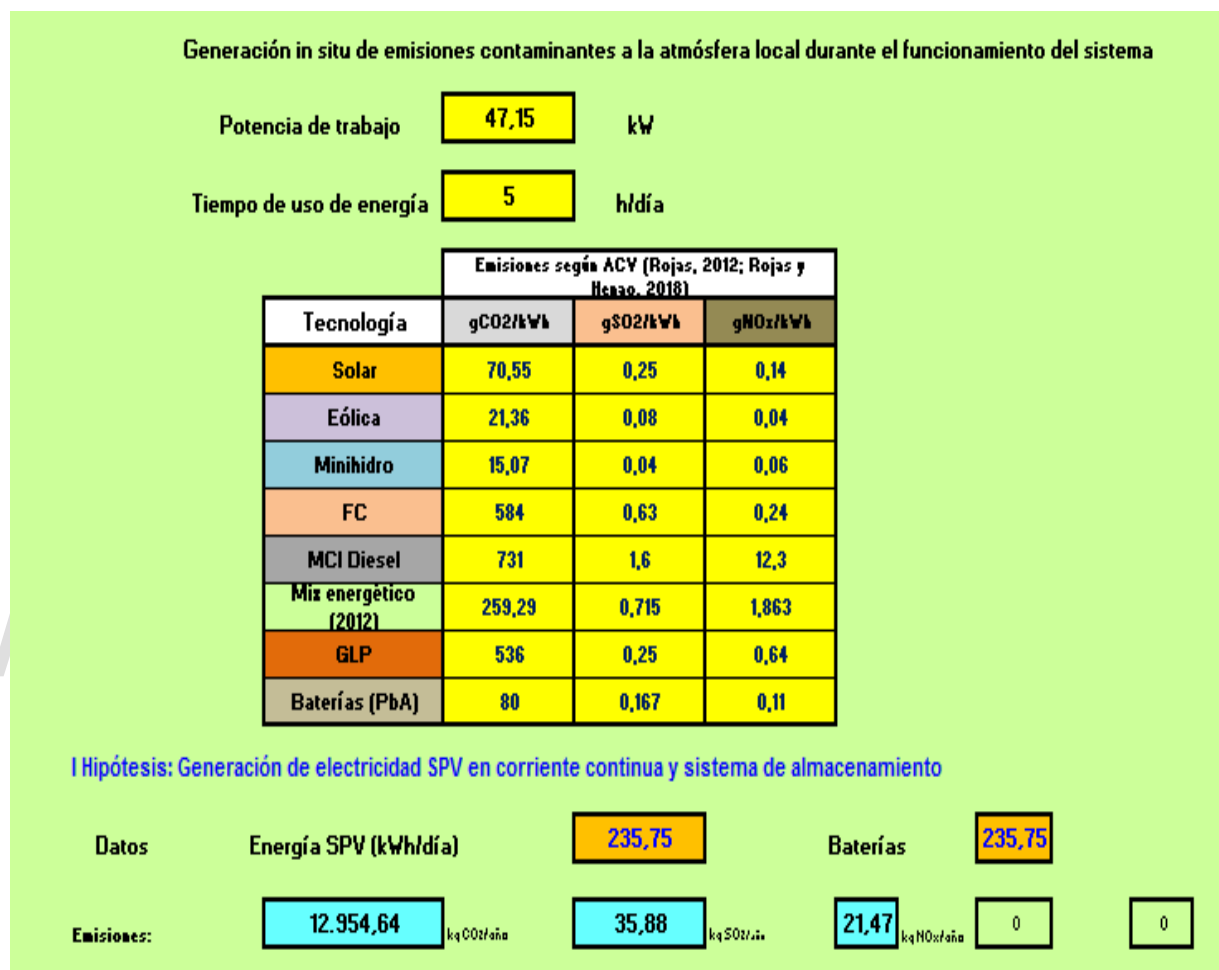


Figura 4.1 programa de estimación de impacto atmosférico.

La figura 4.1 muestra las variantes y coeficientes involucrados en el programa, para la estimación en el diseño es necesario contar con la potencia en kW del diseño donde en el capítulo 3 tabla 3.1 se reflejan los circuitos priorizados 8 y 9, adicionalmente se debe conocer el tiempo que el diseño una vez construido va estar prestando el servicio y generando los posibles agentes contaminantes en la atmosfera, este tiempo se refleja en el la tabla 3.1 donde se estima que funcionamiento para 5 horas. El grafico 4.1 se puede observar los valores que el programa determino para los distintos componentes.

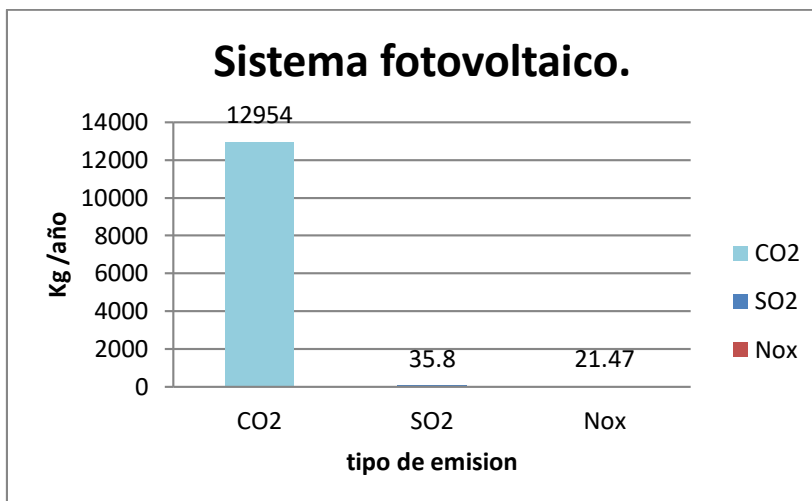


Grafico 4.1 emisiones del sistema fotovoltaico.

El diseño presenta una generación de CO_2 de 12.954 Kg anuales; lo cual, es un valor considerable en comparación a los valores de SO_2 y NO_x , determinados estos niveles de elementos que se esparcen en el entorno, se debe comparar con otras hipótesis que podrían ser el remplazo del diseño fotovoltaico como son la red eléctrica y un sistema de combustión fósil.

El grafico 4.2 muestra el nivel de CO_2 emitido por las otras tecnologías en comparación a la tecnología de generación fotovoltaica.

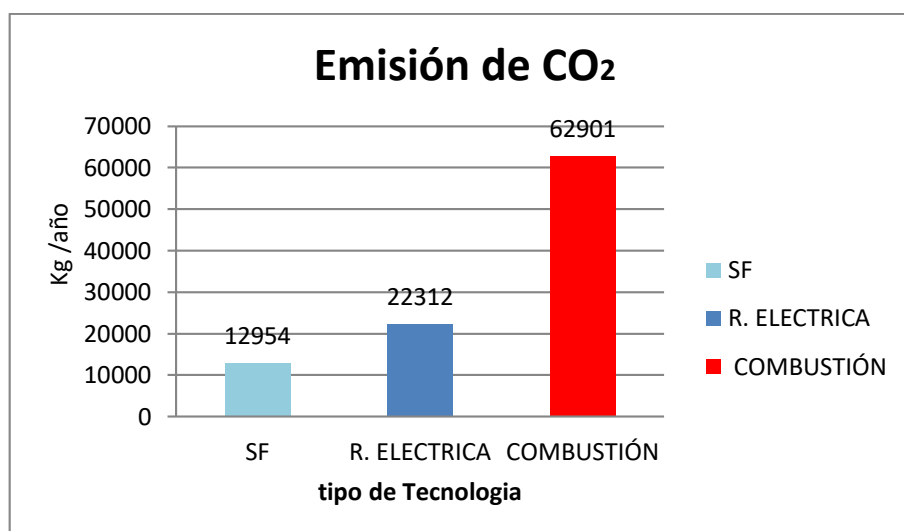


Grafico 4.2 Emisiones CO_2 de tecnologías de generación eléctrica.

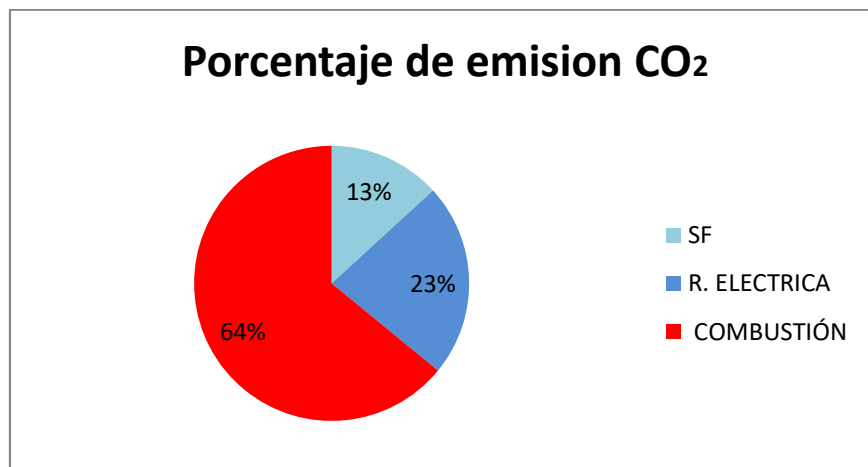


Grafico 4.3 Porcentaje de emisión CO₂ de las tecnologías de generación.

Como se observa en el grafico 4.3 la energía fotovoltaica es la menos contaminante, en relación a la red eléctrica y al sistema de combustión fósil, el sistema renovable solo emitiría un 13% de CO₂.

Ahora se debe comparar las mismas tecnologías para la emisiones de SO₂, para ello se representa los gráficos 4.4 y 4.5 donde se observan los valores reales y porcentaje de emisión.

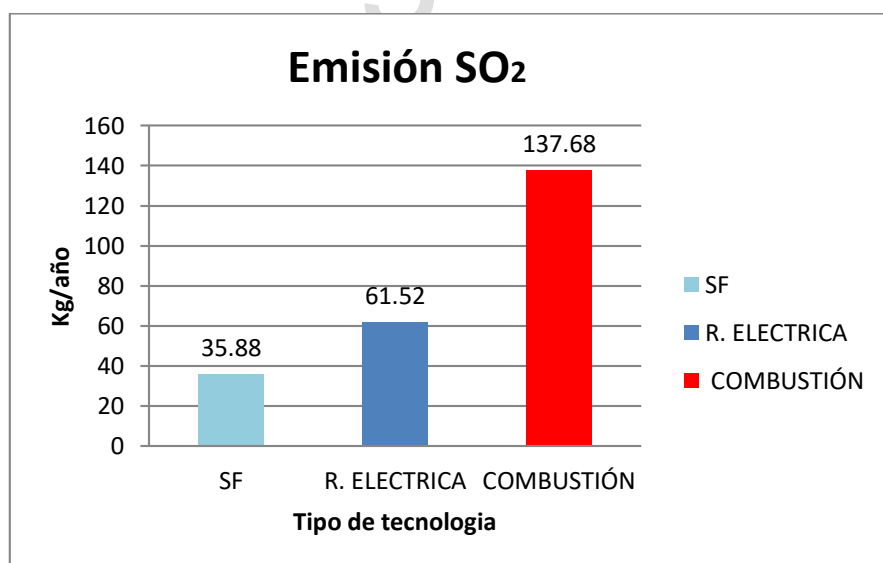


Grafico 4.4 de emision de SO₂ de las tecnologías.

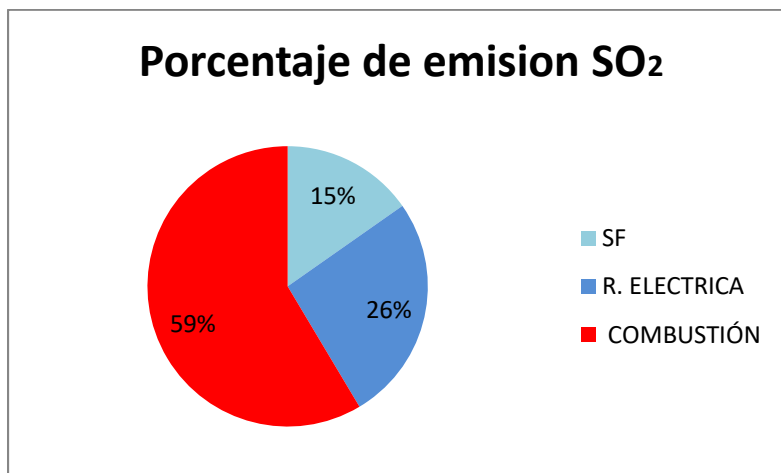


Grafico 4.5 Porcentaje de emisión SO₂ de las tecnologías de generación.

Se deduce, nuevamente el sistema fotovoltaico es la tecnología con menor emisión de SO₂ con solo un 15% anual. Finalmente las tablas 4.6 y 4.7 representa la cantidad de NO_x emitido por cada uno de los sistema de generación para el ciclo de funcionamiento estimado.

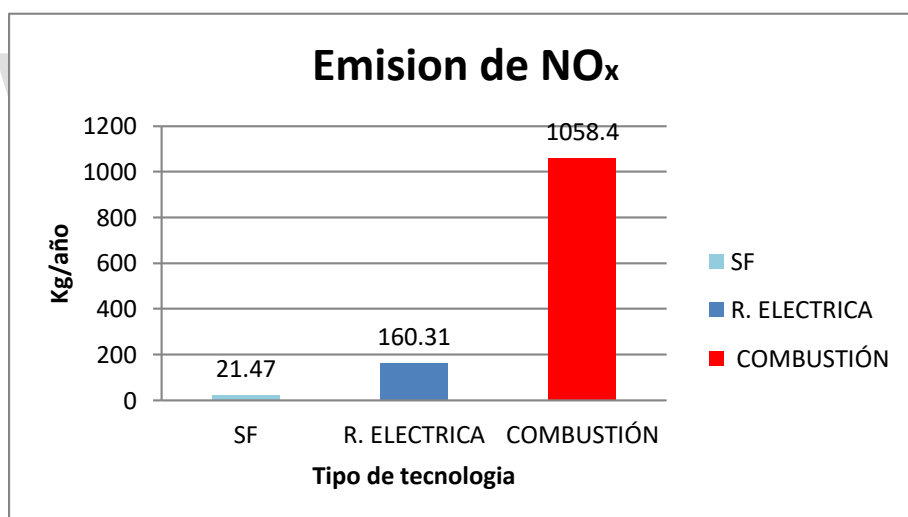


Grafico 4.6 Grafico de emsion de NO_x de las tecnologias.

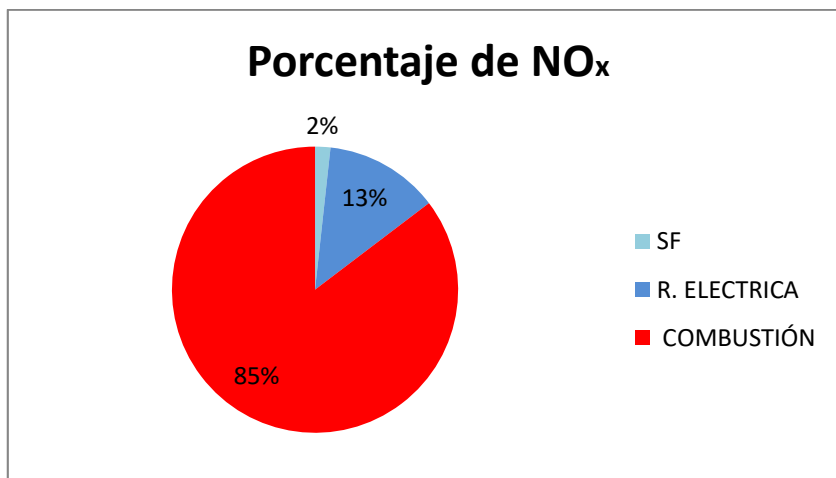


Gráfico 4.7 Porcentaje de emisión NO_x de las tecnologías de generación.

Se logra evidenciar que el sistema de generación por combustión es la que más genera NO_x con un 85% con respecto a la red eléctrica que solo emite 15% y con relación a la renovable fotovoltaica que solo produce 2% anual.

Haciendo un análisis, todas las gráficas presentadas, se deduce que los sistemas renovables fotovoltaicos son los mejores para bajar los índices de contaminación atmosférica; la baja emisión de agentes al ambiente los ecosistemas y la calidad del aire alrededor de ellos no se ven afectados a gran escala.

4.3.2.4 Generación de partículas en la obra y gases de soldaduras.

Durante la estructuración de cualquier obra se generan partículas debido a cortes de tuberías, cabillas, movimientos de bloques, movimiento de cemento, así como también en la estructuración de las bases de los paneles solares y su fijación puede generar gases de manera transitoria afecta en periodo corto a la zona de estudio.

4.3.2.5 Ruido de maquinaria y construcción.

La implementación de un diseño de este tipo, puede producir ciertas afectaciones sónicas en la zona donde se desarrolla dicha actividad, parcialmente se podrá producir una migración de aves de su ecosistema, al culminar las obras en poco tiempo las aves retornan y establecerán su habitad nuevamente.

4.3.2.6 Contaminación del suelo.

Al momento de implantar obras de grandes dimensiones, el suelo se ve afectado por residuos que no son tratados correctamente, para los sistemas fotovoltaicos la contaminación que se puede generar es mínimo, ya que ellos no presentan un construcción de gran envergadura.

4.3.3 Medidas mitigantes

4.3.3.1 Generales.

- Al momento de la implementar el diseño evitar la ocupación o invasión de terrenos adyacentes a la obra.
- Utilización de contadores de diferentes colores e identificados debidamente, a fin de garantizar el correcto uso de los mismos.
- Educar previamente con charlas a los técnicos o personal para el correcto manejo de los desechos, explicando la importancia de la separación correcta de los mismos.
- Para garantizar una eficaz recolecta del material, asignara a cada miembro involucrado en la obra al momento de su implementación un tipo de género residual para la correcta recolección del mismo.
- De presentar afectaciones en áreas fuera del área de desarrollo del proyecto se debe tomar medidas para corregir y restaurar su entorno.
- Revegetación en las áreas que fueron afectadas por el diseño en donde se disponga de espacio para ello.

4.3.3.2 Específicas para el diseño.

- El silicio en exposiciones al aire libre genera partículas ligeramente bajas y al no disolverse en agua se requiere una adecuada y rápida remoción de la zona.
- El vidrio posee capacidad de reciclaje se puede aprovechar esa bondad que presenta ese material.
- Las baterías deben ser removidas de la zona inmediatamente cumplida su ciclo de vida útil.
- Los implementos que se utilicen en la limpieza o mantenimiento de los equipos deben estar acorde a las instrucciones o legislaciones ambientales para evitar el deterioro del habitat alrededor.

Finalmente, se indica que la implementación de los sistemas fotovoltaicos en entornos ambientales es de un impacto bajo y por lo tanto una alternativa ideal para la generación de energía eléctrica limpia. Con este proyecto se garantiza que la estación estará respaldada con un servicio confiable seguro y manteniendo las líneas de protección ambiental.

www.bdigital.ula.ve

CONCLUSIONES.

La investigación se realizó con el objetivo presentar datos sobre la factibilidad de implementar sistemas fotovoltaicos de respaldo en la estación La Hechicera, de manera que este sistema presentará una opción de suministro fiable, constante e ininterrumpida de servicio eléctrico a la edificación. El diseño planteado fue meticulosamente analizado con los parámetros necesarios y disposiciones teóricas y de cálculos en el dimensionamiento de los circuitos.

Los sistemas fotovoltaicos presentan una forma de generación limpia con el medio ambiente, ya que estos presentan un impacto muy bajo en su implementación; en la producción no hay efectos adversos y en la parte de reciclaje una vez cumplido el ciclo de vida útil es muy variado, además que el periodo de vida del sistema fotovoltaico es de amplio tiempo.

Los paneles sistemas fotovoltaicos presentan una inversión inicial elevada; pero, a mediano plazo el bajo costo en manteniendo del equipo y su gran generación de bajo costo presentan una forma ideal de producción energética.

Un avance excepcional con respecto a la implementación este tipo de sistema en la terminal es que garantiza el suministro constante de energía eléctrica y el continuo funcionamiento de la estación, además en casos de que el suministro principal falle a gran escala podría suplir por días la demanda.

Como la red de respaldo se enfoca en 2 circuitos priorizados con alta demanda de potencia por parte de equipos, se puede cubrir más circuitos básicos de iluminación si se disminuye la demanda de determinados circuitos con alta demanda.

Para finalizar, destaca la armonía del diseño empleado con la línea ambiental que presenta la zona y sus alrededores ya que estos sistemas coexisten en hábitats naturales y su impacto con los alrededores es mínimo.

La propuesta que se le entregó a la empresa además de ser coherente con la terminal no interfiere en nuevas áreas de reserva ambiental en el área.

www.bdigital.ula.ve

RECOMENDACIONES

- Continuar las políticas de estudio por parte de la empresa para la ampliar este tipo de alternativas energéticas renovables a otras infraestructuras, con el fin de aumentar la independencia energética de la red principal.
- Una vez implementado un sistema de energía renovable fotovoltaico, se recomienda realizar el seguimiento técnico a fin de constatar el correcto funcionamiento de todo el sistema de manera eficiente.
- Cuando sea implementado el sistema fotovoltaico, se recomienda seguir realizando estudios de incidencia solar diaria para determinar la magnitud de la capacidad de generación especialmente en febrero, con el propósito de determinar si se puede tomar como sistema principal en los subtableros seleccionados.
- Mantener una verificación de seguridad exacta a la norma tanto de los equipos como el personal en el momento de montaje, así como la verificación de las normativas de cada componente de seguridad, de ensayos y de funcionamiento que plantea la empresa proveedora de cada componente del circuito.
- Se exhorta una constate actualización del personal capacitado para el manteniendo de los dispositivos, a fin de poseer el método y técnica más eficiente en el área de prevención y corrección de equipo fotovoltaicos.
- Se recomienda incentivar a los estudiantes de la Universidad de los Andes y otras universidades, así como a otras personas interesadas en este campo para que sigan realizando proyectos relacionados a esta área de estudio.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.

- [1] V. Romero, Sistemas Fotovoltaicos Autonomos para Mayor Disponibilidad de Energia Eléctrica en SENATI, Huyacanyo, 2020.
- [2] E. Lorenzo, Electricidad Solar Fotovoltaica vol 3., sevilla: Progreña, 2006.
- [3] N. Padilla, Implementacion, Naguanagua, Carabobo, 2017.
- [4] B. Sanchez, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA BASADO EN PANELES FOTOVOLTAICOS PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN LA FACULTAD DE INGENIERIA U.C.V, Caracas, Capital, 2012.
- [5] L. Campos, DISEÑO Y OPERACION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR., Mérida, Mérida, 2008.
- [6] M. Betzabeth, SISTEMA FOTOVOLTAICO COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE ALIMENTACION ELECTRICA PARA ESTACIONES TROLY CONTROLADORES DE TRAFICO, Mérida , Mérida, 2016.
- [7] J. De Juana, Renovables para el desarrollo, MADRID: PARANINFO, 2003.
- [8] J. Rodriguez, sistemas eolicos de produccion de energia electrica, Madrid , 2003.
- [9] G. E. Harper, El ABC de la energias renovables en los sistemas electricos, Mexico DF: EDITORIAL LIMUSA S.A, 2014.
- [10] ANSI/IEEE, Guide for Masuring Earth Resistivity, Ground Impedence and earth potecials of ground Sistem, New York, 1983.

- [11] M. Pareja Aparicio, *Energía Solar Fotovoltaica.*, Valencia : Marcombo, 2006.
- [12] C. Diaz A., «Estandarizacion De Los sistemas De protecciones En Instalaciones Fotovoltaicas Aisladas.» Universidad Ponrificia, Madrid, 2006.
- [13] C. E. Marin, *Las Energias renovables en la produccion Electrica*, madrid, 2006.
- [14] S. Jiménez R., «Generacion solar Fotovoltaica,» Universidad Carlos III, Madrid , 2009.
- [15] A. Palomar L., «Analisis y estudio del resndimiento de inversores integrados en los sistemas fotovoltaicos de conexion a red,» Universidad Carlos III , Madrid, 2009.
- [16] ANSI/IEEE, *Guide for Array and Batteries Sizing in Standlane photovotaic (PV) Sistems.*, New York USA, 2007.
- [17] ANSA/IEEE *Recomended Practice for Sizing Lead-acid batteries for Photovoltaic PV sistem* , New York USA , 2000.
- [18] R. Vader, «Energy Unlimited,» Victron Energy, Paises Bajos, 2011.
- [19] R. Orduz M., «Contribucion de los sistemas de control de potencia micro- distribuida en edificios fotovoltaicos,» Universida Politecnica de Madrid , Madrid , 2009.
- [20] i. Blanco S., «Instalacion Solar Fotovoltaica conectada a red sobre la sotea de una nave industrial,» Universidad Carlos III, Madrid, 2010.
- [21] *Guide for measuring Earth Resisticidy, ground impedence, and Earth surface Potencials of ground Sytem* American Nacional stadar, IEEE, 1983.
- [22] P. Mora., *Centrales Fotovoltaicas*, Mérida., Mérida., 2004.
- [23] Departamento de Proyectos de Aguas de Mérida C.A, *Mapa de Isoyetas Cuenca Hidrológica Río Albarregas hasta Puente Cruz Verde del Llano Municipio Libertador Estado Bolivariano de Mérida*, Mérida, 2018.
- [24] *Proyecto Andes en Acción Climatica*, Mérida, Trujillo y Táchira, 2018.

- [25] J. C. Rojas y G. Correa, «Propuesta para el mejoramiento de la sostenibilidad del sistema de generación de energía eléctrica de Venezuela. Un enfoque basado en el despliegue de la generación distribuida con tecnologías limpias,» Cuaderno ACTIVA, 2018.
- [26] J. C. Rojas, «Evaluación de los Impactos Ambientales del Sistema de Generación Eléctrica de Venezuela,» 2015. [En línea]. [Último acceso: 1 Febrero 2022].
- [27] J. C. Rojas, «Planificación del Suministro Eléctrico en Áreas Rurales de los Países en Vía de Desarrollo: Un Marco de Referencia para la Toma de Decisiones,» Zaragoza-España, 2012.
- [28] O. Penissi, Canalizaciones Eléctricas Residenciales.
- [29] D. J. J, Energías Renovables para el desarrollo, MADRID: PARANINFO , 2003.

www.bdigital.ula.ve

ANEXOS

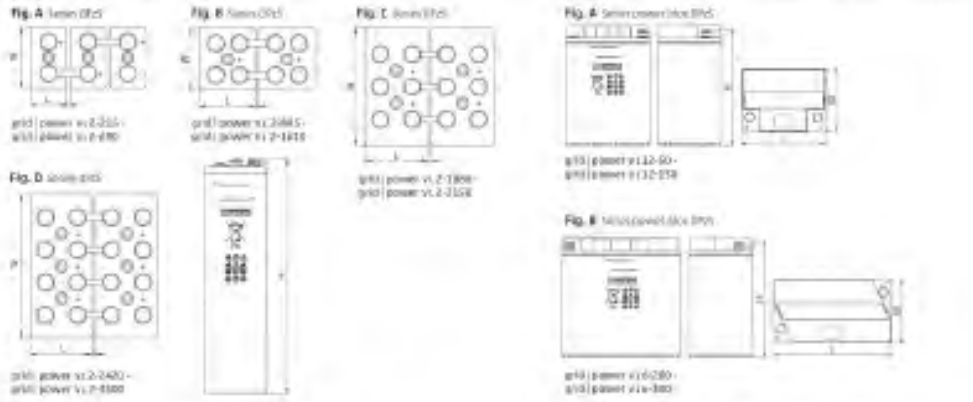
Anexo 1 Ficha técnica baterías.

Capacities dimensions and weights

Series (DVs)	Nominal voltage V	C ₁₀₀ (Ah)	C ₁₀₀ (Ah)	C ₁₀₀ (Ah)	C ₁₀₀ (Ah)	C ₁₀₀ (Ah)	Weight (kg)	Height (mm)	Max. Length (mm)	Max. Width (mm)	Max. Weight (kg)
power vs. 12-50	12	75	45	48	30	34	17.0	130	272	205	391
power vs. 12-100	12	138	100	108	50	58	30.0	170	322	265	581
power vs. 12-150	12	208	130	138	70	82	40.0	180	380	285	781
power vs. 8-200	8	278	155	168	102	116	47.0	180	272	205	591
power vs. 6-250	6	358	205	218	132	150	61.0	200	380	285	791
power vs. 6-300	6	438	250	268	162	184	75.0	180	380	285	991

Series (DVs)	Nominal voltage V	C ₁₀₀ (Ah)	C ₁₀₀ (Ah)	C ₁₀₀ (Ah)	C ₁₀₀ (Ah)	C ₁₀₀ (Ah)	Weight (kg)	Height (mm)	Max. Length (mm)	Max. Width (mm)	Max. Weight (kg)
power vs. 2-700	2	380	230	245	135	155	87.0	120	100	100	140
power vs. 2-770	2	420	260	275	150	170	95.0	120	100	100	140
power vs. 2-820	2	460	290	305	165	185	103.0	120	100	100	140
power vs. 2-880	2	500	320	335	180	200	111.0	120	100	100	140
power vs. 2-940	2	540	350	365	195	215	119.0	120	100	100	140
power vs. 2-1000	2	580	380	395	210	230	127.0	120	100	100	140
power vs. 2-1100	2	660	430	450	240	265	143.0	120	100	100	140
power vs. 2-1200	2	740	480	500	270	295	159.0	120	100	100	140
power vs. 2-1300	2	820	530	550	300	325	175.0	120	100	100	140
power vs. 2-1400	2	900	580	600	330	355	191.0	120	100	100	140
power vs. 2-1500	2	980	630	650	360	385	207.0	120	100	100	140
power vs. 2-1600	2	1060	680	700	390	415	223.0	120	100	100	140
power vs. 2-1700	2	1140	730	750	420	445	239.0	120	100	100	140
power vs. 2-1800	2	1220	780	800	450	475	255.0	120	100	100	140
power vs. 2-1900	2	1300	830	850	480	505	271.0	120	100	100	140
power vs. 2-2000	2	1380	880	900	510	535	287.0	120	100	100	140

C₁₀₀, C₂₀, C₅ and C₁ capacity at 100%, 20%, 5% DfV and 1h discharge. * Max. weight with 40% DfV (100% DfV maximum weight capacity).



Design life: up to 20 years
 Optimal environmental compatibility - closed loop for recovery of materials in an accredited recycling system

Design life: up to 18 years
 Optimal environmental compatibility - closed loop for recovery of materials in an accredited recycling system

Anexo 2 Ficha técnica paneles fotovoltaicos.



通威太阳能 (合肥) 有限公司

单晶PERC THxxxPM6-96SC系列组件技术规格书(210)

STC条件下的电性能参数						温度参数	
组件型号: TH xxx PM6-96SC	780	775	770	765	760	NMOT	42.3°C ($\pm 2^\circ\text{C}$)
最大功率 Pm [W]	780	775	770	765	760	开路电压温度系数	0.27%/°C
开路电压 Voc [V]	46.4	46.3	46.2	46.1	46	短路电流温度系数	0.04%/°C
短路电流 Isc [A]	21.42	21.70	21.92	21.27	21.22	最大功率温度系数	-0.34%/°C
最大功率点电压 Vm [V]	38.1	38.0	37.9	37.8	37.7		
最大功率点电流 Im [A]	20.47	20.99	20.92	20.24	20.16	最大额定参数	
组件效率 η [%]	21.9	21.7	21.8	21.5	21.3	最大系统电压 [V]	DC 1500
						最大保险丝额定电流 [A]	30
						最大正面静态荷载 [Pa]	5,400
						工作温度 [°C]	-40 ~ +85
						抗风压性能	最大直径25mm 冲击速度23m/s ¹
						其他参数	
						包装	31 件/箱; 465块/40 柜; 651件/车
						质保	15年产品材料与工艺质保 25 年线性功率输出质保, 首年衰减小于 2%, 第二年后, 每年衰减小于 0.55%, 质保期 25 年 后功率不得低于 84.8%
						I-V 曲线	
						<p>说明: 1. STC: 辐照度 1000W/m²; AM 1.5; 环境温度 25°C; 依据 EN 60904-3 测试 2. NMOT: 辐照度 800W/m²; 风速 1 m/s; 环境温度 20°C 3. Pm 的公差: 0 ~ +5W; 功率测试不确定度 $\pm 3\%$; Voc [V], Isc [A], Vm [V] 以及 Im [A] 的测试公差 $\pm 3\%$</p>	

Anexo 3 Ficha técnica regulador.

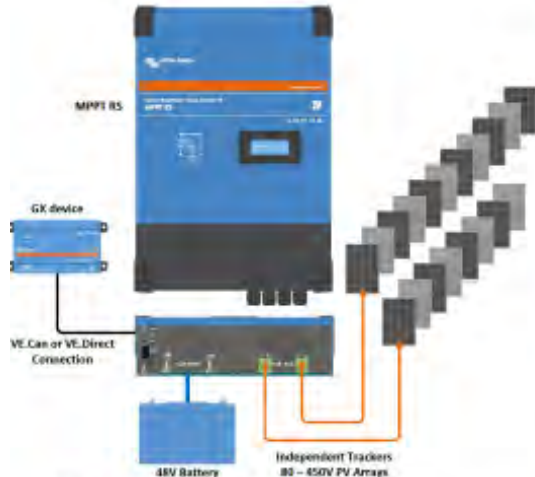


Diagrama de ejemplo de sistema

El MPPT RS de 100 A combinado con un dispositivo GX, cargando una batería de 48 V con dos cadenas FV solares separadas.

Portal VRM

Cuando el MPPT RS está conectado a un dispositivo GX con conexión a Internet, o al GlobalLink S20 con conectividad 4G integrada, podrá acceder a nuestro sitio web gratuito de seguimiento a distancia (VRM). Le mostrará todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Se pueden recibir alarmas por correo electrónico.



MPPT RS SmartSolar aislado	450 100	450 200
CARGADOR		
Tensión de la batería	48 V	
Corriente de carga nominal	100 A	200 A
Potencia de carga máxima	5,8 kW a 57,6 V	11,5 kW a 57,6 V
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 57,6 V (regulable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 55,2 V (regulable)	
Rango de tensión programable	Mínima: 36 V Máxima: 62 V	
Algoritmo de carga	Adaptativo multifase (regulable)	
Sensor de temperatura de la batería	Incluido	
Eficiencia máxima	96 %	
Autoconsumo	15 mA	
SOLAR		
Tensión FV OC máxima	450 V	
Tensión de arranque	120 V	
Rango de tensión de trabajo del MPPT	80 – 450 V ⁽¹⁾	
Número de rastreadores	2	4
Máxima corriente de entrada operativa FV	18 A por rastreador	
Máxima corriente de corto circuito FV ⁽²⁾	20 A por rastreador	
Tamaño máximo del conjunto FV por rastreador ⁽³⁾	7200 Wp (450 V x 20 A) ⁽³⁾	
Nivel de fallo del aislamiento FV ⁽⁴⁾	100 kΩ	
GENERAL		
Funcionamiento en paralelo sincronizado	Sí, hasta 25 unidades con VE.Can	
Relé programable ⁽⁵⁾	Sí	
Protección	Polaridad Inversa FV Cortocircuito de salida Sobretensión	
Comunicación de datos	Puerto VE.Direct, puerto VE.Can y Bluetooth ⁽⁶⁾	
Puerto de entrada analógico/digital de uso general	5/ 2	
On/Off remoto	Sí	
Rango de temperatura de trabajo	-40 a +60°C (refrigerado por ventilador)	
Humedad (sin condensación)	máx. 95%	
CARCASA		
Material y color	acero, azul RAL 5012	
Grado de protección	IP21	
Conexión de la batería	Pernos M8	
Peso	7,9 kg	13,7 kg
Dimensiones (al x an x p) en mm	440 x 313 x 126	487 x 434 x 146
NORMAS		
Seguridad	EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2	
<p>1) El rango de funcionamiento del MPPT está limitado por la tensión de la batería. VDC FV no debe superar la tensión de flotación de la batería multiplicada por 8. Por ejemplo, para una tensión de flotación de 52,8 V, será una VDC FV máxima de 422,4 V. Para más información, consulte el manual del producto.</p> <p>2) Una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador en caso de que el conjunto FV se haya conectado con polaridad inversa.</p> <p>3) Máximo de 120 Voc resulta en 360 Vmp aproximado, por lo que el conjunto FV máximo es de aproximadamente 360 V x 20 A = 7200 Wp.</p> <p>4) El MPPT RS comprobará si hay suficiente aislamiento mínimo entre FV- y GND y FV- y GND. En caso de resistencia inferior al umbral, la unidad dejará de cargar, mostrará el error y enviará la señal de error al dispositivo GX (si está conectado) para que se envíe una notificación sonora y por correo electrónico.</p> <p>5) Sólo es responsable para cuando se configura correctamente el sistema en modo de sustitución (TV) o funciones de</p>		

Anexo 4 Ficha técnica inversor.

DL-330-100TL-M1 Especificaciones técnicas

Eficiencia	
Máx. Eficiencia	98.8% @480 V; 98.6% @380 V/400 V
Eficiencia europea	98.6% @480 V; 98.4% @380 V/400 V
Entrada	
Máx. tensión de entrada	1,100 V
Máx. intensidad por MPPT	26 A
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT	40 A
Tensión de entrada inicial	200 V
Rango de tensión de operación de MPPT	200 V ~ 1,000 V
Tensión nominal de entrada	570 V @380 V; 600 V @400 V; 720 V @480 V
Número de entradas	20
Número de MPPTs	10
Salida	
Potencia nominal activa de CA	100,000 W (380 V / 400 V / 480 V @40°C)
Máx. potencia aparente de CA	110,000 VA
Máx. potencia activa de CA (cosφ=1)	110,000 W
Tensión nominal de salida	220 V / 230 V, default 3W + N + PE; 380 V / 400 V / 480 V, 3W + PE
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz
Intensidad de salida nominal	152.0 A @380 V; 144.4 A @400 V; 120.3 A @480 V
Máx. intensidad de salida	168.8 A @380 V; 160.4 A @400 V; 133.7 A @480 V
Factor de potencia ajustable	0.8 LG ... 0.8 LD
Máx. distorsión armónica total	<3%
Protecciones	
Dispositivo de desconexión del lado CC	SI
Protección contra funcionamiento en isla	SI
Protección contra sobretensión de CA	SI
Protección contra polaridad inversa de CC	SI
Monitorización de fallos en strings de sistemas fotovoltaicos	SI
Protector contra sobretensiones de CC	Tipo II
Protector contra sobretensiones de CA	Tipo II
Detección de aislamiento de CC	SI
Unidad de monitorización de la intensidad residual	SI
Comunicaciones	
Monitor	Indicadores LED; Bluetooth/WLAN + APP
USB	SI
RS485	SI
MBUS	SI (Transformador de aislamiento requerido)
General	
Dimensiones (ancho x alto x profundidad)	1,035 x 700 x 365mm (40.7 x 27.6x 14.4 pulgadas)
Peso (con soporte de montaje)	90 kg (198.4 lb.)
Rango de temperatura de operación	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Enfriamiento	Ventilación inteligente
Altitud de operación	4,000 m (13,123 ft.)
Humedad relativa	0 ~ 100%
Conector de CC	Staubli MC4
Conector de CA	Conector resistente al agua + OT/DT Terminal
Clase de protección	IP66
Topología	Sin transformador
Complemente de salida (Más información de productos por favor)	
Certificados	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62118, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61833

Preliminary Version

2024.04.10 11:41

Anexo 5 Ficha técnica conductor.

Cables de energía para baja tensión / Low voltage power cables
 + Cables solares fotovoltaicos / Photovoltaic cables

TECSUN H1Z222-K

Tensión asignada / Rated voltage: 1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVdc máx.) - 1,5/1,5 kVdc (1,8/1,8 kVdc máx.)
 Norma diseño / Design standard: EN 50618 / IEC 62930
 Designación genérica / Generic designation: H1Z222-K



DESCÁRGATE la DoP (Declaración de Prestaciones) en este código QR
 www.prysmian.com/welprbbyDoP
 DOWNLOAD the DoP (Declaration of Performance) with this QR code
 www.prysmian.com/welprbbyDoP
 Nº DoP 1007351

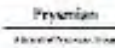
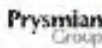


CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS | CHARACTERISTICS AND TESTING

RESISTENCIA A LA LLAMA (CABLES Y ACCESORIOS) FIRE RESISTANCE (CABLES AND ACCESSORIES)	NO PROPAGACIÓN DEL FUEGO (CABLES Y ACCESORIOS) NO FIRE PROPAGATION (CABLES AND ACCESSORIES)	LIBRE DE HALÓGENOS HALOGEN-FREE
LIBRE DE CADÁVERES DE ANIMALES FREE OF ANIMAL CARCASSES	LIBRE DE FOSFÓRICO FREE OF PHOSPHORUS	
RESISTENCIA AL AGUA WATER RESISTANCE	RESISTENCIA AL HIELO ICE RESISTANCE	LIBRE DE FIBRA DE VIDRIO GLASS-FREE
RESISTENCIA A LA RADIACIÓN RADIATION RESISTANCE	RESISTENCIA AL CALOR HEAT RESISTANCE	RESISTENCIA A LA RADIACIÓN UV ULTRAVIOLET RADIATION RESISTANCE
RESISTENCIA AL RASGUÑO SCRAPE RESISTANCE	RESISTENCIA AL OXÍGENO OXIDATION RESISTANCE	RESISTENCIA AL CLOROHIÓRICO HYDROCHLORIC ACID RESISTANCE
RESISTENCIA AL RASGUÑO SCRAPE RESISTANCE	RESISTENCIA AL RASGUÑO SCRAPE RESISTANCE	RESISTENCIA AL RASGUÑO SCRAPE RESISTANCE
RESISTENCIA AL RASGUÑO SCRAPE RESISTANCE	RESISTENCIA AL RASGUÑO SCRAPE RESISTANCE	RESISTENCIA AL RASGUÑO SCRAPE RESISTANCE

ENSAYOS ADICIONALES CABLE TECSUN H1Z222-K
FV TECSUN H1Z222-K CABLE: ADDITIONAL TESTING & DATA

Resistencia a la tracción / Tensile strength	100 N / 22 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	200 N / 45 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	300 N / 67 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	400 N / 90 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	500 N / 112 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	600 N / 135 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	700 N / 157 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	800 N / 180 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	900 N / 202 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	1000 N / 225 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	1100 N / 247 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	1200 N / 270 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	1300 N / 292 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	1400 N / 314 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	1500 N / 337 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	1600 N / 359 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	1700 N / 381 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	1800 N / 403 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	1900 N / 425 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	2000 N / 448 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	2100 N / 470 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	2200 N / 492 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	2300 N / 514 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	2400 N / 536 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	2500 N / 558 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	2600 N / 580 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	2700 N / 602 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	2800 N / 624 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	2900 N / 646 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	3000 N / 668 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	3100 N / 690 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	3200 N / 712 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	3300 N / 734 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	3400 N / 756 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	3500 N / 778 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	3600 N / 800 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	3700 N / 822 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	3800 N / 844 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	3900 N / 866 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	4000 N / 888 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	4100 N / 910 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	4200 N / 932 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	4300 N / 954 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	4400 N / 976 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	4500 N / 998 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	4600 N / 1020 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	4700 N / 1042 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	4800 N / 1064 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	4900 N / 1086 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	5000 N / 1108 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	5100 N / 1130 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	5200 N / 1152 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	5300 N / 1174 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	5400 N / 1196 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	5500 N / 1218 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	5600 N / 1240 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	5700 N / 1262 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	5800 N / 1284 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	5900 N / 1306 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	6000 N / 1328 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	6100 N / 1350 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	6200 N / 1372 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	6300 N / 1394 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	6400 N / 1416 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	6500 N / 1438 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	6600 N / 1460 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	6700 N / 1482 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	6800 N / 1504 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	6900 N / 1526 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	7000 N / 1548 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	7100 N / 1570 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	7200 N / 1592 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	7300 N / 1614 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	7400 N / 1636 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	7500 N / 1658 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	7600 N / 1680 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	7700 N / 1702 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	7800 N / 1724 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	7900 N / 1746 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	8000 N / 1768 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	8100 N / 1790 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	8200 N / 1812 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	8300 N / 1834 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	8400 N / 1856 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	8500 N / 1878 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	8600 N / 1900 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	8700 N / 1922 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	8800 N / 1944 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	8900 N / 1966 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	9000 N / 1988 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	9100 N / 2010 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	9200 N / 2032 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	9300 N / 2054 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	9400 N / 2076 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	9500 N / 2098 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	9600 N / 2120 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	9700 N / 2142 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	9800 N / 2164 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	9900 N / 2186 lbs
Resistencia a la tracción / Tensile strength	10000 N / 2208 lbs



Anexo 6 Ficha conductores.

Cables de energía para baja tensión / Low voltage power cables

• Cables solares fotovoltaicos / Photovoltaic cables

PRYSUN H1Z2Z2-K

- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (120 °C, 20 000 h)
- Tensión continua de diseño: 1,5/1,5 kV
- Tensión continua máxima: 1,0/1,0 kV
- Tensión alterna de diseño: 1/1 kV
- Tensión alterna máxima: 1,2/1,2 kV
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min.: 0,5 kV
- Ensayo de tensión continua durante 5 min.: 15 kV
- Radio mínimo de curvatura estática (posición final instalado): 40 (D = diámetro exterior del cable máximo)

- Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:**
- Clase de reacción al fuego (CPR): Eca (secciones desde 1x1 a 1x25)
 - Requisitos de fuego: EN 50275-2014 + A1:2016
 - Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6
 - Aplicación de los resultados: C/D/TS 50570
 - Métodos de ensayo: EN 60332-1-2

- Normativas de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:**
- No propagación de la llama: EN 60332-1-2, IEC 60332-1-2, NF C 32070-C2
 - Libre de halógenos: IEC 60720-1 Anexo B, EN 50525-1 Anexo B
 - Baja opacidad de humos: EN 61034-2, IEC 61034-2

- Operating temperature: -40 °C, +90 °C (120 °C, 20 000 h)
- Design continuous voltage: 1.5/1.5 kV
- Maximum continuous voltage: 1.0/1.0 kV
- Design alternating voltage: 1/1 kV
- Maximum alternating voltage: 1.2/1.2 kV
- Alternating voltage test for 5 min.: 0.5 kV
- Continuous voltage test for 5 min.: 15 kV
- Minimum static bend radius (final installation position): 40 (D = maximum cable outer diameter)

- Fire safety performance in the European Union:**
- Fire performance rating (CPR): Eca (cross-sections between 1x1 & 1x25)
 - Fire requirements: EN 50275-2014 + A1:2016
 - Fire classification: EN 13501-6
 - Application of results: C/D/TS 50570
 - Test methods: EN 60332-1-2

- Fire standard is also applicable in countries not in the European Union:**
- Flame retardancy: EN 60332-1-2, IEC 60332-1-2, NF C 32070-C2
 - Halogen-free: IEC 60720-1 Annex B, EN 50525-1 Annex B
 - Low smoke opacity: EN 61034-2, IEC 61034-2

CONSTRUCCIÓN | STRUCTURE

CONDUCTOR

Metal: cobre estañado
Flexibilidad: flexible, clase 5, según IEC EN 60228
Temperatura máxima en el conductor: 90 °C (120 °C, por 20 000 h)
Composición reticulado libre de halógenos: 200 °C en estado sólido

AISLAMIENTO

Material: compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50525

CUBIERTA

Material: compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50525
Colores: negro, rojo o azul

CONDUCTOR

Metal: tinned copper
Flexibility: flexible, class 5, según IEC EN 60228
Maximum conductor temperature: 90 °C (120 °C, for 20 000 h)
Cross-linked halogen-free compound: 200 °C in solid state

INSULATION

Material: cross-linked halogen-free compound as per table B.1, Annex B, EN 50525

SHEATH

Material: cross-linked halogen-free compound as per table B.1, Annex B, EN 50525
Colours: black, red or blue

APLICACIONES | APPLICATIONS

- Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas interiores, exteriores, industriales, agrícolas, flotas o móviles (conseguidoras, ...) Pueden ser instalados en bandejas, conductos y equipos.

Indicado también estado de corriente continua en instalaciones de autoconsumo solar fotovoltaico

- Specially designed for interior, exterior, industrial, agricultural, fleet or mobile (with supports) photovoltaic installations. Can be installed in trays, ducts and equipment.

Also suitable for direct current in photovoltaic systems for self-consumption

DATOS TÉCNICOS | TECHNICAL DATA

Dimensiones conductor (mm) / Conductor dimensions (mm)	Área de cobre (mm²) / Copper area (mm²)	Área de cobre equivalente (mm²) / Equivalent copper area (mm²)	Área de cobre de conductor (mm²) / Conductor copper area (mm²)	Capacidad de corriente (A) / Current capacity (A)	Resistencia (Ω/km) / Resistance (Ω/km)	Resistencia (Ω/km) / Resistance (Ω/km)	Resistencia (Ω/km) / Resistance (Ω/km)	Resistencia (Ω/km) / Resistance (Ω/km)	Resistencia (Ω/km) / Resistance (Ω/km)	Peso (kg/100m) / Weight (kg/100m)
1x1.5	1.8	5.4	22	16	33	15.7	24	30	27.4	
1x2.5	3.4	9.9	24	16	45	0.21	34	41	16.42	
1x4	6.0	18.6	26	20	61	0.24	46	53	10.18	
1x6	9.9	29.6	30	22	80	0.34	54	70	6.76	
1x10	15.1	44.8	35	26	124	0.45	62	90	3.90	
1x16	23.0	70.1	40	30	168	0.54	111	132	2.66	
1x25	34.0	102.5	43	30	205	0.795	140	175	1.59	
1x35	49.2	144.0	50	36	340	0.555	182	216	1.13	
1x50	71.0	183.3	62	40	542	0.343	220	276	0.785	
1x70	101.0	267.7	64	45	742	0.277	262	349	0.554	
1x95	145.0	376.0	75	50	953	0.210	345	416	0.42	
1x120	192.0	498.0	80	55	1206	0.164	360	430	0.328	
1x150	240.0	630.0	85	60	1500	0.132	458	566	0.264	
1x185	297.0	783.0	90	65	1843	0.108	523	644	0.216	
1x240	396.0	1032.0	95	70	2344	0.087	617	775	0.1634	

(1) Múltiples aislamientos.

(2) Instalación en un cable con tres conductores en paralelo y cable de alfiler (NC 7).

Consejo: instalar el cable en un tubo protector para mayor seguridad.

→ 3P+N con instalación tipo P+N - columna TS (2P+N) según EN 50525-1 Anexo B.1

(3) Tabla de datos de conductores separados con un cable de alfiler en tubo protector (puede ser opcional).

Temperatura ambiente 30 °C (de 0 °C a 40 °C) y temperatura máxima en el conductor de 90 °C. Valor que puede variar en el cable 20/202. Para el tiempo de servicio estándar (20 años).

(1) Approximate values.

(2) High-voltage cable trunking installation in ducting (with conductor NC 7).

Advice: install the cable in a protective tube for greater safety.

→ 3P+N with type P+N installation → column TS (2P+N) according to EN 50525-1 Annex B.1

(3) Table of data for separate conductors with a conductor in a protective tube (optional).

Ambient temperature 30 °C (0 °C to 40 °C) and maximum conductor temperature 90 °C. Value which can vary in the cable 20/202. For standard service life (20 years).

Prismian
Group

Prismian

A Breda & Breda Group

Anexo 7 Ficha técnica de los fusibles.

FDS-32

Solar DC Fuse

YUEQING FEED
ELECTRIC CO.,LTD

Application

A range of 1000VDC fuse links specifically designed for protecting photovoltaic strings. These fuse links are capable of interrupting low overcurrents associated with failed photovoltaic string arrays (reverse current, multi-array fault).

Structural Characteristics

- According to IEC60282-1
- Rated current: 1-25A
- Rated voltage: DC 1000V
- Rated breaking capacity: DC 25KA
- Operating class: gPV for Solar protection



Specifications

Item	Value
Rated Voltage (V DC)	1000
Rated Current (I _n) (A)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 32
Rated Break Ability (kA)	25
Time-Measure Power Consumption (W)	0.5

Connection and Installation

Connection (mm)	2.4-4.0
Working Temperature (°C)	-25~+75
Temperature Rise During Fuse	Class 2
Altitude (m)	≤2000
Relative Humidity	≤95%
Protection Class/Degree	IP20
Pollution	3
Installation Environment	No obvious shock and vibration
Installation Class Type	Class (D) N or

Size (mm)

Size (mm)	Size Dimension (mm)		
	W	H	L
(M16)	18	85	76
Fuse Size	16/25		
Fuse Link Weight (g)	0.21		
Fuse Link Weight (kg)	0.11		

Application conditions

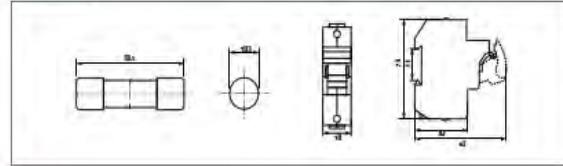
- Photovoltaic system fuse accord with IEC 248-1 standard
- Photovoltaic battery dc fuse designed to used for photovoltaic (PV) system.
- Main effect is to protect the solar panels. Solar panels produce reflective condition in battery.
- Fault light only occur points at the same time, does not affect other normal work of light from the stack.
- Technical Data Rated voltage: DC1000V Breaking capacity: 25KA Function link: PV

FDS-32

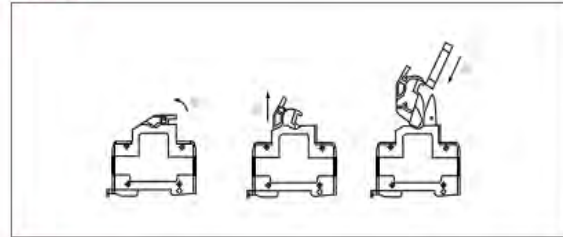
Solar DC Fuse

FEED

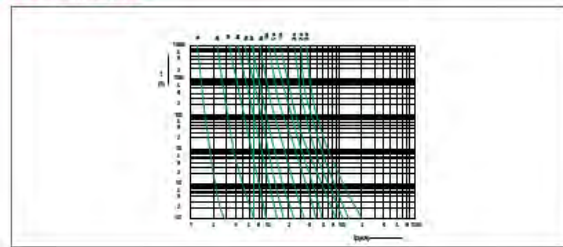
Dimensions



Installation



Characteristic Curve



Anexo 8 ficha técnica protecciones sobretensiones.



- I SCARICATORI DI SOVRATENSIONE
- II SURGE PROTECTION DEVICES
- D ÜBERSpannungsableiter
- E DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES

SG2 DG 600M2R



Modelo marca	SG2 DG 600M2R
	SG2 DG 600M2R
I_{nT}	600A
$I_{nT(10)}$	176A
$I_{nT(20)}$	18A
$I_{nT(30)}$	8A
I_{nT}	3000A
$I_{nT(10)}$	1730A
$I_{nT(20)}$	700A
$I_{nT(30)}$	130A
I_{nT}	15A
$I_{nT(10)}$	4,3 kA / 10 µs
IPD (valor de diseño)	1000 (valor estándar)
Tipo de P.V. (valor)	200 (valor estándar)

Clasificación de protección de	II (SP, SA, S+SP)
EN	EN 61643-12
Clasificación	Class II (SA, S+SP)
Modo de polo	1
Caracter	Inductor
Modo (valor)	Inductor
Grupos de protección	SP, SA, S+SP
Clasificación de protección de	1 (valor SA) / 2 (valor S+SP) / 3 (valor SP) / 4 (valor SA)
Clasificación de protección de	1 (valor SA) / 2 (valor S+SP) / 3 (valor SP) / 4 (valor SA)
Clasificación de protección de	1 (valor SA) / 2 (valor S+SP) / 3 (valor SP) / 4 (valor SA)
Clasificación de protección de	1 (valor SA) / 2 (valor S+SP) / 3 (valor SP) / 4 (valor SA)



ATTENZIONE!
 - Questo apparecchio deve essere installato in un ambiente asciutto, ventilato e libero da agenti corrosivi.
 - La manutenzione deve essere effettuata solo da personale qualificato.
 - Prima di lavorare su questo apparecchio, assicurarsi che il sistema di alimentazione sia stato completamente scollegato e che non ci siano tensioni residue. Assicurarsi che il sistema di messa a terra sia adeguato e che non ci siano tensioni residue.

ATTENTION!
 - Cet appareil doit être installé dans un environnement sec, ventilé et exempt d'agents corrosifs.
 - La maintenance doit être effectuée uniquement par du personnel qualifié.
 - Avant de travailler sur cet appareil, s'assurer que le système d'alimentation a été complètement déconnecté et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles. S'assurer que le système de mise à la terre est adéquat et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles.

ATTENZIONE!
 - Questo apparecchio deve essere installato in un ambiente asciutto, ventilato e libero da agenti corrosivi.
 - La manutenzione deve essere effettuata solo da personale qualificato.
 - Prima di lavorare su questo apparecchio, assicurarsi che il sistema di alimentazione sia stato completamente scollegato e che non ci siano tensioni residue. Assicurarsi che il sistema di messa a terra sia adeguato e che non ci siano tensioni residue.

ATTENTION!
 - Cet appareil doit être installé dans un environnement sec, ventilé et exempt d'agents corrosifs.
 - La maintenance doit être effectuée uniquement par du personnel qualifié.
 - Avant de travailler sur cet appareil, s'assurer que le système d'alimentation a été complètement déconnecté et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles. S'assurer que le système de mise à la terre est adéquat et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles.

ATTENZIONE!
 - Questo apparecchio deve essere installato in un ambiente asciutto, ventilato e libero da agenti corrosivi.
 - La manutenzione deve essere effettuata solo da personale qualificato.
 - Prima di lavorare su questo apparecchio, assicurarsi che il sistema di alimentazione sia stato completamente scollegato e che non ci siano tensioni residue. Assicurarsi che il sistema di messa a terra sia adeguato e che non ci siano tensioni residue.

ATTENTION!
 - Cet appareil doit être installé dans un environnement sec, ventilé et exempt d'agents corrosifs.
 - La maintenance doit être effectuée uniquement par du personnel qualifié.
 - Avant de travailler sur cet appareil, s'assurer que le système d'alimentation a été complètement déconnecté et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles. S'assurer que le système de mise à la terre est adéquat et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles.

ATTENZIONE!
 - Questo apparecchio deve essere installato in un ambiente asciutto, ventilato e libero da agenti corrosivi.
 - La manutenzione deve essere effettuata solo da personale qualificato.
 - Prima di lavorare su questo apparecchio, assicurarsi che il sistema di alimentazione sia stato completamente scollegato e che non ci siano tensioni residue. Assicurarsi che il sistema di messa a terra sia adeguato e che non ci siano tensioni residue.

ATTENTION!
 - Cet appareil doit être installé dans un environnement sec, ventilé et exempt d'agents corrosifs.
 - La maintenance doit être effectuée uniquement par du personnel qualifié.
 - Avant de travailler sur cet appareil, s'assurer que le système d'alimentation a été complètement déconnecté et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles. S'assurer que le système de mise à la terre est adéquat et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles.

ATTENZIONE!
 - Questo apparecchio deve essere installato in un ambiente asciutto, ventilato e libero da agenti corrosivi.
 - La manutenzione deve essere effettuata solo da personale qualificato.
 - Prima di lavorare su questo apparecchio, assicurarsi che il sistema di alimentazione sia stato completamente scollegato e che non ci siano tensioni residue. Assicurarsi che il sistema di messa a terra sia adeguato e che non ci siano tensioni residue.

ATTENTION!
 - Cet appareil doit être installé dans un environnement sec, ventilé et exempt d'agents corrosifs.
 - La maintenance doit être effectuée uniquement par du personnel qualifié.
 - Avant de travailler sur cet appareil, s'assurer que le système d'alimentation a été complètement déconnecté et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles. S'assurer que le système de mise à la terre est adéquat et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles.

ATTENZIONE!
 - Questo apparecchio deve essere installato in un ambiente asciutto, ventilato e libero da agenti corrosivi.
 - La manutenzione deve essere effettuata solo da personale qualificato.
 - Prima di lavorare su questo apparecchio, assicurarsi che il sistema di alimentazione sia stato completamente scollegato e che non ci siano tensioni residue. Assicurarsi che il sistema di messa a terra sia adeguato e che non ci siano tensioni residue.

ATTENTION!
 - Cet appareil doit être installé dans un environnement sec, ventilé et exempt d'agents corrosifs.
 - La maintenance doit être effectuée uniquement par du personnel qualifié.
 - Avant de travailler sur cet appareil, s'assurer que le système d'alimentation a été complètement déconnecté et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles. S'assurer que le système de mise à la terre est adéquat et qu'il n'y a pas de tensions résiduelles.

NOTA: Le informazioni contenute nel presente documento potrebbero essere soggette a modifiche senza preavviso.

NOTE: Contenido de esta publicación con los cambios realizados por escrito.

NOTA: El contenido de este documento podría modificarse sin el futuro sin notificación por escrito.

Anexo 9 ficha técnica interruptor termomagnético.

FE-125

Mini Circuit Breaker (AC MCB)

YUEQING FEED
ELECTRIC CO.,LTD

Application

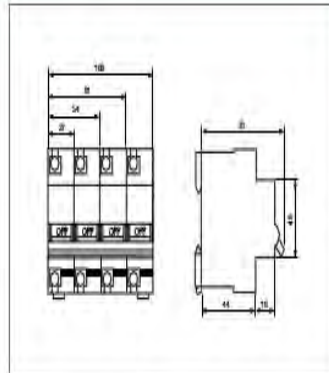
FE-125 high breaking capacity circuit breaker is used for AC 50/60Hz, single-pole 250V or two, three, four-pole 415V circuit for protecting the circuit that overloads and short circuit may take place. It can be used in lighting and electric motor distribution system. Meanwhile it is applicable to an unswitched switch over the electric appliances and lighting circuit under normal condition. Breaking capacity is up to standard of IEC60847-1 10KA.



Specifications

Rated Current	63, 80, 100, 125A
Rated Voltage	250/415V AC
Electrical Life	6000 Times
Mechanical Life	20000 Times(C.O.)
No. of Pole	1P, 2P, 3P, 4P
Weight	150, 200, 480, 600

Dimensions



51 FEED Electric

FE-125

Mini Circuit Breaker (AC MCB)

FEED

Over current tripping characteristic

Item	Rated Current (A)	Wiring Style	Test Current	Tripping Time	Tripping Result	Starting State
a	10-63	Cable style	1.05In	>10s	Non-tripping	
	10-63	Cable style	1.13In	>10s	Non-tripping	
b	10-63	Hot lead	1.3In	<1s	Tripping	The current rise slowly to a fixed tripping value within 5s
	10-63	Hot lead	1.3In	<1s	Tripping	
c	10-63	Cable style	8In	100ms	Non-tripping	
			12In	100ms	Tripping	

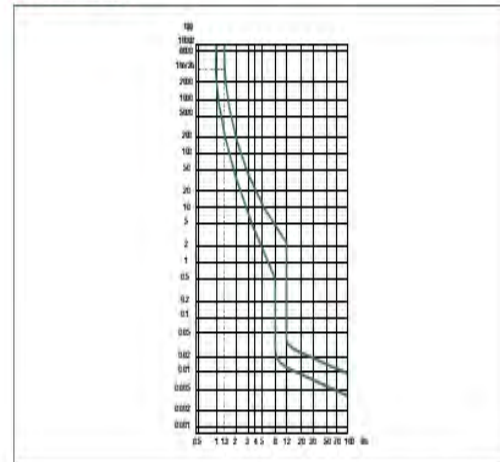
Current correction values used at different ambient temperatures

Rated Current (A)	Temperature (°C)										
	-35	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
63A	90.40	88.52	84.75	80.33	76.55	72.46	67.75	63	57.65	51.98	46.51
80A	114.8	112	108.8	107.6	98.4	90.8	83.6	80	74	67.5	60.4
100A	143.5	140.5	134.5	127.5	121	113.5	107.5	100	92.5	84.5	75.5
125A	178.75	173.75	164.38	156.25	148.75	140.53	133	125	116.25	107.5	97.5

Current correction factor used at different altitudes

Rated Current (A)	Different altitude correction factors		
	<2000m	2000-3000m	>3000m
63,80,100,125A	1.0	0.9	0.8

Characteristic Curve



FEED Electric 52

Anexo 10 fotos del área de estudio.



Anexo 11 toma de muestra de resistividad del terreno.

