



UNIVERSIDAD CATÓLICA

SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

TEMA:

**Diseño de un sistema fotovoltaico para la finca Macondo ubicada en el
cantón Daule, Provincia del Guayas.**

AUTOR:

Castillo Guerrero, Miguel Vidal

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO

TUTOR:

Ing. Echeverría Parra, Ricardo Xavier M.S.c.

Guayaquil, Ecuador

3 de marzo del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA

SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por el Sr. **Castillo Guerrero, Miguel Vidal**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO**.

TUTOR

f. _____

Ing. Echeverría Parra, Ricardo Xavier M.S.c.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando M.S.c.

Guayaquil, 3 de marzo del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA

SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Castillo Guerrero, Miguel Vidal**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: **“Diseño de un sistema fotovoltaico para la Finca Macondo ubicada en el cantón Daule, Provincia del Guayas”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico Mecánico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 3 de marzo del 2020

EL AUTOR

f. _____

CASTILLO GUERRERO, MIGUEL VIDAL



UNIVERSIDAD CATÓLICA

SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Castillo Guerrero, Miguel Vidal**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Diseño de un sistema fotovoltaico para la Finca Macondo ubicada en el cantón Daule, Provincia del Guayas**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 3 de marzo del 2020

EL AUTOR:

f. _____

CASTILLO GUERRERO, MIGUEL VIDAL



UNIVERSIDAD CATÓLICA

SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÙS, M.S.c

DECANO

f. _____

ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO M.S.c.

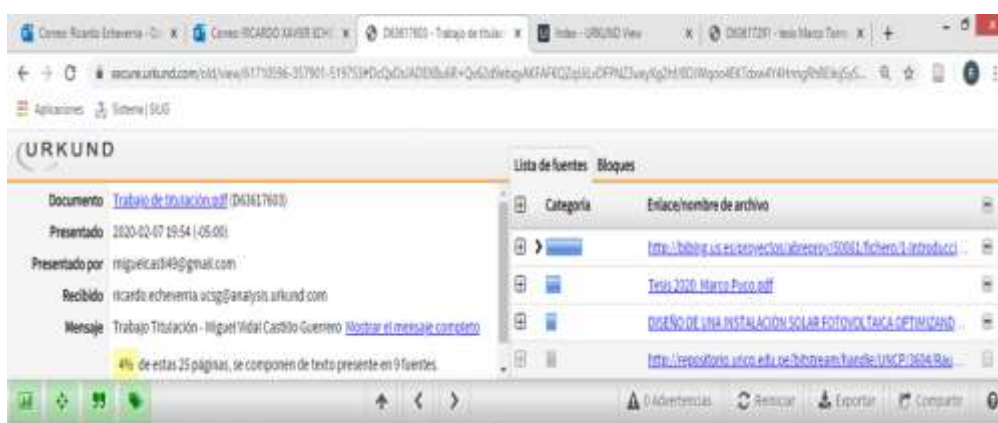
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

ING. HIDALGO AGUILAR JAIME RAFAEL M.S.c

OPONENTE

REPORTE DE URKUND



FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA
DE INGENIERIA EN ELECTRICO-MECANICO

TEMA: “Diseño de un sistema fotovoltaico para la finca Macondo ubicado en el
cantón Daule, provincia del Guayas”

AUTOR: Castillo Guerrero, Miguel Vidal

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO
ELECTRICO-MECANICO

TUTOR: Echeverría Parra, Ricardo Xavier

Guayaquil, Ecuador 9 de febrero del 2020

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA
DE INGENIERIA EN ELECTRICO-MECANICO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad
por Miguel Vidal Castillo Guerrero, como requerimiento para la obtención del
Título de INGENIERO EN ELECTRICO-MECANICO

TUTOR:

Ing. Echeverría Parra, Ricardo Xavier

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por darme fortaleza para terminar mi carrera universitaria; a mis padres, Fátima Guerrero y Manuel Castillo por darme los mejores consejos y su apoyo incondicional; a mis abuelos, Hilda Donoso y Miguel Castillo Vernaza por sus enseñanzas y sabios consejos que siempre voy a tener presente no solo en mi vida profesional; a mi abuela materna, Isabel Crofford por apoyarme y siempre confiar en mis habilidades.

Miguel Vidal Castillo Guerrero

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes y a mis compañeras que en cada semestre de mi carrera me brindaron su apoyo y compartieron conmigo sus conocimientos.

A mi familia por el apoyo, la confianza y la motivación que me dieron para seguir adelante en los momentos difíciles.

Miguel Vidal Castillo Guerrero

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Planteamiento del problema.....	4
1.3.1 Formulación de las variables de investigación.....	4
1.3.1.1 Variable independiente.....	4
1.3.1.2 Variable dependiente.....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.6 Metodología.....	5
1.6.1 Investigación descriptiva.....	5
1.6.2 Investigación explicativa.....	5
1.6.3 Investigación documental.....	5
CAPÍTULO 2.....	6
Marco Teórico.....	6
2.1 Energía renovable.....	6
2.2 Ventajas de la energía renovables.....	6
2.3 Desventajas de la energía renovables.....	6

2.4 Tipos de energías renovables.....	7
2.4.1 Energía hidráulica.	7
2.4.2 Biomasa.	8
2.4.3 Energía eólica.	9
2.4.4 Energía geotérmica.....	9
2.4.5 Energía mareomotriz.	9
2.4.6 Energía solar.....	10
2.5 Origen de la energía solar.	10
2.6 Radiación solar.	11
2.6.1 Tipos de radiación solar.	11
2.7 Horas pico solares.	12
2.8 Coordenadas horizontales.....	12
2.9 Energía solar en Ecuador.	13
2.10 Conversión de energía solar en electricidad.....	14
2.11 Energía solar fotovoltaica.	15
2.12 Celda fotovoltaica.	16
2.13 Tipos de celdas fotovoltaicas.....	17
2.13.1 Celda fotovoltaica de tipo monocristalino.	17
2.13.2 Celdas fotovoltaicas de tipo policristalino.	18
2.13.3 Celdas fotovoltaicas tipo amorfo.	19
2.14 Eficiencia del panel fotovoltaico.	19
2.15 Elementos de un sistema fotovoltaico.	20

2.15.1 Paneles solares.....	20
2.15.2 Controlador de carga.....	20
2.15.3 Acumuladores.....	21
2.15.4 Inversor.....	22
2.15.5 Estructura de soporte.....	22
2.16 Esquema de un sistema fotovoltaico.....	23
2.17 Protecciones eléctricas en el sistema fotovoltaico.....	24
2.17.1 Protección de corriente directa.....	24
2.17.2 Protección de corriente alterna.....	25
2.17.3 Protección contra sobrecorriente.....	25
2.17.4 Fusibles limitadores.....	26
2.18 Efecto fotoeléctrico.....	26
2.19 Rendimiento y efecto de la temperatura.....	27
2.20 Aplicaciones de las celdas fotovoltaicas.....	28
2.21 Ventajas y desventajas de la energía solar.....	29
2.21.1 Ventajas.....	29
2.21.2 Desventajas.....	29
2.22 Mercado fotovoltaico mundial.....	30
2.23 Generalidades de confiabilidad de los equipos.....	32
2.24 Generalidades de pruebas en los equipos.....	33
2.25 Generalidades de mantenimiento preventivo y correctivo.....	34
2.26 Tipos de mantenimiento.....	36

2.26.1 Mantenimiento predictivo.	36
2.26.2 Mantenimiento preventivo.	37
2.26.3 Mantenimiento correctivo.	38
2.27 Gestión de mantenimiento.	39
2.28 Pérdidas de un sistema fotovoltaico.	40
2.29 Tipos de pérdidas de un sistema fotovoltaico.	41
2.29.1 Pérdidas por temperatura.	41
2.29.2 Pérdidas por conexionado.	41
2.29.3 Pérdidas por polvo y suciedad.	41
2.29.4 Pérdidas angulares.	42
2.29.5 Pérdidas por caídas óhmicas.	42
2.29.6 Pérdidas por explotación y mantenimiento.	42
2.30 Medios de desconexión.	43
2.30.1 Desconector del campo fotovoltaico.	43
2.30.2 Desconexión del equipo.	44
2.30.3 Desconexión de la batería.	44
2.31 Historia de la energía solar fotovoltaica.	45
2.32 Zonas del Ecuador según irradiación solar.	47
2.33 Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador. ...	47
2.34 Valores mensuales promedio de irradiación solar para Quito y Guayaquil.	48
2.35 Pronóstico máximo diario de índice ultravioleta.	49

2.36 Normativas sobre Energías Renovables.	49
2.37 Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR)	50
2.38 Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.	51
2.39 Normativas de Energía, Calidad y Ahorro Energético.	51
Capítulo 3.....	54
Diseño y Cálculo	54
3.1 Información general de la finca.	54
3.2 Dimensionamiento.	55
3.3 Ubicación de interpolación de temperatura.	55
3.4 Cálculos para el diseño del sistema fotovoltaico.	56
3.4.1 Inversor	56
3.4.2 Controlador de carga.	57
3.4.3 Paneles fotovoltaicos.....	58
3.4.4 Batería.....	62
Capítulo 4.....	64
4.1 Conclusiones.	64
4.2 Recomendaciones.	65
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Perfil longitudinal de un salto con tubería forzada.	8
Figura 2.2: Coordenadas horizontales.	13
Figura 2.3: Imagen Satelital del Territorio Ecuatoriano.	14
Figura 2.4: Extracción de electrones de la celda. fotovoltaica.	16
Figura 2.5: Módulo de silicio monocristalino.	17
Figura 2.6 Módulo de silicio policristalino	18
Figura 2.7: Módulo de silicio amorfo.	19
Figura 2.8: Eficiencia de los paneles solares.	20
Figura 2.9: Controlador de carga.	21
Figura 2.10: Acumulador o batería.	21
Figura 2.11: Inversor.	22
Figura 2.12: Estructura de soporte.	23
Figura 2.13: Instalación solar fotovoltaica.	24
Figura 2.14: Efecto fotoeléctrico.	27
Figura 2.15: Rendimiento de energía solar.	27
Figura 2.16: Efecto de la temperatura sobre la curva de tensión.	28
Figura 2.17: Potencia mundial solar fotovoltaica instalada.	31
Figura 2.18: Proyección de potencia instalada a nivel mundial.	31
Figura 2.19: Ecuación de función de confiabilidad.	32
Figura 2.20: Clasificación de las pruebas.	33
Figura 2.21: Relación entre el porcentaje de fallas y el tiempo de vida de una central fotovoltaica.	35
Figura 2.22: Zonas del Ecuador según irradiación solar.	47

Figura 2.23: Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador.	47
Figura 2.24: Valores mensuales promedio de irradiación solar para Quito y Guayaquil.....	48
Figura 2.25: Pronóstico máximo diario de índice ultravioleta.	49
Figura 3.26: Ubicación de la finca en el mapa digital.	54
Figura 3.27: Inversor.	56
Figura 3.28: Datos técnicos del inversor.	56
Figura 3.29: Controlador de carga.	57
Figura 3.30: Datos técnicos del controlador de carga.	58
Figura 3.31: Panel fotovoltaico.....	58
Figura 3.32: Datos técnicos del panel fotovoltaico.	59
Figura 3.33: Dimensiones del panel fotovoltaico.	59
Figura 3.34: Conexión de los paneles fotovoltaicos.	61
Figura 3.35: Batería.	63
Figura 3.36: Conexión de baterías en serie.	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Demanda de la Finca Macondo.	55
Tabla 3.2: Interpolación de temperatura.....	55

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación, la falta de un diseño de generación eléctrica por medio de energía solar fotovoltaica para ser utilizada en la finca Macondo ubicada en el cantón Daule. Como variable dependiente tenemos generación eléctrica y la variable independiente es sistema fotovoltaico. Como objetivo diseñamos un sistema fotovoltaico para generar energía eléctrica conociendo los principios de su funcionamiento, calculamos la potencia y analizamos las ventajas y desventajas del uso de este tipo de energía renovable, en la cual disminuirémos las emisiones de gases contaminantes para el medio ambiente. En el marco teórico recopilamos datos bibliográficos de tipo documental y a su vez utilizamos metodología descriptiva y explicativa por la cual aplicamos las normas y técnicas que rigen para el uso de estos sistemas. En el capítulo 3 se describe la ubicación y se realiza los cálculos pertinentes para las cargas requeridas se utilizó la aplicación METEONORM cual nos proporciona los datos de radiación solar en el sitio exacto, se describen los elementos necesarios como inversor, controlador de carga, baterías, número de paneles y tipo de conexión. A continuación se describen las ventajas y desventajas del uso de este tipo de energía renovable.

PALABRAS CLAVES: SISTEMA FOTOVOLTAICO, BATERÍA, INVERSOR, FUENTES RENOVABLES, PANELES SOLARES.

ABSTRACT

In the present titling work, the lack of a design of electricity generation by means of photovoltaic solar energy to be used in the Macondo farm located in the Daule canton. As a dependent variable we have electricity generation and the independent variable is photovoltaic system. As a goal we design a photovoltaic system to generate electric energy knowing the principles of its operation, we calculate the power and analyze the advantages and disadvantages of using this type of renewable energy, in which we will reduce the emissions of polluting gases for the environment. In the theoretical framework we collect bibliographic data of documentary type and in turn we use descriptive and explanatory methodology by which we apply the rules and techniques that govern the use of these systems. In chapter 3 the location is described and the pertinent calculations are made for the required loads, the METEONORM application was used which provides us with the solar radiation data at the exact site, the necessary elements such as inverter, charge controller, batteries, are described. number of panels and type of connection. The following describes the advantages and disadvantages of using this type of renewable energy.

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción.

La revolución industrial la cual comenzó en Europa a inicios del siglo XVIII hasta el día de hoy son las máquinas que usan combustible fósil las que proveen a las empresas los mayores ingresos económicos, debido al uso de estas máquinas de forma continua han provocado un daño muy importante al medio ambiente así mismo como al planeta tierra.

En la actualidad se busca reducir los índices de contaminación por ello uno de los campos que se busca potenciar es el uso de las energías renovables tales como hidráulica, biomasa, eólica, geotérmica, mareomotriz y solar, estableciendo lugar adecuados a través de estudios especializados para poder aprovechar dichas energías de manera ideal.

Ecuador posee una ubicación de privilegio en cuanto a radiación solar, debido a que la línea ecuatorial lo atraviesa, siendo casi un ángulo perpendicular la radiación que obtiene. Además, esta no cambia durante el año y se tiene un ángulo de incidencia constante, por ende dan a la energía solar fotovoltaica una gran capacidad de utilización.

El sol es una fuente ilimitada de energía limpia la cual es aprovechada utilizando los módulos fotovoltaicos, los cuales convierten la radiación solar en energía eléctrica.

En el presente trabajo de titulación se realizará el diseño del sistema fotovoltaico para la alimentación de la finca Macondo en la ciudad de Daule, utilizando los mayores puntos de incidencia de sol para lograr el mayor aprovechamiento de la

radiación que cae sobre la tierra y así convertirla en energía eléctrica utilizando los paneles solares.

1.2 Antecedentes.

La energía solar camina a paso muy lento en Ecuador. Es una fuente proveedora de funcionamiento muy incipiente. Édgar López Moncayo, máster en Energía y Medio Ambiente y gerente de Proyectos de Fundación Cerro Verde, señala que según el informe de Balance Nacional de Energía, a septiembre del 2016 y elaborado por la Agencia de Regulación y Control de la Electricidad de este país, la oferta de energía eléctrica, determinada por su potencia nominal generada por fuentes renovables, la constituían: hidroelectricidad 49,82 %; biomasa 1,96 %; fotovoltaica 0,36 %; eólico 0,29 %; biogás y el 57,54 % corresponde a fuentes que usan combustibles fósiles.

En la actualidad, la eficiencia de un panel solar se establece entre un 15% y 20%, pero se estima que sea mejor con el pasar de los años gracias a los avances tecnológicos, produciendo energía eléctrica. La disposición mundial es promover el uso de energías limpias, por lo que la instalación de un sistema fotovoltaico es una opción factible para los hogares.

El Estado Ecuatoriano es propietario de los proyectos fotovoltaicos Sansau y Wildtecsa ubicados en La Victoria, provincia del Guayas. Estos proyectos fueron realizados por medio de la empresa INTIGRAL negocios integrales, dichos proyectos ocupan individualmente un área de 1.5 hectáreas, cada planta solar de 995 kW produce 4200 kW diarios aproximadamente, cumpliendo así con una generación anual de 1.44 GW cada proyecto.

1.3 Planteamiento del problema.

La falta de un diseño de generación eléctrica por medio de energía solar fotovoltaica para la finca Macondo ubicada en el cantón Daule.

1.3.1 Formulación de las variables de investigación.

1.3.1.1 Variable independiente.

Generación eléctrica.

1.3.1.2 Variable dependiente.

Sistema Fotovoltaico.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

Diseñar un sistema fotovoltaico para la Finca Macondo ubicado en el cantón Daule, Provincia del Guayas.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Conocer el principio de funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos.
- Calcular la potencia necesaria para la alimentación de la finca Macondo.
- Analizar las ventajas y desventajas que proporciona el uso del sistema fotovoltaico.

1.5 Hipótesis.

La instalación de un sistema fotovoltaico permitirá disminuir las emisiones de gases contaminantes para el medio ambiente y a su vez otorgará al titular del sistema una independencia con la generación eléctrica.

1.6 Metodología.

1.6.1 Investigación descriptiva.

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.(Deobold B et al., 2009, párr. 1)

1.6.2 Investigación explicativa.

La investigación explicativa se orienta a establecer las causas que originan un fenómeno determinado. Se trata de un tipo de investigación cuantitativa que descubre el por qué y el para qué de un fenómeno. Se revelan las causas y efectos de lo estudiado a partir de una explicación del fenómeno de forma deductiva a partir de teorías o leyes. La investigación explicativa genera definiciones operativas referidas al fenómeno estudiado y proporciona un modelo más cercano a la realidad del objeto de estudio.(Yáñez, 2018, párr. 1,2)

1.6.3 Investigación documental.

La investigación documental o diseño documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas.(Arias Fideas, 2016, párr. 2)

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

2.1 Energía renovable.

Las energías renovables son energías limpias, estas favorecen al medio ambiente, se las define como energía a la capacidad de conjuntos o cuerpos para poder desarrollar un trabajo, esta energía se la encuentra en la luz y el calor, en agua, el viento, lo vegetales, la madera al estar encendida, un determinado gas o un carbón, un líquido, hay tipos de energías que son las renovables y las no renovables.(Rodríguez Cabello, 2018, p. 5)

2.2 Ventajas de la energía renovables.

- Su disponibilidad. Desde que sale el sol, hasta que se oculta, se cuenta con este tipo de energía que no representa ningún costo para el dueño de la vivienda.
- La limpieza que proporciona el producir esta clase de energía, a diferencia de otras clases de energías producidas con combustibles fósiles, la energía solar produce cero emisiones de gases dañinos para la salud.
- Su bajo costo a largo plazo, al suprimir elevados costos de redes de distribución; como lo son los cables, los postes, aisladores entre otros elementos; llevar energía solar a apartadas regiones de un país supone un ahorro para los pueblos.(Alvarado et al., 2015, p. 30)

2.3 Desventajas de la energía renovables.

- Problemas de almacenamiento, se necesita de baterías para poder almacenar la energía solar, estas baterías pueden ser contaminantes al no utilizarse adecuadamente cuando termina su vida útil.

- Inversión inicial, este sistema puede ser mínimamente satisfactorio para familias con limitados recursos o en sitios donde el ingreso de la luz solar no es diaria.
- Baja popularidad, el comprender los aspectos positivos medioambientales y sociales de la energía solar sobre los métodos comunes de producir energía consideraría un gran paso para volver a la energía solar mucho más competitiva.(Alvarado et al., 2015, p. 30)

2.4 Tipos de energías renovables.

2.4.1 Energía hidráulica.

Es una instalación donde se utiliza la energía hidráulica disponible en los saltos de agua para generar energía eléctrica por medio de uno o más grupos de turbinas generadoras. La instalación de una central hidráulica es más cara que una central térmica, porque requiere de grandes gastos básicos en las obras hidrotécnicas, pero pequeños gastos de explotación; de aquí que solo se explotan esas fuerzas hidráulicas en aquellos lugares de situación muy favorable, donde pueda contarse con moderados gastos de instalación.

El aprovechamiento de los saltos de agua tiene lugar, no por la velocidad de esta, sino por la presión que puede obtenerse conduciéndola a un punto elevado en relación con la altura de la toma de agua, y desde donde desciende para obtener en su caída el trabajo aprovechable.

Este aprovechamiento puede obtenerse, según las circunstancias del terreno; sea en el propio cauce del río, mediante un canal especial o por canales y tuberías. En la figura 2.1 se muestra un perfil longitudinal de un salto con tubería.

Los elementos constituidos de una central hidráulica son; la presa, embalse, canal de derivación, chimenea, tubería de presión, tubería de aspiración, casa de máquinas (turbinas-generator) y tubería de desagüe.(Rau Vargas, 2010, p. 15)

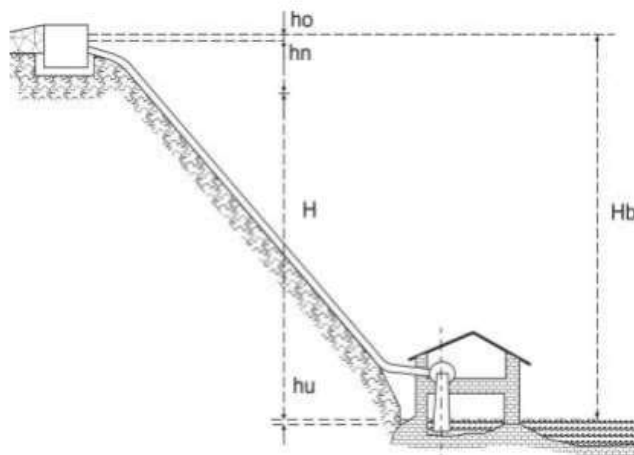


Figura 2.1: Perfil longitudinal de un salto con tubería

Fuente: (Rau Vargas, 2010, p. 15)

2.4.2 Biomasa.

La biomasa ha sido desde siempre la mayor fuente de energía para el ser humano y se ha estimado que actualmente contribuye un 14 % al abastecimiento de la energía mundial.

Podemos definir a la biomasa como toda sustancia orgánica de origen vegetal o animal que puede ser convertida en energía. Dicha biomasa es una materia orgánica no fósil, en la que la radiación solar ha reducido el hidrogeno y el carbono mediante el proceso básico de fotosíntesis, permitiendo así un aprovechamiento energético.(López González, 2013, p. 3)

2.4.3 Energía eólica.

Es la energía cinética o de movimiento contenida en las masas de aire en la atmosfera, y que se capta por medio de aerogeneradores o molinos de viento. Para poder aprovechar la energía eólica es importante conocer las variaciones de los vientos, etc. Para poder utilizar la energía del viento es necesario que este alcance una velocidad mínima de 12 km/h, y que no supere los 65 km/h. (Cevallos Cevallos & Gaucho Jiménez, 2013, p. 5)

2.4.4 Energía geotérmica.

La energía geotérmica se relaciona con la emanación de calor que sale desde el interior de la tierra. Una de sus aplicaciones para el uso es la localización de ciertos yacimientos que se forman de manera natural, estos a través del agua caliente que se produce entre placas tectónicas, todo esto se utiliza para la generación de energía eléctrica, en calefacción entre otros procesos. El calor que se genera entre la corteza, a través de los mantos superiores de la tierra por fundición de elementos con contenido radioactivo, es lo que hace que la energía geotérmica se siga desarrollando. Este tipo de energía va directo hacia la superficie por diversos movimientos que produce el magma y a través de la circulación de aguas subterráneas, lo que lo hace segura debido a su aplicación bajo tierra, una de las manifestaciones hidrotérmicas de carácter superficial son manantiales, géiseres entre otros. (Pantoja Lara & Parancan Raipane, 2016, p. 9)

2.4.5 Energía mareomotriz.

Recientemente, se han creado nuevos dispositivos de los que se obtiene generación eléctrica renovable y libre de contaminantes a partir de la utilización de la fuerza que ejercen las corrientes marinas. Estos dispositivos son de dos

tipos: los de eje vertical y los de eje horizontal. Esto obedece a la orientación de un eje submarino. Dicho eje gira una caja de cambios conectada a una turbina.

El funcionamiento de este tipo de dispositivos es análogo al de los aerogeneradores, sólo que en este caso, la fuerza de las corrientes marinas es captada por los alabes, los cuales provocan un movimiento giratorio que se transmite al generador eléctrico.

Este tipo de energía no necesita de construcción de diques, pero necesita condiciones especiales de instalación. Es decir, necesitan ser colocadas a profundidades específicas y en lugares donde las corrientes marinas sean lo suficientemente fuertes para producir energía.(Hernández Mote & Leyva Serrato, 2005, p. 26)

2.4.6 Energía solar.

El sol es una masiva fuente de energía que actualmente ofrece una alternativa a los combustibles fósiles sucios, costosos y temporales; aunque sea muy popular tanto en plantas de energías, áreas domésticas, dispositivos portátiles con nuevos sistemas de absorción de energía por medio de celdas, colectores entre otros, todavía no se obtiene la energía necesaria para suplir la demanda requerida, además de tener indudables desventajas que todavía no se dominan, pero sigue siendo un gran complemento en sistemas híbridos para la optimización de generación energía eléctrica.(Pérez Castro & León Macías, 2017, p. 11)

2.5 Origen de la energía solar.

La energía del sol, que posee aproximadamente un radio de 696.000 km, se produce en su interior donde debido a la inmensa fuerza de gravedad y a

temperaturas de 16 millones de grados Kelvin aproximadamente, dos átomos de hidrógeno se fusionan en uno de helio y la diferencia de masa se convierte en energía (fusión nuclear).

La temperatura en la superficie del sol, es decir en la fotosfera la cual es la parte que se puede observar desde la tierra, es de 5.780 grados kelvin. Cero grados kelvin es la temperatura del cero absoluto y equivalen a -273 grados centígrados.(Benavides Farías & Rosario Morales, 2011, p. 3)

2.6 Radiación solar.

Esta radiación que se traslada a través del espacio es el resultado de un proceso de fusión nuclear enviada desde el sol como ondas electromagnéticas hacia la tierra con una velocidad de 300 km/s donde llegan como ondas electromagnéticas. El primer parámetro para la radiación solar que podemos determinar a partir de la radiación es la temperatura. Su cálculo necesita de dos cálculos previos importantes. Por un lado, se deberá medir la energía solar que nos llega a la superficie terrestre, y por otro, entender como esta radiación se relaciona con la temperatura del cuerpo que la emite.(Quinzo Lucas, 2019, p. 5)

2.6.1 Tipos de radiación solar.

La energía solar se puede clasificar en tres tipos, en función de cómo inciden los rayos solares sobre la superficie terrestre. Éstos son los siguientes:

- **Directa.**- energía recibida desde el sol sin que se desvíe en su paso por la atmosfera.
- **Difusa.**- energía que sufre cambios en su dirección debido principalmente a la reflexión y difusión atmosférica.

- **Albedo.-** energía directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo y otras superficies próximas.(Zamudio Florido, 2015, p. 4)

2.7 Horas pico solares.

Podemos definir como HPS (Horas Pico Solares) a la captación de energía a solar disponible en que los paneles pueden aportar energía a los sistemas de consumo inclusive con luz solar difusa, pero a menores cantidades, en comparación a momentos de gran luminosidad solar.(Ramos López & Luna Puente, 2014, p. 27)

2.8 Coordenadas horizontales.

Para determinar la posición del sol se utiliza un sistema de coordenadas celestes referidas al horizonte del observador y a su vertical, conocido como coordenadas horizontales. Utilizando este sistema de coordenadas, un observador deberá medir su altura, que es la distancia angular desde el horizonte hasta la estrella; a continuación, tendrá que determinar el ángulo que forma el sol con una dirección que se toma como origen, generalmente el sur (en astronomía) o el norte (en navegación) medida sobre el horizonte y en sentido horario. Este ángulo se llama azimut.

Estas coordenadas dependen, por tanto, del observador. Para una misma posición solar, las coordenadas horizontales desde un punto determinado, serán diferentes a las obtenidas en otro punto cualquiera. En la figura 2.2 se muestra el uso de las coordenadas horizontales por medio de un plano tridimensional.(Zamudio Florido, 2015, p. 5)

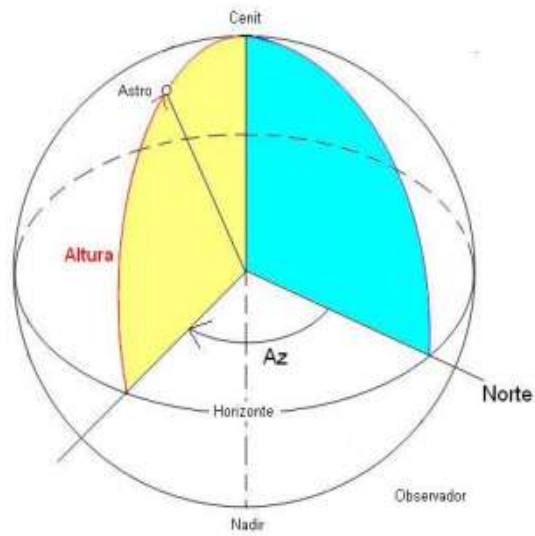


Figura 2.2: Coordenadas horizontales.

Fuente:(Zamudio Florido, 2015, p. 5)

2.9 Energía solar en Ecuador.

Ecuador está localizado en el noroeste de Sudamérica, que hace frontera con Colombia y Perú, limitando con el Pacífico hacia el oeste. Las conocidas Islas Galápagos también forman parte del país, que en total posee una extensión de 283.561 kilómetros cuadrados.

En la figura 2.3 se muestra una toma satelital del territorio ecuatoriano en el cual se realizará el análisis.



Figura 2.3: Imagen Satelital del Territorio
Fuente: (Ortiz Fustillos & Puma Caiza, 2018, p. 4)

El clima de Ecuador es muy variable según la zona. Las tierras bajas de la costa al oeste son normalmente cálidas, con una media de temperatura de 25 grados centígrados. El clima en la capital es el montañoso subtropical, es decir, fresco y muy constante. La temperatura media a lo largo del día es de 18,9 °C, que por las noches desciende hasta los 10 °C.(Ortiz Fustillos & Puma Caiza, 2018, p. 4)

2.10 Conversión de energía solar en electricidad.

El efecto fotovoltaico consiste en la conversión de luz en electricidad debido a la interacción de la radiación luminosa con los electrones en los materiales semiconductores. Estos materiales tienen la capacidad de absorber fotones y emitir electrones. Esto es debido a que en los materiales semiconductores (a diferencia de materiales aislantes y conductores) basta con una pequeña cantidad de energía para que los electrones, a pesar de estar ligados al núcleo, se comporten como conductores.

La energía necesaria para que se produzca este efecto es la que aportan los fotones de la radiación luminosa. Cuando la luz solar incide sobre el material semiconductor, los enlaces se rompen y los electrones de valencia quedan libres para circular por el material generando una corriente eléctrica. Para evitar que esa corriente eléctrica desaparezca debido a la recombinación de los electrones y huecos, es necesario crear un campo eléctrico evitando con ello que los electrones pierdan su actividad. El campo eléctrico necesario se consigue, si el material usado es el silicio, utilizando uniones p-n. Para ello, es necesario dopar el silicio mediante un tratamiento químico con átomos de fósforo para el material tipo n y con átomos de boro para el material tipo p. (Zamudio Florido, 2015, p. 6)

2.11 Energía solar fotovoltaica.

Un sistema fotovoltaico es una instalación que produce energía eléctrica con módulos fotovoltaicos. Por medio de estos módulos se logra transformar la radiación solar en energía eléctrica, por el efecto fotovoltaico.

La luz solar está compuesta por partículas energéticas llamadas fotones que poseen diferentes energías correspondientes a su vez a las diferentes longitudes del espectro de la radiación solar. Los fotones absorbidos por una célula fotovoltaica transfieren su energía a un electrón de 1 átomo de la célula. (Basurto Gustines, 2015, p. 13)

Cuando los rayos solares inciden sobre una célula fotovoltaica, los fotones de la radiación solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido. El sistema fotovoltaico consigue que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor generando una

corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo.(Basurto Gustines, 2015, p. 13)

2.12 Celda fotovoltaica.

Una célula fotoeléctrica, también llamada célula, fotocélula o célula fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) mediante el efecto fotoeléctrico, generando energía solar fotovoltaica.

Compuesto de un material que presenta efecto fotoeléctrico: absorben fotones de luz y emiten electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad.

La palabra fotovoltaico(a) está formado por la combinación de dos palabras de origen griego: foto, que significa luz, y voltaico que significa eléctrico. El nombre resume la acción de estas células: transformar, la energía luminosa en energía eléctrica. En la figura 2.4 se presenta un diagrama de extracción de electrones de la celda.(Gastelum Michel, 2015, p. 8)

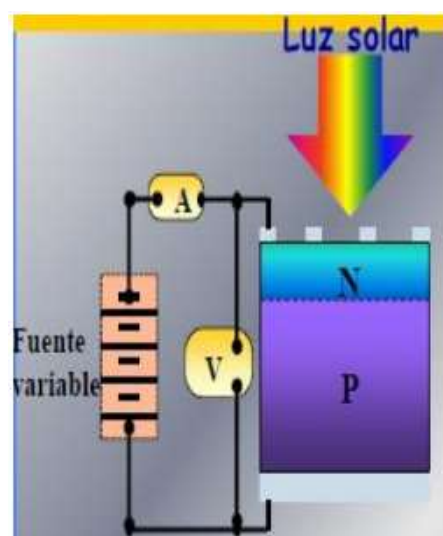


Figura 2.4: Extracción de electrones de la celda.

Fuente: (Gastelum Michel, 2015, p. 8)

2.13 Tipos de celdas fotovoltaicas.

2.13.1 Celda fotovoltaica de tipo monocristalino.

Tipo de celda que tiene una estructura ordenada cristalina, se caracteriza por ser la celda con el comportamiento más uniforme y predecible. Están construidas con silicio que al estar derretido se vierte para su enfriamiento formando cristales de grandes dimensiones al solidificarse, posteriormente se corta el cristal en capas delgadas con las cuales se construyen las celdas, en la figura 2.5 se muestra un módulo de silicio monocristalino.

Durante la construcción el silicio atraviesa varios ciclos de lenta filtración intensiva donde la mayor parte de los contaminantes y otros elementos son retirados, este proceso de purificación hace que este tipo de celdas tengan un mayor costo.

Regularmente los fabricantes dejan las células en una forma circular pero gracias a los avances en el reciclaje, las células se están cortadas en cuadrados sin esquinas para maximizar la densidad de empaquetamiento de los módulos.(Aguilera González & Sandoval Espinosa, 2015, p. 23)



Figura 2.5: Módulo de silicio monocristalino.

Fuente: (Aguilera González & Sandoval Espinosa, 2015, p. 23)

2.13.2 Celdas fotovoltaicas de tipo policristalino.

Este tipo de celdas al enfriar el silicio del que están construidas en un molde, se crean diferentes regiones de cristales separados por “límites de grano” que se mantienen unidas por un enlace covalente, esta celda posee un aspecto azulado que no es uniforme, se pueden distinguir varios tonos creados por las diferentes regiones de los cristales.

En estas celdas el silicio no pasa por tantos ciclos de filtración intensivos como los procesos de separación de las celdas monocristalinas, lo que convierte a las celdas policristalinas más accesibles debido a su menor costo. En la figura 2.6 se muestra un módulo de silicio policristalino.(Aguilera González & Sandoval Espinosa, 2015, p. 24)



Figura 2.6 Módulo de silicio policristalino

Fuente: (Aguilera González & Sandoval Espinosa, 2015, p. 24)

2.13.3 Celdas fotovoltaicas tipo amorfo.

Estas celdas se construyen durante la transformación del silicio se produce un gas que se proyecta sobre una lámina de vidrio, el arreglo de los átomos en estas celdas es poco regular que dan lugar a enlaces colgantes y varias lagunas donde la recombinación puede tener lugar, este método de fabricación hace que el resultado final sea muy oscuro como se muestra en la figura 2.7.(Aguilera González & Sandoval Espinosa, 2015, p. 25)



Figura 2.7: Módulo de silicio amorfo.

Fuente: (Aguilera González & Sandoval Espinosa, 2015, p. 25)

2.14 Eficiencia del panel fotovoltaico.

La eficiencia es el cociente entre la potencia eléctrica producida por el módulo y la irradiación incidente sobre el mismo. Es decir, es el cociente entre la potencia máxima ($P_{\text{máx.}}$) de la celda con la potencia luminosa (PL) recibida por la celda. En la figura 2.8 se muestran los valores de eficiencia en relación al material con el que se ha fabricado el panel solar.(Martínez Borges, 2013, p. 22)

Tecnología	Eficiencia (%)
Silicio cristalino	14-16
Silicio multicristalino	10-12
Silicio amorfo	6-8

Figura 2.8: Eficiencia de los paneles solares.

Fuente: (Martínez Borges, 2013, p. 22)

2.15 Elementos de un sistema fotovoltaico.

2.15.1 Paneles solares.

El conjunto de paneles fotovoltaicos que puedan captar el sol es parte de la instalación a la que se le llama generador. Son un conjunto de placas fabricadas a partir del silicio, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua, a baja tensión (12 ó 24 V) especificadas por el fabricante.(González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 18)

2.15.2 Controlador de carga.

Es aquel que tiene la función de proteger a la batería contra las sobrecargas y contra las descargas, excesivas al acumulador que le pudieran producir daños irreversibles asegurando que el sistema trabaje con mayor eficiencia. Además, se emplea para proteger a las cargas en condiciones extremas de operación.

Los paneles fotovoltaicos pueden producir más electricidad de la que las baterías pueden almacenar, sobrecargar las baterías aumenta la pérdida del electrolito, disminuyendo así la vida útil de las baterías además de que es peligroso. En la figura 2.9 se muestra un controlador de carga.(González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 19)



Figura 2.9: Controlador de carga.

Fuente: (González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 19)

2.15.3 Acumuladores.

Son el almacén de la energía eléctrica generada, permitiendo disponer de la energía eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.

En este tipo de aplicaciones normalmente se utilizan baterías estacionarias, las que tienen como característica de operación más importante al ciclado; durante un ciclo diario, la batería se carga durante el día y se descarga durante la noche; sobrepuesto al ciclado diario hay un ciclo estacional, que está asociado a períodos de reducida disponibilidad de radiación. En la figura 2.10 se muestra como se ve un acumulador. (González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 19)



Figura 2.10: Acumulador o batería.

Fuente: (González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 19)

2.15.4 Inversor.

Dispositivo electrónico que tiene la función de transformar la corriente continua (de 12, 24 o 48 V) generada por las placas fotovoltaicas y es acumulada en las baterías para que después sea entregada, en corriente alterna (127 V y 60 Hz) a los aparatos eléctricos que la necesitan. En la figura 2.11 se muestran varios inversores.(González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 20)



Figura 2.11: Inversor.

Fuente: (González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 20)

2.15.5 Estructura de soporte.

Las estructuras soporte de los paneles fotovoltaicos son un componente que debe ser elegido con criterios de seguridad y de cumplimiento con la normativa sobre este tipo de instalaciones. En la figura 2.12 se muestra un ejemplo del tipo de estructura que puede utilizarse.



Figura 2.12: Estructura de soporte.

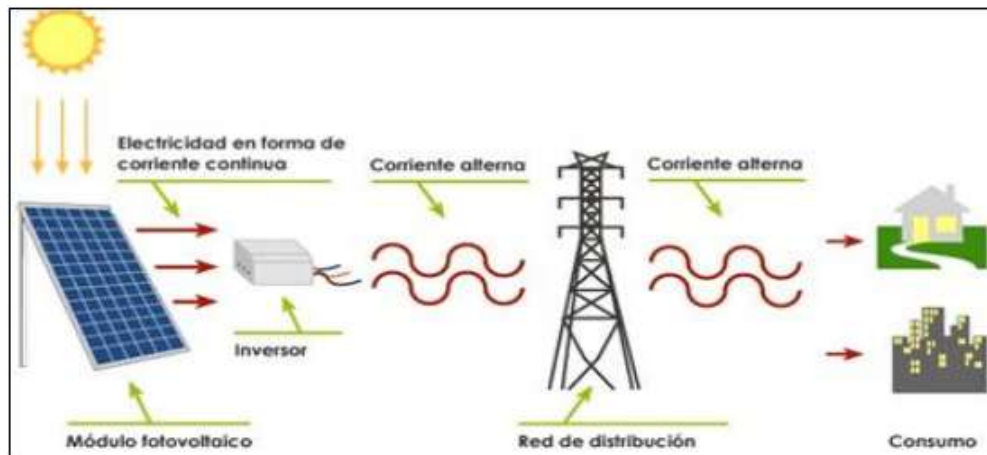
Fuente: (González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 22)

Es de considerar especialmente el parámetro de resistencia del soporte, ya que debe mantenerse estable entre vientos fuertes y soportar el sobrepeso que puede provocar la caída de nieve sobre paneles fotovoltaicos.

El número de puntos de sujeción para módulos fotovoltaicos debe ser el suficiente para asegurar su instalación sin que se produzca flexiones en los módulos de valor superior a las especificadas por el fabricante. Así mismo permitirá fijar el ángulo de inclinación que corresponda de un modo seguro y sin alteraciones ante vientos.(González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 22)

2.16 Esquema de un sistema fotovoltaico.

Estos módulos, al combinarse con inversores, baterías, cableado, componentes eléctricos, sistemas de montaje, en su conjunto componen el sistema fotovoltaico como se muestra en la figura 2.13.(Espinoza Muñoz, 2016, p. 4)



Fuente: RENOVATEC, Instalaciones Solares Fotovoltaicas, 2015

Figura 2.13: Instalación solar fotovoltaica.

Fuente: (Espinoza Muñoz, 2016, p. 4)

2.17 Protecciones eléctricas en el sistema fotovoltaico.

Los dos principales elementos de protección son el magnetotérmico y el fusible, que sirven como disparo de protección ante cortocircuitos y sobreintensidades. Ante protección como sobretensiones o sobrecargas, los dispositivos como el regulador o el inversor disponen de elementos internos que se encargan de esta tarea. (Martínez Borges, 2013, p. 51)

2.17.1 Protección de corriente directa.

En sistemas de mayor tamaño en donde la alimentación para algunos dispositivos de corriente directa (c.d.) no va a través del controlador, se tiene que incorporar un fusible en la terminal positiva de la batería. Cuando se acopla un fusible a la batería, se debe asegurar que toda la corriente que proviene de la batería tiene que pasar a través de esta terminal.

En los sistemas de corriente directa con circuitos múltiples, se recomienda acoplar fusibles a cada uno de los circuitos. Cuando se usen 12 V o 24 V en el sistema, se pueden usar fusibles de voltaje normal en los circuitos principales y, también, interruptores termomagnéticos; para voltajes mayores se deben usar fusibles especiales.(Martínez Borges, 2013, p. 51)

2.17.2 Protección de corriente alterna.

Los circuitos de corriente alterna (c.a), se alimentan por medio de un tablero principal de distribución. Este tablero debe estar conectado a tierra e incorporar una cinta de fuga a tierra que opere con un interruptor de falla a tierra, conocido como protección de falla a tierra.

Se recomienda instalar un interruptor desconectador de corriente alterna entre el inversor y el tablero de distribución. La instalación eléctrica, dentro de una casa o edificio, debe seguir las prácticas normales de las instalaciones eléctricas en cuanto a la selección de los conductores por ampacidad y caída de voltaje.(Martínez Borges, 2013, p. 51)

2.17.3 Protección contra sobrecorriente.

La norma técnica establece que todos los conductores que no estén puestos a tierra se deben proteger por un limitador de corriente. En un sistema fotovoltaico con múltiples fuentes de energía, el limitador de corriente debe proteger al conductor de la sobrecorriente de cualquier fuente conectada a ese conductor. Los diodos de corriente de bloqueo, reguladores de carga e inversores no se consideran limitadores de corriente, y deben de considerarse como cables de resistencia nula cuando se valoran las fuentes de sobrecorriente. Si el sistema fotovoltaico está conectado directamente a la carga sin uso de baterías de

almacenamiento u otra fuente de energía, no se precisa ninguna protección contra sobrecorriente, si los conductores se dimensionan al 156% de la corriente de corto circuito.(Martínez Borges, 2013, p. 52)

2.17.4 Fusibles limitadores.

Sistema aislado.- Se debe usar fusible limitador de corriente en cada conductor que parte de la batería y no este puesto a tierra para limitar la corriente que el banco de baterías puede entregar en un corto circuito, y reducir la corriente de cortocircuito a niveles que están disponibles con especificaciones 125, 300, y 600 V de corriente continua (corrientes de 0.1 a 600 amperes y capacidad de corte en corriente continua de 20000 amperes).(Martínez Borges, 2013, p. 52)

Sistema conectado a la red.- La práctica normal de las instalaciones eléctricas exige que el equipo de entrada del servicio cuente con dispositivos de protección contra fallas de corriente que puedan interrumpir las posibles corrientes de cortocircuito. Este requerimiento se aplica a cualquier sistema de acondicionamiento de potencia en el lado de la compañía suministradora en una instalación fotovoltaica. Si el servicio es capaz de entregar corrientes de falla superiores al desconectar los dispositivos contra sobrecorriente usados para conectar el inversor del sistema, entonces, se deben utilizar dispositivos limitadores de corriente.(Martínez Borges, 2013, p. 53)

2.18 Efecto fotoeléctrico

El montaje mostrado en la Figura 2.14, consiste de dos placas metálicas dentro de un tubo al vacío, conectadas por un conductor a una fuente de voltaje continuo. En dicho tubo no hay corriente inicialmente, pero cuando se hace incidir

luz de cierta frecuencia sobre una de las placas, aparece una corriente por el conductor.(Miranda Escobar, 2016, p. 9)

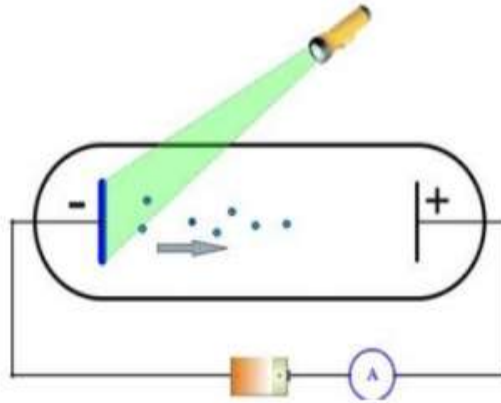


Figura 2.14: Efecto fotoeléctrico.

Fuente: (Miranda Escobar, 2016, p. 9)

2.19 Rendimiento y efecto de la temperatura.

La eficiencia de la conversión de la energía es el porcentaje de energía solar absorbida por el panel que efectivamente es convertida en energía eléctrica, y se calcula como:

$$\eta = \frac{\text{Potencia eléctrica}}{\text{irradiancia} \cdot \text{área panel}}$$

Figura 2.15: Rendimiento de energía solar.

Fuente: (Miranda Escobar, 2016, p. 12)

En la actualidad las celdas fotovoltaicas alcanzan eficiencias que van entre 15% y 20%, dependiendo de la tecnología utilizada para su construcción.

La eficiencia de una celda solar se ve afectada por las condiciones ambientales que la rodean, como el polvo, sombras, humedad y temperatura, las que hacen que la curva de carga se modifique. En particular, la temperatura tiene un efecto negativo en el rendimiento del panel; a medida que la temperatura aumenta, el voltaje máximo que puede alcanzar el panel disminuye, como se muestra en la figura 2.16, con lo que disminuye la potencia generada. (Miranda Escobar, 2016, p. 12)

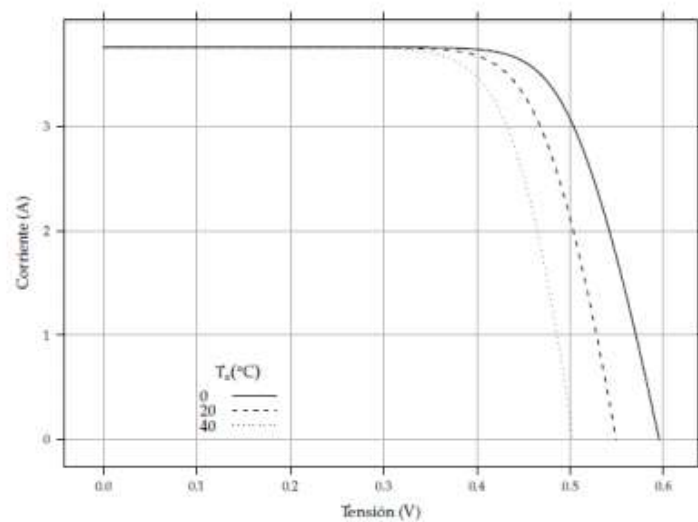


Figura 2.16: Efecto de la temperatura sobre la curva de tensión.

Fuente: (Miranda Escobar, 2016, p. 12)

2.20 Aplicaciones de las celdas fotovoltaicas.

En la actualidad las aplicaciones de los paneles fotovoltaicos son diversas, en décadas pasadas la energía solar era exclusivamente usada para zonas aisladas y de difícil acceso, pero a partir de los años 90's se lanzó una importante propuesta para la instalación de paneles fotovoltaicos, principalmente en EU, y Japón.

Una de las ventajas que hay en el uso de los sistemas fotovoltaicos es la protección catódica, es un método de protección para las estructuras metálicas contra la corrosión se lo utiliza aplicable a puentes, tuberías, edificios, estanques, perforaciones y líneas ferroviarias. Para alcanzar la protección catódica se aplica un pequeño voltaje negativo a la estructura de metal y éste evita que se oxide.

El terminal positivo de la fuente es conectado a un ánodo galvánico o de sacrificio que es generalmente un pedazo del metal de desperdicio, que es corroído en vez de la estructura que se desea proteger. Las celdas fotovoltaicas se utilizan para proporcionar este voltaje.(Aguilera González & Sandoval Espinosa, 2015, p. 28)

2.21 Ventajas y desventajas de la energía solar.

2.21.1 Ventajas.

- Fuente inagotable de energía.
- Escaso impacto ambiental.
- No consume combustible fósil.
- No hay dependencia de las compañías suministradoras.
- Tiene una vida útil superior a 20 años.
- Distribuida a nivel mundial.
- Se puede aumentar la capacidad instalada y la autonomía de la instalación.

2.21.2 Desventajas

- Se precisan sistemas de acumulación, baterías, que contienen agentes químicos peligrosos.

- Puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles solares en caso de grandes instalaciones.
- Impacto visual negativo si no se cuida la integración de los modelos solares en el entorno.
- Costos elevados por la tecnología que se utiliza.(González Salazar & Francisco Javier, 2016, p. 13)

2.22 Mercado fotovoltaico mundial.

Considerando que el año 2004 la inversión en energía solar fotovoltaica alcanzaba los 45 billones de dólares a nivel mundial, es remarcable como el año 2013 esta inversión alcanzó los 232 billones de dólares, mientras que el 2014 se invirtieron cerca de 270 billones de dólares, presentando un aumento del 16% anual aproximado. Cabe aclarar que, para el presente trabajo, un billón equivale a un millón de millones.

En el mercado mundial se ha visto un aumento sostenido de la capacidad instalada en los últimos diez años, donde se ha pasado de 3,7 GW instalados en el año 2004 a 138 GW en el año 2013 y 177 GW el 2014, mostrando un incremento porcentual del 28,3% durante el último año, como se muestra en la figura 2.17.(Espinoza Muñoz, 2016, p. 8)

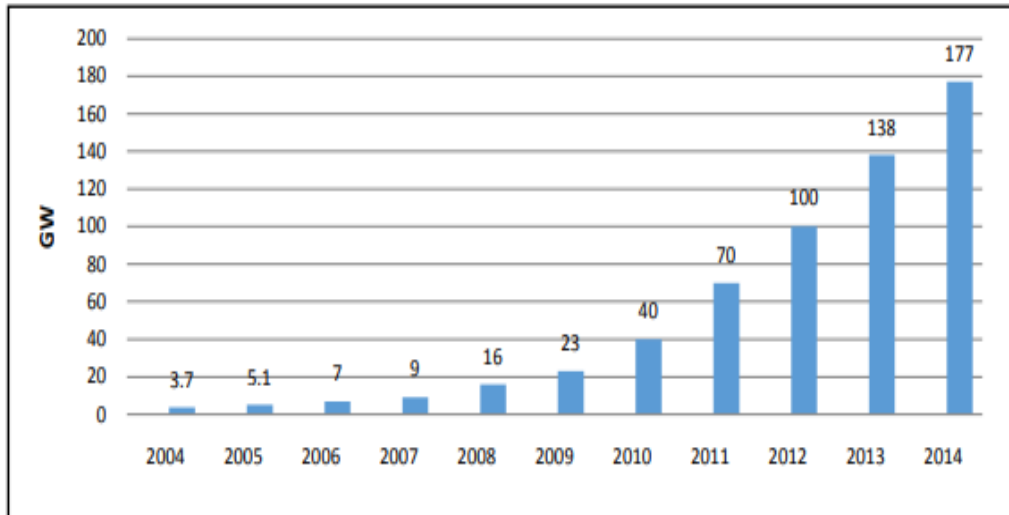


Figura 2.17: Potencia mundial solar fotovoltaica instalada.

Fuente: (Espinoza Muñoz, 2016, p. 8)

A modo de proyección de la energía fotovoltaica que será demandada en los próximos años, se estima en un escenario pesimista que la cantidad duplicará la actual al año 2019 alcanzando los 396 GW, mientras que en un escenario optimista la capacidad instalada puede llegar a triplicarse, alcanzando los 540 GW, como se muestra en la figura 2.18.(Espinoza Muñoz, 2016, p. 8)

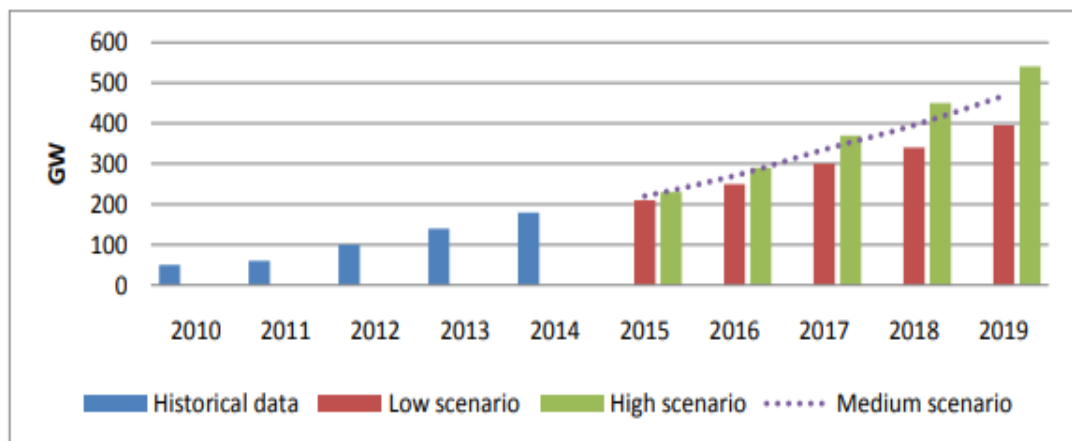


Figura 2.18: Proyección de potencia instalada a nivel mundial.

Fuente: (Espinoza Muñoz, 2016, p. 8)

2.23 Generalidades de confiabilidad de los equipos.

Se define como confiabilidad a la probabilidad de que un equipo opere satisfactoriamente durante un intervalo de tiempo definido. La confiabilidad de un equipo puede interpretarse como la ausencia de fallas o la probabilidad de que un equipo no falle en un intervalo de tiempo y se puede definir, en función del tiempo, con una función de distribución exponencial; la figura 2.19 muestra la función de confiabilidad de un equipo para tasas de fallos constantes. (Novoa Guamán, 2015, p. 50)

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

- R(t): Confiabilidad de un equipo en función del tiempo.
- λ : Tasa de fallos del equipo.
- t: Tiempo de análisis de confiabilidad.

Figura 2.19: Ecuación de función de confiabilidad.

Fuente: (Novoa Guamán, 2015, p. 50)

Para determinar la confiabilidad de un equipo primero es necesario conocer la tasa de fallos del equipo, la cual se indica la cantidad de equipos que fallan en un intervalo de tiempo determinado, la tasa de fallos se determina con datos del fabricante, mediciones y cálculos realizados en diversos equipos de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas y aisladas de la red, luego de permanecer varios años en operación. (Novoa Guamán, 2015, p. 50)

2.24 Generalidades de pruebas en los equipos.

Se define como prueba al conjunto de actividades que permiten evaluar el estado de un equipo o las partes que lo conforman. Su principal característica es que se realizan en base a normas y a indicaciones del fabricante. (Novoa Guamán, 2015, p. 51)

Las pruebas se pueden clasificar de la siguiente manera:



Figura 2.20: Clasificación de las pruebas.

Fuente: (Novoa Guamán, 2015, p. 51)

Las pruebas destructivas no serán permitidas en ningún caso sobre equipos que se encuentren ya operando, es necesario cumplir con las restricciones establecidas en la garantía del fabricante.

Las pruebas van desde la inspección visual hasta el megado de un cable por ejemplo, las pruebas más sencillas no requieren de mayor cuidado y se pueden realizar fácilmente, sin embargo existen pruebas de mayor grado de complejidad

que requieren de personal especializado y que deben realizarse según alguna metodología aprobada en norma. (Novoa Guamán, 2015, p. 51)

EL objetivo de una prueba es verificar el correcto funcionamiento de algún equipo o componente, la interpretación de resultados tras finalizar la ejecución de una prueba es vital para evaluar un equipo. Los resultados deben analizarse y compararse con criterios de bondad que permita conocer si un equipo necesita ser intervenido a fin de asegurar su normal funcionamiento.

Como criterio general las pruebas no deben afectar al normal funcionamiento de los equipos y su metodología debe asegurar en todo momento la vida del personal que realiza la prueba.(Novoa Guamán, 2015, p. 52)

2.25 Generalidades de mantenimiento preventivo y correctivo.

El mantenimiento de un equipo es el conjunto de actividades programadas y no programadas que permiten asegurar índices de rendimiento y disponibilidad de funcionamiento de los equipos que conforman una central fotovoltaica. Las labores de mantenimiento tienen como objetivo asegurar al menos el tiempo de vida útil ofertado por el fabricante.(Novoa Guamán, 2015, p. 52)

Se entiende por mantenimiento a todas las actividades que permiten la operación continua y eficiente de la totalidad de componentes que conforman una central fotovoltaica.

Las labores de mantenimiento están relacionadas con el porcentaje de fallas que existe en una central fotovoltaica durante su tiempo de vida útil, tal como se muestra en la siguiente figura.

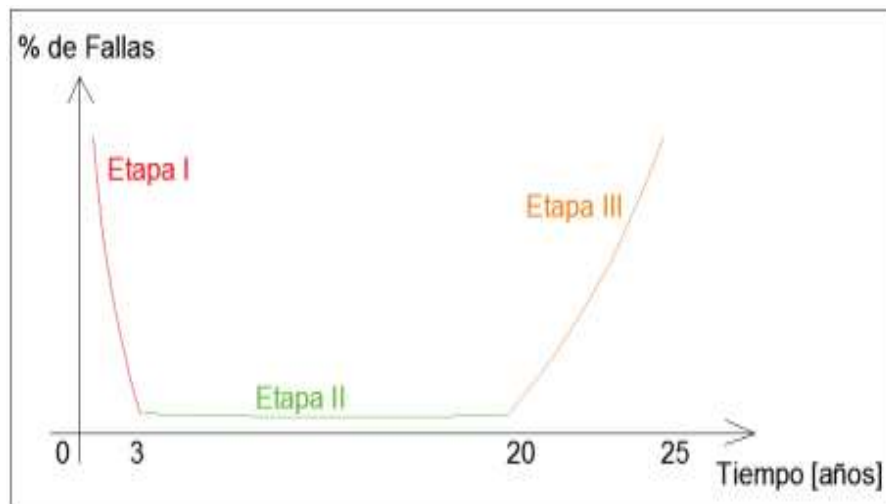


Figura 2.21: Relación entre el porcentaje de fallas y el tiempo de vida de una central fotovoltaica.

Fuente: (Novoa Guamán, 2015, p. 52)

Analizando la figura 2.21 tenemos que:

Etapa I: Esta etapa se la conoce como de niñez, va desde la instalación de la central fotovoltaica hasta los 2 o 3 años de operación. Durante este período existe un elevado porcentaje de fallas debidas básicamente a la puesta en marcha y a la mala instalación de la central fotovoltaica. (Novoa Guamán, 2015, p. 53)

Etapa II: Esta etapa se la conoce como de madurez, va desde los 2 o 3 años hasta cerca de los 20 años de operación. Durante este período existe un bajo porcentaje de fallas debidas básicamente a defectos de fábrica en los equipos o a su funcionamiento a la intemperie.

Etapa III: Esta etapa se la conoce como de vejez, va desde los 20 años hasta cerca de los 25 años. Durante este período los equipos fallan debido a que se ha cumplido su tiempo de vida útil.

En el aspecto económico, el costo de operación y mantenimiento suele ser bajo en comparación con la pérdida de producción y el costo asociado a la reparación de algún fallo. En una central fotovoltaica los costos de operación y mantenimiento varían entre el 3% y 4% de sus ingresos por producción de electricidad.(Novoa Guamán, 2015, p. 53)

2.26 Tipos de mantenimiento.

2.26.1 Mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo corresponde al conjunto de actividades que permiten anticipar un posible fallo de algún equipo o componente antes de que ocurra; este tipo de mantenimiento permite planificar acciones preventivas a fin de evitar que la posible falla se vuelva real. El mantenimiento predictivo es posible cuando se dispone de un conjunto de pruebas predictivas, registros históricos y de un sistema de monitoreo especializado que permita llevar un análisis continuo de los parámetros de operación de los equipos.(Novoa Guamán, 2015, p. 53)

Ventajas:

- Permite anticipar fallos específicos en los equipos.

Desventajas:

- Elevado costo del equipo especializado para pruebas de mantenimiento preventivo en los equipos.
- El personal que interprete los resultados debe ser calificado y con experiencia.(Novoa Guamán, 2015, p. 54)

2.26.2 Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es el conjunto de actividades programadas que tienen por objetivo evitar fallos en los equipos, debido al desgaste normal de sus componentes a corto, mediano y largo plazo. El análisis histórico del comportamiento de los equipos al igual que el conocimiento y experiencia con los mismos son de ayuda para la ejecución del mantenimiento preventivo. (Novoa Guamán, 2015, p. 54)

Ventajas:

- Permite evitar fallos en los equipos y a su vez el mantenimiento correctivo.
- El costo de este mantenimiento es bajo considerando que se puede evitar el paro de la producción y los costos de mantenimiento correctivo.
- Permite aumentar la disponibilidad y el tiempo de vida útil de los equipos.
- Se puede planificar la frecuencia y las condiciones para realizar las actividades de mantenimiento.
- Se puede evitar el riesgo de falta de repuestos, herramientas y recursos solicitándolos con anticipación.

Desventajas:

- El costo del mantenimiento preventivo requiere una inversión inicial en equipos, herramientas, personal capacitado, entre otros, dicha inversión resulta viable solamente con un contrato de operación y mantenimiento de al menos 3 años.
- Se debe analizar a detalle las actividades de mantenimiento preventivo a fin de realizar sólo aquellas que sean imprescindibles, las actividades innecesarias elevan el costo de mantenimiento y añaden el riesgo de

afectar a equipos que permanecían y operaban en perfecto estado antes del mantenimiento.(Novoa Guamán, 2015, p. 55)

2.26.3 Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo es el conjunto de actividades no programadas que se ejecutan posterior a un evento de falla y que tienen como fin corregirlo. Se aplica en equipos donde su salida de operación no afecta a la producción y en los cuales el costo de la reparación es bajo comparado con las actividades de mantenimiento preventivo.(Novoa Guamán, 2015, p. 55)

Ventajas:

- Permite corregir fallas en los equipos.

Desventajas:

- La reparación del fallo implica la interrupción de funcionamiento del equipo averiado.
- Tiempo elevado de reparación y puesta en servicio. La disponibilidad del equipo se reduce.
- La falla de un componente o de un equipo puede generar fallos de mayor importancia en el mismo u otro equipo de la instalación.
- El riesgo de no disponer de repuestos y de acortar la vida útil de los equipos es elevado.
- Es el mantenimiento de mayor costo dado que incluye el costo de la reparación, repuestos y la pérdida de producción durante el tiempo que tome reparar la falla.(Novoa Guamán, 2015, p. 55)

2.27 Gestión de mantenimiento.

La gestión del mantenimiento es la herramienta administrativa que permite complementar la parte técnica del servicio de operación y mantenimiento. (Novoa Guamán, 2015, p. 55)

Desde el punto de vista administrativo la operación y mantenimiento de una central fotovoltaica comienza con los siguientes ítems:

- Contrato de operación y mantenimiento de al menos 3 años.
- Inventario de equipos instalados.
- Inventario de equipos o componentes de repuesto.
- Manuales de cada equipo y componente de la central fotovoltaica.
- Planos eléctricos, civiles, de comunicaciones, entre otros.
- Garantías de los equipos.

Luego del inicio formal del servicio de operación y mantenimiento éste se debe gestionar en base a las siguientes herramientas:

- Plan de mantenimiento anual.
- Órdenes de trabajo.
- Procedimientos técnicos.
- Informes técnicos.

Para el personal encargado de operación y mantenimiento serán de ayuda las herramientas administrativas:

- Codificación e identificación clara y exacta de cada equipo de una central fotovoltaica.

- Registro histórico del número de operación de los equipos o componentes que basan su mantenimiento en este principio.
- Registro histórico del tiempo de operación de los equipos que basan su mantenimiento en este principio.
- Registro histórico de actividades de mantenimiento
- Registro histórico de eventos o fallas.
- Control del inventario de equipos y repuestos.(Novoa Guamán, 2015, p. 56)

Si bien todas las anteriores herramientas permiten llevar a cabo técnicamente las labores de operación y mantenimiento no se debe dejar de lado la parte económica, misma que en ocasiones limita las labores de operación y mantenimiento. Antes de programar cada actividad de operación y mantenimiento se debe tener en cuenta principalmente los costos de:

- Sueldo del personal técnico, administrativo y de apoyo de operación y mantenimiento.
- Equipos y herramientas asociadas a cada actividad de operación y mantenimiento.
- Visitas programadas y no programadas a la central fotovoltaica.

Todo esto a fin de que la operación y mantenimiento sea viable económicamente en el tiempo y no sea un impedimento a la hora de su implementación en una central fotovoltaica.(Novoa Guamán, 2015, p. 57)

2.28 Pérdidas de un sistema fotovoltaico.

Los sistemas fotovoltaicos presentan pérdidas debidas, tanto a su proceso de fabricación, como a su propia estructura y material de construcción. Además, los

sistemas fotovoltaicos pueden estar sometidos a distintas condiciones externas que provocan pérdidas adicionales de producción.(Zamudio Florido, 2015, p. 15)

2.29 Tipos de pérdidas de un sistema fotovoltaico.

2.29.1 Pérdidas por temperatura.

Las pérdidas de potencia debidas a la temperatura son del orden de un 4 ó un 5 % por cada 10 °C de aumento de temperatura de operación dependiendo del tipo de célula utilizada en la construcción del panel fotovoltaico. La temperatura de operación depende tanto de la temperatura ambiente, del viento y demás factores ambientales como de la tecnología utilizada para la fabricación y funcionamiento de los paneles, ya sea sistemas de refrigeración, posición, tecnología de concentración, etc. Para minimizar pérdidas debidas a las temperaturas, se deben elegir equipos con un menor coeficiente de pérdida por temperatura y la ubicación para que éste se refrigere de manera más eficiente.(Zamudio Florido, 2015, p. 15)

2.29.2 Pérdidas por conexionado.

Éstas se producen cuando se conectan módulos de distinto valor de potencia. Debido a su naturaleza y a las distintas técnicas de fabricación, los módulos fotovoltaicos presentan valores de potencia ligeramente diferentes, por lo que cuando se conectan entre sí, el de menor valor de potencia limita a los demás. Estas pérdidas son llamadas también pérdidas de mismatch y tienen su origen en las características eléctricas de los módulos.(Zamudio Florido, 2015, p. 15)

2.29.3 Pérdidas por polvo y suciedad.

Una vez instalado el sistema, es prácticamente inevitable el depósito de polvo y suciedad sobre la superficie de captación. Este tipo de pérdidas, al igual que las

pérdidas provocadas por sombras, provocan una reducción de la captación de irradiación solar y pueden provocar pérdidas por mismatch y formación de puntos calientes si la suciedad es localizada. Las pérdidas suelen ser de alrededor de un 4% y dependerá del lugar y frecuencia de lluvias.(Zamudio Florido, 2015, p. 16)

2.29.4 Pérdidas angulares.

La potencia nominal de un módulo fotovoltaico se mide para unas condiciones estándar que implican, entre otras cosas, que la incidencia de los rayos solares se produce de manera perpendicular a la superficie de captación. En condiciones normales, en la mayoría de los sistemas de captación, la incidencia de los rayos no se produce de manera perpendicular, por lo que se producirán pérdidas que serán mayor cuanto mayor sea la diferencia entre el ángulo de incidencia y la normal al plano de captación.(Zamudio Florido, 2015, p. 17)

2.29.5 Pérdidas por caídas óhmicas.

Se producen pérdidas originadas por las caídas de tensión producidas en el cableado eléctrico. Estas pérdidas han de minimizarse durante la fase de diseño. Para ello, es necesario seleccionar los conductores de manera adecuada consiguiendo una solución de compromiso entre el coste del cableado y las pérdidas generadas por el mismo.(Zamudio Florido, 2015, p. 18)

2.29.6 Pérdidas por explotación y mantenimiento.

Esas pérdidas están generadas por los trabajos necesarios de mantenimiento preventivo o correctivo en caso de averías. Mientras mayor sea el tiempo dedicado a ese tipo de trabajos, mayores serán las pérdidas.(Zamudio Florido, 2015, p. 18)

2.30 Medios de desconexión.

Un sistema fotovoltaico es un sistema de generación de energía eléctrica, y es necesario un número mínimo de desconectadores para tratar la potencia de generación. Los sistemas en ocasiones se mantienen por el personal sin experiencia, por lo tanto, el sistema de desconexión debe diseñarse para proporcionar seguridad, confiabilidad y fácil ejecución.

El número de desconectadores varía desde cero para una lámpara alimentada por energía fotovoltaica, hasta los encontrados en una sala de control, generalmente algunos inspectores locales no exigen desconectadores en los sistemas fotovoltaicos totalmente cerrados. Sin embargo, estas condiciones cambian cuando aumenta la complejidad del dispositivo y se necesita cablear módulos, baterías y controladores de carga que tienen contactos exteriores, y que posiblemente serán utilizados y mantenidos por personal no autorizado. (Martínez Borges, 2013, p. 55)

2.30.1 Desconector del campo fotovoltaico.

Los conductores portadores de corriente que provienen de la fuente de potencia fotovoltaica deben estar provistos de una desconexión, incluyendo al conductor puesto a tierra si es que existe. Los conductores que o estén puestos a tierra deben tener un cortocircuito para su desconexión. Los conductores de puesta a tierra que suelen permanecer conectados todo el tiempo, deben tener una desconexión tipo tornillo que pueda usarse para operaciones de mantenimiento y cumplir con las exigencias de las normas técnicas para instalaciones eléctricas.

En un sistema fotovoltaico de 12 V o 24 V, aislado a tierra, tanto el conductor positivo como el negativo deben llevar un interruptor, ya que ninguno está puesto

a tierra. Como todas las instalaciones deben tener un sistema de puesta a tierra del equipo, se pueden reducir los costos poniendo a tierra los sistemas de 12 o 24 V y usando desconectores unipolares en el resto de los conductores no puestos a tierra.(Martínez Borges, 2013, p. 55)

2.30.2 Desconexión del equipo.

Cada equipo que forme parte del sistema fotovoltaico debe tener desconectores para interrumpirla de todas las fuentes de potencia. Los desconectores deben ser cortacircuitos y cumplir con todas las previsiones. Los interruptores de corriente continua son de un costo elevado; por tanto, la disponibilidad de interruptores de corriente continua de precio moderado con especificaciones de hasta 48 V y 70 A podría incentivar su uso en todos los sistemas de 12 V y 24 V. Los cortacircuitos pueden servir tanto de dispositivos de desconexión como limitadores de corriente cuando se colocan adecuadamente y se usa con especificaciones aprobadas. En sistemas sencillos, un interruptor que desconecta el campo fotovoltaico y otro que desconecte la batería pueden ser suficiente.

Un inversor de 2000 W en un sistema de 12 V puede entregar casi 200 amperes a plena carga. Los desconectores deben estar especificados para soportar esta carga, y tener un poder de corte adecuado.(Martínez Borges, 2013, p. 56)

2.30.3 Desconexión de la batería.

Para el caso que se desconecte la batería en un sistema aislado, ya sea manualmente o por medio de actuación de un fusible o cortacircuito, es necesario que el sistema de generación fotovoltaico no se quede conectado con la carga. Las cargas pequeñas pueden provocar que la tensión del campo fotovoltaico

aumente desde los niveles normales de carga de la batería hasta la tensión de circuito abierto, lo que podría dañar los componentes eléctricos.

El problema se puede evitar colocando cortacircuitos multipolares y acoplados, o desconectores con fusibles acoplados. (Martínez Borges, 2013, p. 56)

2.31 Historia de la energía solar fotovoltaica.

Según la Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF), la energía solar fotovoltaica tiene el siguiente proceso de evolución. (Macancela Zhumi, 2012, p. 26)

- 1839, es el punto de partida de la energía solar fotovoltaica, surge con el descubrimiento del efecto fotovoltaico, por el físico francés Edmund Becquerel.
- 1873, Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en el selenio.
- CONVENIO: CENTROSUR - UNIVERSIDAD DE CUENCA
- 1877, W.G. Adams y R.E. Day, construyen la primera célula fotovoltaica de selenio.
- 1904, Albert Einstein publica un artículo explicando el efecto fotovoltaico.
- 1921, Einstein gana el premio Nobel de física, por su artículo publicado en 1904.
- 1954, los investigadores de los Laboratorios Bell en Murray Hill, New Jersey, construyen la primera célula de silicio.
- 1955, La industria americana fabrica elementos solares fotovoltaicos para aplicaciones espaciales. Hoffman Electronic, empresa de los EE.UU. ofrece células de 14 mW y 3% de rendimiento.
- 1957, Hoffman Electronic alcanza el 8 % de rendimiento en sus células.

- 1958, El 17 de marzo se lanza el Vanguard I, primer satélite alimentado con energía solar.
- 1959, Hoffman Electronic alcanza el 10 % de rendimiento en sus células comerciales.
- 1962, Se lanza el primer satélite comercial de telecomunicaciones, el Telstar, con una potencia fotovoltaica de 14W.
- 1963, Sharp consigue una forma práctica de producir módulos de silicio; en Japón se instala un sistema de 242W en un faro, el más grande en aquellos tiempos.
- 1964, El navío espacial Nimbus se lanza con 470W de paneles fotovoltaicos.
- 1966, El observatorio astronómico espacial lleva 1kW de paneles solares.
- 1973, La producción mundial de células es 100 kW. El Skylab lleva 20kW de paneles.
- 1975, Las aplicaciones terrestres superan a las aplicaciones espaciales.
- 1977, La producción de paneles solares fotovoltaicos en el mundo es de 500 kW.
- 1980, ARCO Solar es la primera empresa que alcanzó, una fabricación industrial de 1 MW de módulos al año.
- 1983, La producción mundial excede los 20 MW al año.
- 1994, Se celebra la primera Conferencia Mundial fotovoltaica en Hawai.
- 1998, Se alcanza un total de 1.000 MWp de sistemas fotovoltaicos instalados.
- 2004, Se producen más de 1.000 MW de módulos fotovoltaicas al año.

- 2007, Se producen más de 2.000 MW de módulos fotovoltaicas al año.(Macancela Zhumi, 2012, p. 27)

2.32 Zonas del Ecuador según irradiación solar.

ZONAS	kWh/m ² .día
Zona I:	3200 a 3600
Zona II:	3600 a 4000
Zona III:	4000 a 4400
Zona IV:	4400 a 4800
Zona V:	4800 a 5200

Figura 2.22: Zonas del Ecuador según irradiación solar.

Fuente: (INEN, 2009, p. 23)

2.33 Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador.

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m ² .día promedio	ZONA
Carchi	Tulcán	4140	II
Esmeraldas	Esmeraldas	4350	II
Imbabura	Ibarra	4560	IV
Manabí	Portoviejo	4160	III
Pichincha	Quito	4990	IV
Tsachilas	Sto. Domingo	3440	III
Cotopaxi	Latacunga	4420	IV
Napo	Tena	4350	II
Santa Elena	Salinas	4360	II
Guayas	Guayaquil	4370	III
Los Ríos	Babahoyo	3780	III
Bolívar	Guaranda	4800	IV
Tungurahua	Ambato	4550	III
Chimborazo	Riobamba	4490	II
Pastaza	Puyo	3800	II
Cañar	Azogues	4500	III
Morona Santiago	Macas	4090	II
Azuay	Cuenca	4350	II
El Oro	Machala	4200	II
Loja	Loja	4350	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4350	II
Galápagos	Puerto Ayora	5835	V

Figura 2.23: Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador.

Fuente: (INEN, 2009, p. 23)

2.34 Valores mensuales promedio de irradiación solar para Quito y Guayaquil.

RADIACIÓN SOLAR GLOBAL PROMEDIO MENSUAL EN QUITO Y GUAYAQUIL kWh/m².día			
Sitio	Quito centro	Quito norte	Guayaquil
Latitud	0,22 S	0,13 S	2,2 S
Longitud	78,48 W	78,48 W	79,88 W
Elevación msnm	2850	2812	6
Años lectura	25	4	9
Ene	4,48	4,94	4
Feb	4,6	4,64	4,17
Mar	4,68	4,78	4,67
Abr	4,35	4,53	4,58
May	4,55	4,83	4,56
Jun	4,28	4,69	3,86
Jul	5,22	5,53	4,17
Ago	5,1	5,47	4,5
Sep	5,11	4,89	4,67
Oct	4,68	5,25	4,56
Nov	4,39	5,14	4,31
Dic	4,69	5,14	4,44
Promedio	4,68	4,99	4,37

Figura 2.24: Valores mensuales promedio de irradiación solar para Quito y Guayaquil.

Fuente: (INEN, 2009, p. 24)

Mientras no se disponga de un sistema actualizado de la información de radiación solar en el Ecuador, se pueden usar estos datos confirmándolos con datos reales medidos en el sitio donde se instalará el sistema solar térmico, al menos con datos de 12 meses anteriores.(INEN, 2009, p. 24)

2.35 Pronóstico máximo diario de índice ultravioleta.

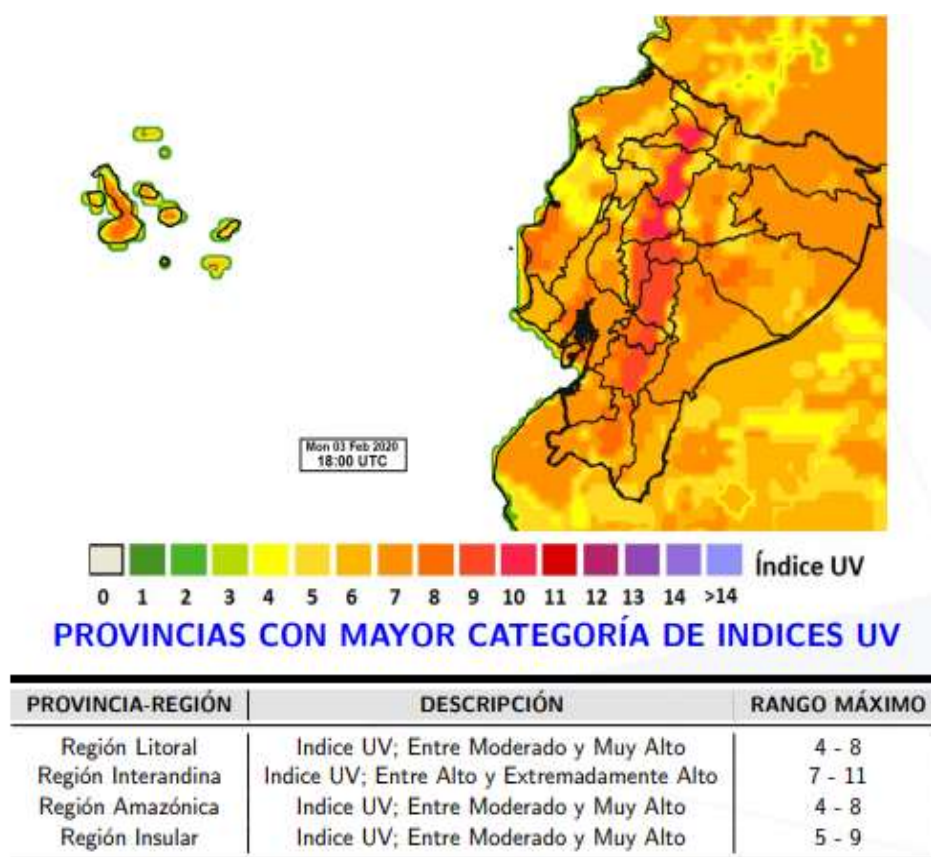


Figura 2.25: Pronóstico máximo diario de índice ultravioleta.

Fuente: (INAMHI, 2020, p. 1)

2.36 Normativas sobre Energías Renovables.

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR), acorde con su naturaleza jurídica de órgano rector y planificador del sector eléctrico; y en cumplimiento de las atribuciones y los deberes establecidos en la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, ha elaborado, en coordinación con las entidades y empresas del sector eléctrico, el Plan Maestro de Electricidad, (PME), para el período 2016 – 2025, en concordancia con las disposiciones Constitucionales, Legales y Reglamentarias vigentes, con el Plan Nacional de Desarrollo; así como también, con la política nacional emitida por el

señor Presidente de la República.(Chicaiza Chacha & Quisaguano Escobar, 2018, p. 35)

2.37 Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables

(MERNNR)

Art. 11.- Naturaleza jurídica. - Es el órgano rector y planificador del sector eléctrico. Le corresponde definir y aplicar las políticas; evaluar que la regulación y control se cumplan para estructurar un eficiente servicio público de energía eléctrica; la identificación y seguimiento d& la ejecución de proyectos; otorgar títulos habilitantes; evaluar la gestión del sector eléctrico; la promoción y ejecución de planes y programas de energías renovables; los mecanismos para conseguir la eficiencia energética, de conformidad con lo dispuesto en la Constitución y la ley.(Chicaiza Chacha & Quisaguano Escobar, 2018, p. 35)

Art. 12.- Atribuciones y deberes. - Son atribuciones y deberes del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables en materia eléctrica, energía renovable y eficiencia energética.

Las disposiciones 9 y 15 de la Normativa acerca de las disposiciones de la energía renovable dicen lo siguiente:

9.- Impulsar la investigación científica y tecnológica en materia de electricidad, energía renovable y eficiencia energética;

15.- Mantener actualizado el inventario de los recursos " energéticos del país con fines de producción eléctrica.(Chicaiza Chacha & Quisaguano Escobar, 2018, p. 36)

2.38 Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica.

Artículo 1.- tiene por objeto garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla los principios constitucionales de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad, calidad, sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia, para lo cual, corresponde a través del presente instrumento, normar el ejercicio de la responsabilidad del Estado de planificar, ejecutar, regular, controlar y administrar el servicio público de energía eléctrica.(Chicaiza Chacha & Quisaguano Escobar, 2018, p. 36)

2.39 Normativas de Energía, Calidad y Ahorro Energético.

El 9 de julio de 2007, mediante Decreto Ejecutivo N° 475, el Gobierno del Ecuador escindió el Ministerio de Energía y Minas en dos ministerios: el Ministerio de Minas y Petróleos y el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR). La Constitución de la República del Ecuador, publicada en el Registro Oficial 449 del 20 de octubre de 2008, en el artículo 413 establece que “El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables diversificadas, de bajo impacto, que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas y el derecho al agua”. Esto se refleja en el objetivo 7 del Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (PNBV) en las políticas y lineamientos estratégicos 7.7, 7.8 y 7.9, que señalan la necesidad de “Implementar tecnologías, infraestructuras y esquemas tarifarios para incentivar la eficiencia energética en los diferentes sectores de la economía”, así como “Promover patrones de consumo conscientes, sostenibles y eficientes con criterios de suficiencia dentro de los límites del planeta”. En el

Registro Oficial N° 418 del 16 de enero de 2015, se publicó la Ley Orgánica del Servicio Público de la Energía Eléctrica (LOSPEE), que establece que el MERNNR es el órgano rector y planificador del Sector Eléctrico y le corresponde definir y aplicar las políticas; evaluar que la regulación y control se cumplan para estructurar un eficiente servicio público de energía eléctrica; identificar y dar seguimiento a la ejecución de proyectos; otorgar títulos habilitantes, y evaluar la gestión del sector Eléctrico, la promoción y ejecución de planes y programas de energías renovables y los mecanismos para conseguir la eficiencia energética, de conformidad con lo dispuesto en la Constitución y la Ley. Así también, en el Artículo 12, Capítulo II, Título III, de dicha ley, se establece entre sus atribuciones y deberes la elaboración del Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE). Por otro lado, la Agenda Nacional de Energía (ANE), elaborada por el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE), plantea como su objetivo lograr “un Ecuador con uso eficiente de la energía”, y establece entre los lineamientos y acciones para su consecución:

- Mantener una institucionalidad sólida para la eficiencia energética para garantizar su transversalidad.
- Garantizar la implementación de la eficiencia energética sobre la planificación adecuada.
- Incrementar la calidad y optimizar la gestión de la información sobre los usos energéticos.
- Sostener la eficiencia energética sobre un marco normativo sólido
- Alentar la creación de mecanismos de mercado y promover la gestión de los esquemas de financiamiento para la eficiencia energética.
- Impulsar la adopción de conductas eficientes en materia energética.

- Formar y certificar expertos en eficiencia energética en cumplimiento a lo establecido anteriormente.(Chicaiza Chacha & Quisaguano Escobar, 2018, p. 38)

Capítulo 3

Diseño y Cálculo

3.1 Información general de la finca.

La finca Macondo se encuentra ubicada en la comuna El Petrillo, Cantón Daule, Provincia del Guayas. Posee una dimensión de 30 x 200 mt. El sistema fotovoltaico busca reemplazar el uso de generadores que utilizan combustible fósil y con ello disminuir la contaminación al medio ambiente.

El lugar tiene una pequeña vivienda de una planta, una cancha de fútbol con una capacidad para 12 personas, también se utiliza una sección de terreno para la agricultura.

Latitud: -1.9615345

Longitud: -80.0001619



Figura 3.26: Ubicación de la finca en el mapa digital.

Fuente: El Autor

3.2 Dimensionamiento.

Se realizó un estudio de carga para el diseño del sistema fotovoltaico, se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 3.1: Demanda de la Finca Macondo.

Cargas	Cantidad	Potencia	Potencia Total	Horas	Energía
Casa					
Focos (led)	7	9 W	63 W	4 h	252 W/h
Refrigeradora	1	146 W	146 W		901 W/h
Televisión	1	85 W	85 W	1 h	85 W/h
Ventilador	3	60 W	180 W	6 h	1080 W/h
Exteriores					
Reflectores	8	250 W	2000 W	1 h	2000 W/h
Lámpara	2	96 W	192 W	1 h	192 W/h
Bomba	2	372 W	744 W	1 h	744 W/h
Bomba	1	1500 W	1500 W	2 h	3000 W/h
Total			4910 W		8254 W/h

Fuente: El Autor.

3.3 Ubicación de interpolación de temperatura.

Se utilizó la aplicación Meeonorm para obtener datos del comportamiento solar en la ubicación exacta de la finca, esta aplicación nos entregó los siguientes datos.

Tabla 3.2: Interpolación de temperatura.

Mes	H_Gh	H_Dh	H_Gkhor	H_Dkhor	H_Bnhor	Ta
	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[°C]
Enero	137	70	123	67	100	26.3
Febrero	143	76	133	73	95	26.0
Marzo	169	73	165	72	135	26.3
Abril	153	72	157	73	116	26.6
Mayo	151	74	161	77	116	25.7
Junio	131	69	142	72	96	24.2
Julio	122	69	130	71	79	23.6
Agosto	140	84	145	85	79	23.5
Setiembre	157	89	156	89	95	23.8
Octubre	156	84	148	82	99	24.0
Noviembre	139	75	126	71	94	24.6
Diciembre	144	80	128	75	96	26.0
Año	1742	914	1714	909	1200	25.1

Fuente: Meeonorm.

3.4 Cálculos para el diseño del sistema fotovoltaico.

Para la elaboración del sistema fotovoltaico de la finca Macondo se realizaron las siguientes operaciones matemáticas.

3.4.1 Inversor

Con la potencia total que se obtuvo en el levantamiento de cargas de la finca se encuentra el tipo de inversor que se va a usar en el sistema. Se obtuvo que se necesitará un sistema fotovoltaico de 48 v en el cual se utilizará un inversor/cargador Quattro 48/8000/110-100/100.



Figura 3.27: Inversor.

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	SI				
Conmutador de transferencia integrado	SI				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA - Frecuencia de entrada: 45 - 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x 100	2x 100	2x 100	2x 100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9.5 - 17V 19 - 33V 38 - 60V				
Salida (V)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0.1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (I)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2300	3700	5900	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficiencia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	30 / 20	30 / 30 / 25	60 / 60	60	110
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
CARGADOR					
Tensión de carga de "absorción" (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de "floatación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (I)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	SI				

Figura 3.28: Datos técnicos del inversor.

En la hoja de datos técnicos del inversor que vamos a usar se puede apreciar que la eficacia máxima que tiene el inversor en 48V es 96%. Con este dato se va a calcular la energía del inversor.

E_{Total} : Energía total de la finca.

$$E_{Inversor} = \frac{E_{Total}}{Eficacia\ máx\ \%}$$

$$E_{Inversor} = \frac{8254\ Wh}{96/100}$$

$$E_{Inversor} : 8597.92\ Wh$$

3.4.2 Controlador de carga.

El procedimiento para hallar el controlador de carga es similar al del inversor, se utiliza la potencia total instalada de la finca. El controlador de carga que se va a usar es un SmartSolar MPPT 250/100 y tiene una eficacia máxima de 99%.



Figura 3.29: Controlador de carga.

$$E_{Controlador} = \frac{E_{Inversor}}{Eficacia\ máx\ \%}$$

$$E_{Controlador} = \frac{8597.92\ Wh}{99/100}$$

$$E_{Controlador} : 8684.77\ Wh$$

Controlador de carga SmartSolar	250/60	250/70	250/85	250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de software para ajustar el sistema en 36 V)			
Corriente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A (máx. 30A por conector MC4)		70A (máx. 30A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250 V máximo absoluto en las condiciones más frías 245 V en arranque y funcionando al máximo			
Eficacia máxima	99%			
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V			
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "ecualización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)			
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario			
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C			
Protección	Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobrettemperatura			
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Altura máxima de trabajo	5.000 m (fpotencia nominal completa hasta los 2.000 m)			
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados			
Grado de contaminación	PD3			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth			
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)			
Relé programable	DPST	Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A	Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC	
Funcionamiento en paralelo	Sí			

Figura 3.30: Datos técnicos del controlador de carga.

3.4.3 Paneles fotovoltaicos.

El panel fotovoltaico que se va a usar es el BSM460M-96, es monocristalino, con una potencia de 460 W y está compuesta por 96 células.



Figura 3.31: Panel fotovoltaico.

Modelo	BSM460M-96	BSM470M-96	BSM480M-96	BSM490M-96	BSM500M-96
Potencia máxima nominal en STC	460 W	470 W	480 W	490 W	500 W
Voltaje de circuito abierto (cov/V)	58,75	58,82	58,89	58,89	58,95
Voltaje de potencia máximo	48,01	48,25	48,35	48,45	48,63
Corriente de cortocircuito (Isc/A)	9,78	9,90	10,04	10,67	10,87
Corriente de potencia máxima	9,59	9,74	9,93	10,12	10,28
Módulo de la eficacia	17.95%	18.34%	18.73%	19.12%	19.51%
Condición de prueba estándar (STC)	La irradiancia 1000 w/m ² , Temperatura de la célula 25 centígrados, masa de aire 1,5				

Figura 3.32: Datos técnicos del panel fotovoltaico.

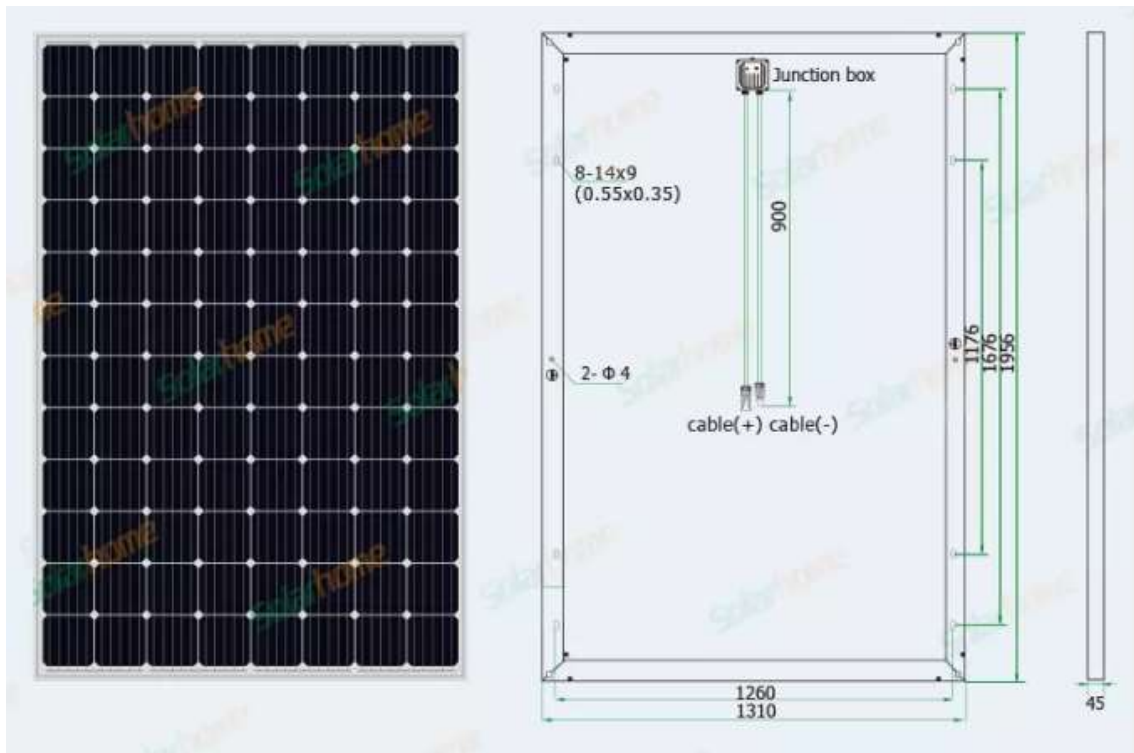


Figura 3.33: Dimensiones del panel fotovoltaico.

Para calcular la energía fotovoltaica, la potencia fotovoltaica y el número de paneles que se va a usar en el sistema se utiliza las siguientes fórmulas:

E_{FV} : Energía fotovoltaica.

%descarga: porcentaje de desarga de un panel.

P_{FV}: Potencia fotovoltaica.

HSP mín: irradiacion mínima dato que nos proporciona Meteonorm.

#_{FV}: número de paneles.

P_{PMP}: Potencia máxima del panel

$$E_{FV} : \frac{E. Controlador}{\% descarga}$$

$$E_{FV} : \frac{8684.77 Wh}{\frac{86}{100}}$$

$$E_{FV} : 10098.57 Wh$$

$$P_{FV} : \frac{E_{FV}}{HSP \text{ mín.}}$$

$$P_{FV} : \frac{10098.57 Wh}{\left(\frac{123}{31}\right)}$$

$$P_{FV} : 2543.72 W$$

$$\#_{FV} : \frac{P_{FV}}{P_{PMP}}$$

$$\#_{FV} : \frac{2543.72 W}{460 W}$$

$$\#_{FV} : 5.52 \cong 6 \text{ paneles}$$

Datos técnicos del panel.

$$V_{oc} : 58.75 V$$

$$I_{sc} : 9.78 A$$

Se instalará 6 paneles, pero el voltaje que soporta el controlador de carga es de 250V y si conectamos los 6 paneles en serie el voltaje será superior. Para esto se conecta 4 paneles en serie en un string y 4 paneles en paralelo en otro string. El voltaje total que da cuando están en serie es de 235 V, es decir, no sobrepasa el voltaje del controlador. En cambio, el otro string que está en paralelo tiene una corriente de corto circuito de 9.78 A y al sumarla con la corriente del primer string que es la misma da como resultado 19.56 A y el controlador de carga soporta 100 A.

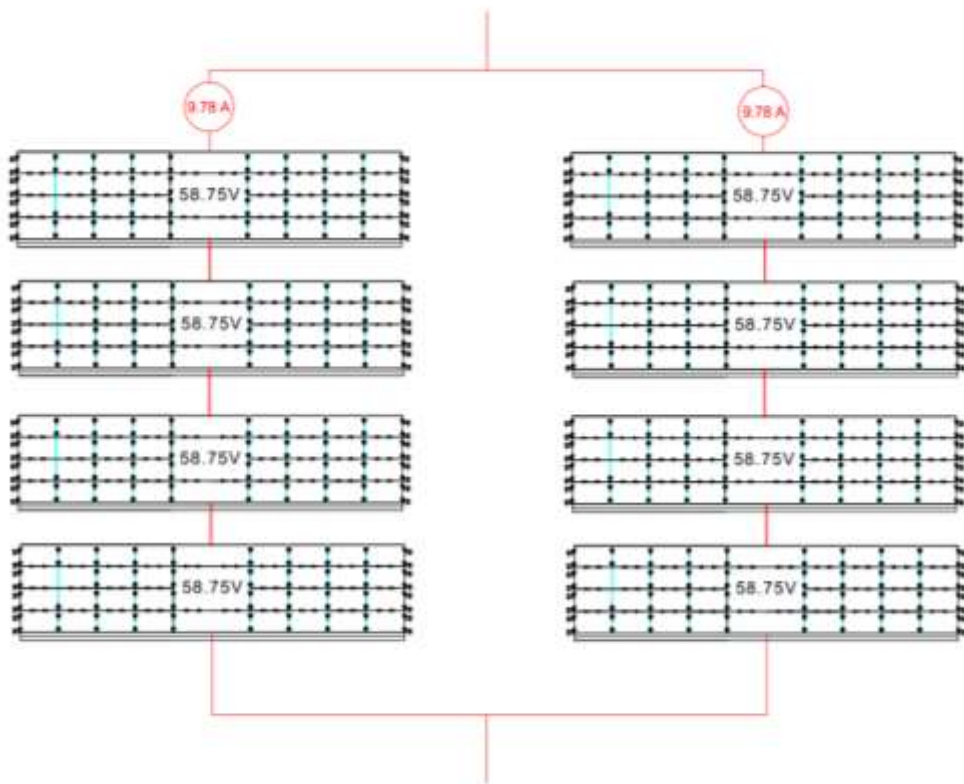


Figura 3.34: Conexión de los paneles fotovoltaicos.

4.3.4 Batería.

En esta última parte vamos a calcular todo lo referente a las baterías como; la energía de la batería, capacidad inicial y total de la batería y el número de baterías que se debe usar en el sistema.

$$E. \text{Batería: } E. \text{Inversor} \times \text{Factor de seguridad.}$$

$$E. \text{Batería: } 8597.92 \text{ Wh} \times 1,2$$

$$E. \text{Batería: } 10317.50 \text{ Wh}$$

$$C_o: \frac{E. \text{Batería}}{V. \text{Sist.}}$$

$$C_o: \frac{10317.50 \text{ Wh}}{48 \text{ V}}$$

$$C_o: 214.95 \text{ Ah}$$

$$C_{\text{Batería}}: \frac{C_o \times \text{Días autonomía}}{\% \text{descarga}}$$

$$C_{\text{Batería}}: \frac{(214.95 \text{ Ah}) \times (2)}{75/100}$$

$$C_{\text{Batería}}: 573.2 \text{ Ah}$$

Se va a usar un banco de baterías conformada por 8 baterías estacionarias UZS600-6 en serie. Estas baterías tienen 6v – 600Ah, como nuestro sistema es de 48V se conectará 8 baterías en serie para obtener el voltaje del sistema.

UZS600-6		Physical Specification	
		Part Number	UZS600-6
		Length	295 ± 2 mm
		Width	178 ± 2 mm
		Container Height	405 ± 2 mm
		Total Height (with terminal)	408 ± 2 mm
		Without Electrolyte	34.5 kg
		With Electrolyte	52.0 kg

Figura 3.35: Batería.

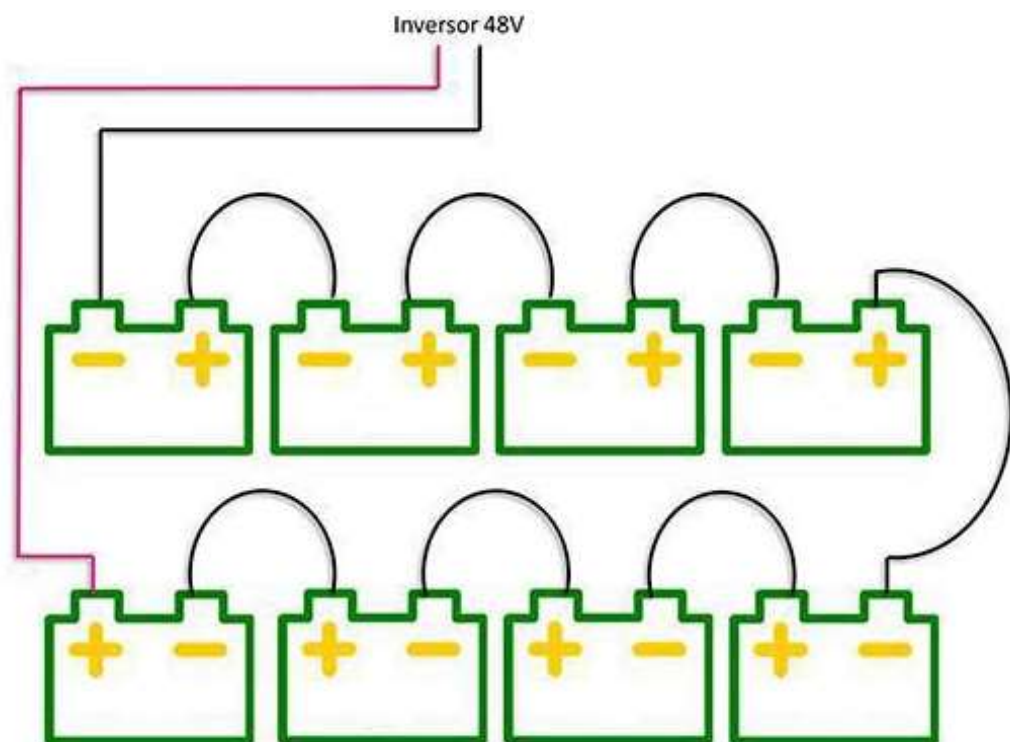


Figura 3.36: Conexión de baterías en serie.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones.

- Las energías renovables nos proporcionan diversas formas de producir energía eléctrica aprovechando varios recursos naturales tales como aire, agua, mar y radiación solar las cuales se encuentran a disposición del planeta, debido a los altos índices de contaminación se busca potenciar el uso de energías amigables para con el ambiente.
- La energía solar fotovoltaica se puede aprovechar de manera ventajosa debido a que es una energía limpia y no produce una elevada repercusión contaminante para el medio ambiente.
- Los paneles solares pueden captar la radiación que emite el sol para convertirla en energía eléctrica, pero esto dependerá del ángulo de inclinación que posean dichos paneles.
- Para los lugares aislados que no poseen punto de interconexión con la empresa distribuidora de energía eléctrica, el uso de los sistemas fotovoltaicos es muy factible debido a que poseen el control de la energía que producen dichos sistemas.

4.2 Recomendaciones.

- Compartir los fundamentos de los sistemas fotovoltaicos para lograr una mayor implementación y aprovechamiento en Ecuador, contribuyendo con un sistema de energía limpia para lograr el bienestar de la población mundial.
- Concientizar a la sociedad en general que la implementación de los sistemas fotovoltaicos, son fuentes alternativas que dan soluciones integrales con beneficios particulares y sociales que deben ser aprovechados.
- Se debe realizar un estudio económico antes de la instalación del sistema fotovoltaico debido a que se necesita una prudente inversión.
- El estado ecuatoriano debe mejorar el marco legal del sector eléctrico, esto a su vez permitirá incentivar la instalación de mini y micro generación distribuida con el uso de energías renovables no convencionales, siendo la energía solar fotovoltaica la más indicada considerando los adecuados niveles de insolación existentes en el Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera González, V. E., & Sandoval Espinosa, D. A. (2015). *Ingeniero Electricista*. 108.
- Alvarado, F. A. B., Salvatierra, B. S. M., & Ponce, A. N. T. (2015). *Ficha De Registro De Tesis Título: "Estudio De Factibilidad De La Empresa «Ecovivienda S.A.» Para La Construcción/Adecuación De Casas Ecológicas/Inteligentes En Zonas Rurales Que Utilizarán Energía Solar Para Suplir Sus Requerimientos Eléctricos"*. 133.
- Arias Fidas. (2016, Julio 2). Investigación Documental. *Investigación Documental ~ Introducción a la Investigación*.
<http://ustminvestigacion.blogspot.com/2016/06/investigacion-documental.html>
- Basurto Gustines, Econ. L. F. (2015). *Autor: Econ. Lucio Fabricio Basurto Gustines*. 130.
- Benavides Farías, E. M., & Rosario Morales, H. P. (2011). *Implementación De Un Sistema De Regulación Para El Seguimiento Del Punto De Máxima Potencia En Paneles Fotovoltaicos*. 200.
- Cevallos Cevallos, D. I., & Gaucho Jiménez, R. C. (2013). *Diseño Y Construcción De Un Prototipo De Generador Eólico Para Una Potencia De 200 Watts*. 138.
- Chicaiza Chacha, J. H., & Quisaguano Escobar, O. F. (2018). *Tesis.pdf.pdf*.
<file:///C:/Users/Miguel%20Castillo/Downloads/Tesis.pdf.pdf>
- Deobold B, Van Dalen, & William J., M. (2009, septiembre 19). *La Investigación Descriptiva | noemagico*. <https://noemagico.blogia.com/2006/091301-la-investigaci-n-descriptiva.php>

- Espinoza Muñoz, A. J. S. (2016). *Memoria Para Optar Al Título De Ingeniero Civil Industrial*. 130.
- Gastelum Michel, Ing. F. (2015). *Tesis De Maestría Que Para Optar Por El Grado De: Maestro En Ingeniería*. 89.
- González Salazar, E. V., & Francisco Javier, F. J. (2016). *80491.pdf*.
<http://ribuni.uni.edu.ni/1172/1/80491.pdf>
- Hernández Mote, S., & Leyva Serrato, A. (2005). *Tesis_Completa.pdf*.
http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14384/Tesis_Completa.pdf?sequence=1
- INEN, I. E. de N. (2009). *Norma-Solar-Termica-CEC.pdf*.
<file:///C:/Users/Miguel%20Castillo/Downloads/Norma-Solar-Termica-CEC.pdf>
- López González, D. (2013). *Valorización De Biomasa De Origen Vegetal Mediante Procesos Térmicos Y Termoquímicos*. 288.
- Macancela Zhumi, L. G. (2012). *Tesis De Grado Previa A La Obtención De Título De Ingeniero Eléctrico*. 232.
- Martínez Borges, J. (2013). *Implementación De Paneles Solares En Casa.pdf*.
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/13782/1/IMPLEMENTACION%20DE%20PANELES%20SOLARES%20EN%20CASA.pdf>
- Miranda Escobar, M. A. (2016). *Diseño De Sistema De Generación Fotovoltaica Para Viviendas Conectadas A La Red De Distribución, En El Contexto De La Ley N° 20.57*. 76.
- Novoa Guamán, E. G. (2015). *Manual De Operación Y Mantenimiento Preventivo Y Correctivo Para Parques Fotovoltaicos En El Ecuador*. 285.

- Ortiz Fustillos, S. E., & Puma Caiza, D. I. (2018). *Evaluación Técnica Y Económica De La Implementación De Sistemas Fotovoltaicos Para La Electrificación De Radio Bases Remotas De CNT*. 138.
- Pantoja Lara, E. M., & Parancan Raipane, C. E. (2016). *Tesina presentada como requisito para Optar al Grado de Licenciado en Administración*. 53.
- Pérez Castro, C. A., & León Macías, L. A. (2017). *Ingeniero Electrico Mecánica*. 247.
- Quinzo Lucas, L. F. (2019). *Ingeniero Eléctrico-Mecánico*. 95.
- Ramos López, H., & Luna Puente, R. (2014). *Tesis Rafael Luna Puente, Humberto Ramos López.pdf*.
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/521/1/Tesis%20Rafael%20Luna%20Puente,%20Humberto%20Ramos%20L%C3%B3pez.pdf>
- Rau Vargas, R. (2010). *Rau Vargas.pdf*.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3604/Rau%20Vargas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez Cabello, J. I. (2018). *Ingeniero Eléctrico Mecánico*. 94.
- Yáñez, D. (2018, enero 4). Investigación Explicativa: Características, Técnicas, Ejemplos. *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/investigacion-explicativa/>
- Zamudio Florido, M. A. (2015, abril 12). *1-Introducción.pdf*.
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/50061/fichero/1-Introducci%C3%B3n.pdf>

ANEXOS.



**Quattro
48/5000/70-100/100**



**Quattro
48/15000/200-100/100**

Dos entradas CA con conmutador de transferencia integrado

El Quattro puede conectarse a dos fuentes de alimentación CA independientes, por ejemplo a la toma de puerto o a un generador, o a dos generadores. Se conectará automáticamente a la fuente de alimentación activa.

Dos salidas CA

La salida principal dispone de la funcionalidad "no-break" (sin interrupción). El Quattro se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la toma de puerto/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

La segunda salida sólo está activa cuando una de las entradas del Quattro tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 6 unidades Quattro pueden funcionar en paralelo. Seis unidades 48/10000/140, por ejemplo, darán una potencia de salida de 48kW / 60kVA y una capacidad de carga de 840 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásico

Se pueden configurar tres unidades para salida trifásica. Pero eso no es todo: hasta 6 grupos de tres unidades pueden conectarse en paralelo para lograr una potencia del inversor de 144 kW/180 kVA y más de 2500 A de capacidad de carga.

PowerControl - En caso de potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red

El Quattro es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la toma de puerto (hasta 16 A por cada Quattro de 5 kVA a 230 VCA). Se puede establecer un límite de corriente para cada una de las entradas CA. Entonces, el Quattro tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga de baterías, evitando así sobrecargar el generador o la red eléctrica.

PowerAssist - Refuerzo de la potencia del generador o de la toma de puerto

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión, permitiendo que Quattro complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el Quattro compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente de la red o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Energía solar: Potencia CA disponible incluso durante un apagón

El Quattro puede utilizarse en sistemas FV, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas eléctricos alternativos.

Hay disponible software de detección de falta de suministro.

Configuración del sistema

- En el caso de una aplicación autónoma, si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un procedimiento de configuración de los conmutadores DIP.
- Las aplicaciones en paralelo o trifásicas pueden configurarse con el software VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator.
- Las aplicaciones no conectadas a la red, que interactúan con la red y de autoconsumo que impliquen inversores conectados a la red y/o cargadores solares MPPT pueden configurarse con Asistentes (software específico para aplicaciones concretas).

Seguimiento y control in situ

Hay varias opciones disponibles: Monitor de baterías, panel Multi Control, Color Control GX y otros dispositivos, smartphone o tableta (Bluetooth Smart), portátil u ordenador (USB o RS232).

Seguimiento y control a distancia

Color Control GX y otros dispositivos.

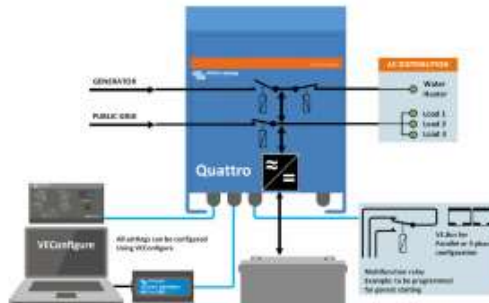
Los datos se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management).

Configuración a distancia

Se puede acceder a los datos y cambiar los ajustes de los sistemas con Color Control GX y otros dispositivos si está conectado a Ethernet.



Color Control GX con una aplicación FV



Quattro	12/9000/120-90/90 24/9000/70-90/90	12/9000/220-100/100 24/9000/120-100/100 48/9000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	SI				
Conmutador de transferencia integrado	SI				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficiencia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
CARGADOR					
Tensión de carga de "absorción" (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	SI				
GENERAL					
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	2x	2x	2x	2x	2x
On/Off remoto	SI				
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 V CA	Bornas de tornillo de 13 mm. (9 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51	72
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
NORMATIVAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emissiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Vehículos de carretera	Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4				
Antiruido	Visite nuestra página web				
<p>1) Puede ajustarse a 60 Hz; 120 V/60 Hz se solicita</p> <p>2) Claves de protección:</p> <p>a) cortocircuito de salida</p> <p>b) sobrecarga</p> <p>c) tensión de la batería demasiado alta</p> <p>d) tensión de la batería demasiado baja</p> <p>e) temperatura demasiado alta</p> <p>f) 230 VCA en la salida del inversor</p> <p>g) oscilación de la tensión de entrada demasiado alta</p> <p>3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1</p> <p>4) A 25 ° C de temperatura ambiente</p> <p>5) Se desconecta sin hay fuente CA externa disponible</p> <p>6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como función de alarma general, subtenión CC o arranque del generador</p> <p>Capacidad nominal CA 230 V/4 A</p> <p>Capacidad nominal CC 4 A hasta 33 VCC, 1 A hasta 60 VCC</p>					



Panel Digital Multi Control
Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



Mochila VE.Bus Smart
Mide la tensión y la temperatura de la batería y permite monitorizar y controlar Multi y Quattros con un smartphone u otro dispositivo con Bluetooth.

Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:



Color Control GX y otros dispositivos
Monitorizar y controlar, de forma local e remota, no [Portal VRM](#).



Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB
Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VE.Configure](#))



Interfaz VE.Bus a NMEA 2000
Liga o dispositivo a una red electrónica marítima NMEA2000. Consulte o [guía de integración NMEA2000 a MEC](#)



Monitor de baterías BMV-712 Smart
Utilice un smartphone u otro dispositivo con Bluetooth para:

- personalizar los ajustes,
- consultar todos los datos importantes en una sola pantalla,
- ver los datos del historial y actualizar el software conforme se vayan añadiendo nuevas funciones.

Controladores de carga SmartSolar con conexión de tornillo o FV MC4 MPPT 250/60 hasta MPPT 250/100



**Controlador de carga SmartSolar
MPPT 250/100-TT
Con pantalla conectable opcional.**



**Controlador de carga SmartSolar
MPPT 250/100-MC4
Sin pantalla**



**Detección de Bluetooth:
Smart Battery Sense**



**Detección de Bluetooth:
BMW-712 Smart Battery Monitor**

Bluetooth Smart integrado

La solución inalámbrica para configurar, controlar, actualizar y sincronizar los controladores de carga SmartSolar.

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga. Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo. El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

Sensor opcional de la tensión y de la temperatura externas de la batería vía Bluetooth

Se puede usar un sensor Smart Battery Sense o un monitor de baterías BMW-712 Smart para comunicar la tensión y la temperatura de la batería a uno o más controladores de carga SmartSolar.

VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control GX, otros productos GX, PC u otros dispositivos.

On/Off remoto

Para conectarse a un VE.BUS BMS, por ejemplo.

Relé programable

Se puede programar (entre otros, con un teléfono inteligente) para activar una alarma u otros eventos.

Opcional: pantalla LCD conectable

Simplemente retire el protector de goma del enchufe de la parte frontal del controlador y conecte la pantalla.



Pantalla enchufable SmartSolar



Controlador de carga SmartSolar	250/60	250/70	250/85	250/100
Tensión de la batería	Ajuste automático a 12, 24 ó 48 V (Se precisa una herramienta de <i>software</i> para ajustar el sistema en 36 V)			
Corriente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	2580W	3000W	3600W	4350W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	3440W	4000W	4900W	5800W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	35A (máx. 30A por conector MC4)		70A (máx. 30A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	250 V máximo absoluto en las condiciones más frías 245 V en arranque y funcionando al máximo			
Eficacia máxima	99%			
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V			
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (Regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)			
Tensión de carga de "equalización"	Valores predeterminados: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (regulable)			
Algoritmo de carga	variable multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario			
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C			
Protección	Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión			
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)			
Humedad	95%, sin condensación			
Altura máxima de trabajo	5.000 m (fpotencia nominal completa hasta los 2.000 m)			
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados			
Grado de contaminación	PD3			
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct o Bluetooth			
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)			
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA 240 V AC / 4 A	Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC		
Funcionamiento en paralelo	Sí			
CARCASA				
Color	Azul (RAL 5012)			
Terminales FV 3)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)		
Bornes de la batería	35mm ² / AWG2			
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)			
Peso	3 kg	4,5 kg		
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103		
NORMAS				
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.

1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.

2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.

3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares

Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)

UZS600-6

6V 600AH

Ultracell®
Quality in Every Language

UZS600-6



Physical Specification

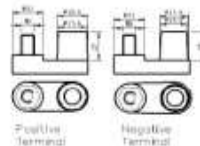
Part Number	UZS600-6
Length	295 ± 2 mm
Width	178 ± 2 mm
Container Height	405 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	408 ± 2 mm
Without Electrolyte	34.5 kg
With Electrolyte	52.0 kg

Specifications

	Nominal Voltage	6V	
	Nominal Capacity (120HR)	600AH	
Terminal Type	Standard Terminal	F22	
Container Material	Standard Option	ABS	
Rated Capacity	120hr, 1.80V/cell, 25°C	600.0 AH/ 5.00A	
	100hr, 1.80V/cell, 25°C	550.0 AH/ 5.50A	
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	360.0 AH/ 36.0A	
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	324.0 AH/ 64.8A	
	1hr, 1.60V/cell, 25°C	202.0 AH/ 202A	
Max Discharge Current	1300A (5s)		
Internal Resistance	Approx 2.5m Ω		
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15°C~50°C(5°F~122°F)	
		Charge: -10°C~50°C(14°F~122°F)	
		Storage: -20°C~50°C(-4°F~122°F)	
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C	
	Float Charging Voltage (25°C)	6.60 ~ 6.72V at 25°C Temp. Coefficient -18mV/°C	
	Cycle Charging Voltage (25°C)	7.05 ~ 7.20V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C	
	Capacity affect by Temperature (10HR)	40°C	102%
		25°C	100%
0°C		85%	
-15°C		65%	
Design Floating Life at 20°C	20 Years		
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.		

Dimensions

F22 Terminal



Positive Terminal

Negative Terminal

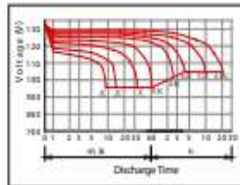
Constant Current Discharge (Amperes) at 25°C

F.V/TIME	30min	60min	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h	24h	48h	100h	120h
1.60V	328	202	128	94.7	79.1	66.6	56.6	43.3	36.6	19.8	17.2	9.12	5.64	5.11
1.65V	321	199	127	94.1	78.7	66.2	56.2	43.0	36.6	19.8	17.2	9.10	5.61	5.10
1.70V	311	194	126	92.8	77.6	65.3	55.5	42.4	36.5	19.7	17.1	9.06	5.60	5.07
1.75V	304	190	124	92.2	77.0	64.8	55.1	42.1	36.3	19.6	17.0	9.03	5.56	5.04
1.80V	293	184	121	89.4	74.7	62.9	53.4	40.9	36.0	19.4	16.9	8.86	5.50	5.00

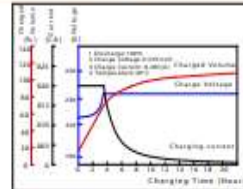
Constant Power Discharge (Watts) at 25°C

F.V/TIME	30min	60min	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h	2h	48h	100h	120h
1.60V	647	404	247	186	155	131	111	85.7	72.9	39.6	247	18.4	11.6	10.5
1.65V	634	398	245	184	154	130	111	85.2	72.8	39.5	245	18.4	11.5	10.5
1.70V	614	388	243	182	152	129	109	84.0	72.6	39.4	243	18.3	11.5	10.4
1.75V	599	380	240	181	151	128	109	83.4	72.1	39.2	240	18.2	11.4	10.3
1.80V	577	369	233	175	146	124	105	80.9	71.6	38.9	233	17.8	11.1	10.0

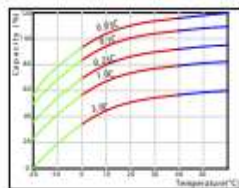
Discharge Characteristics



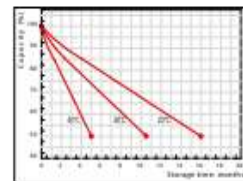
Float Charging Characteristics



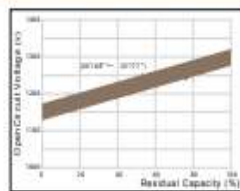
Effect of Temperature on Capacity



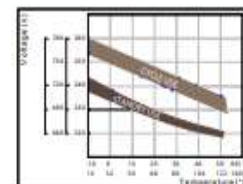
Self Discharge Characteristics



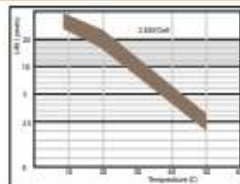
Relationship for Open Circuit Voltage & Residual Capacity



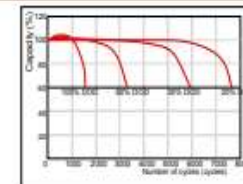
Relationship for Charging Voltage & Temperature



Floating Life on Temperature



Cycle Life on D.O.D



Finca Macondo

Nombre del sitio

-1.962

Latitud [°N]

-80

Longitud [°E]

14

Altitud [msnm]

V, 3

Región climática

Estándar

Modelo irradiancia

Estándar

Modelo temperatura

Perez

Modelo irrad. incl.

2000–2009

Periodo de temperatura

1991–2010

Periodo de radiación

Preconfigurado

Horizonte

180°

Azimut

15°

Inclinación

Información adicional

Incertidumbre de valores anuales: Gh = 7%, Bn = 14%, Gk = 8%, Ta = 0.8 °C

Tendencia de gh / década: -

Variabilidad de gh / año: 6.8%

Sitios de radiación interpolados: Datos de satélite (Parte de los datos de satélite: 100%)

Temperature interpolation locations: Guayaquil Aer. (25 km), MANTA/ELOY ALFARO (135 km), Tumbes/Pedro Canga (182 km), Piura (362 km)

P90 and P10 of yearly Gh, referenced to average: 90.2%, 108.3%

Mes	H_Gh	H_Dh	H_Gkhor	H_Dkhor	H_Bnhor	Ta
	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[°C]
Enero	137	70	123	67	100	26.3
Febrero	143	76	133	73	95	26.0
Marzo	169	73	165	72	135	26.3
Abril	153	72	157	73	116	26.6
Mayo	151	74	161	77	116	25.7
Junio	131	69	142	72	96	24.2
Julio	122	69	130	71	79	23.6
Agosto	140	84	145	85	79	23.5
Setiembre	157	89	156	89	95	23.8
Octubre	156	84	148	82	99	24.0
Noviembre	139	75	126	71	94	24.6
Diciembre	144	80	128	75	96	26.0
Año	1742	914	1714	909	1200	25.1

H_Gh: Irradiación global horizontal



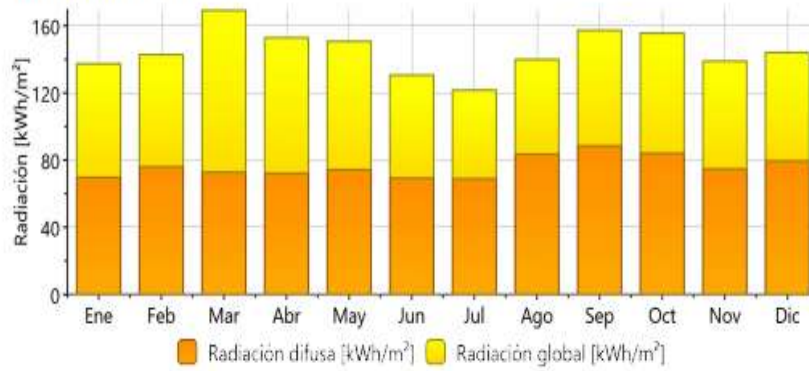
Meteonorm

Meteonorm V7.3.3.17983 - Demo mode

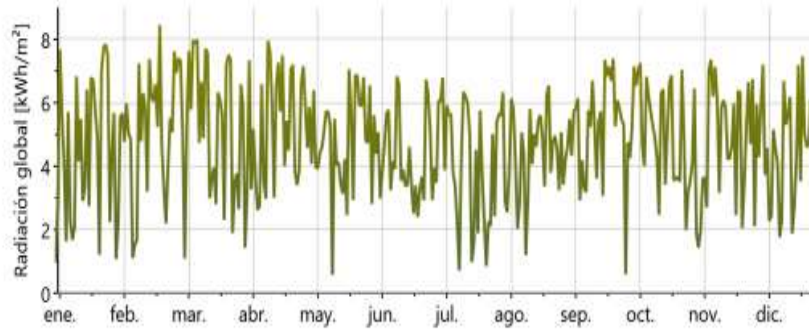
1/5

H_Dh: Irradiación difusa horizontal
H_Gkhor: Irradiación de la radiación global, superficie inclinada, con horizonte elevado
H_Dkhor: Irradiación de la radiación difusa, superficie inclinada, con horizonte elevado
H_Bnhor: Irradiación de la radiación normal directa con horizonte alto
Ta: Temperatura del aire

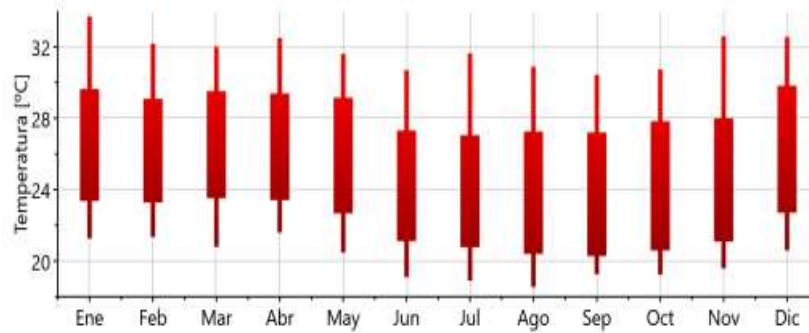
Radiación mensual



Radiación global diaria



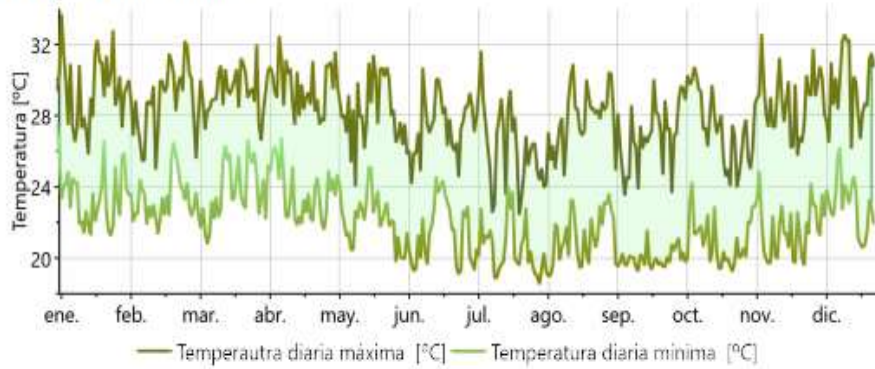
Temperatura mensual



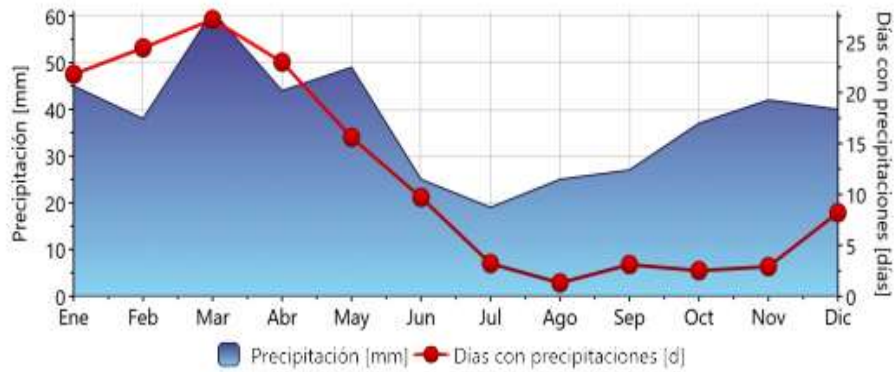
Meteonorm V7.3.3.17983 - Demo mode

3/5

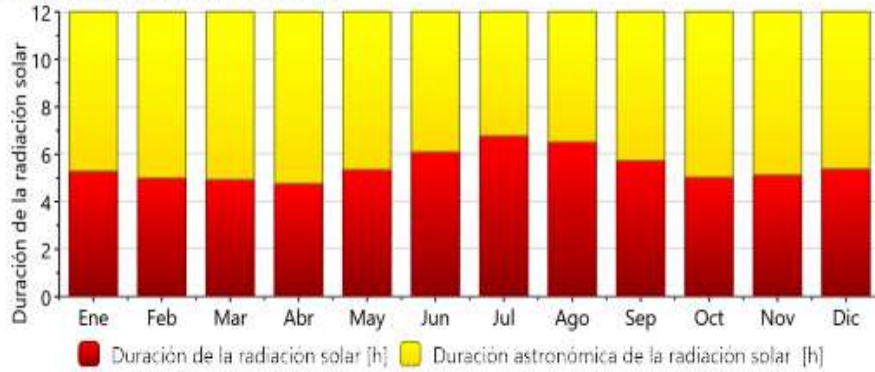
Temperatura diaria



Precipitación



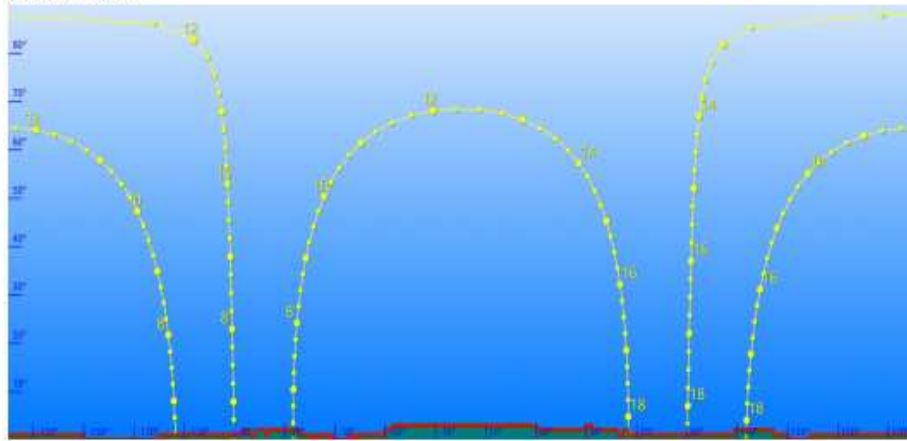
Duración de la insolación



Meteonorm V7.3.3.17983 - Demo mode

4/5

Horizonte



— Horizonte final
— Camino solar

Horizon filename: C:\Users\Marco Antonio\AppData\Local\Temp\tmpB064.tmp



Meteonorm V7.3.3.17983 - Demo mode

5/5



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Castillo Guerrero Miguel Vidal**, con C.C: # **0919976597** autor del trabajo de titulación: **Diseño de un sistema fotovoltaico para la Finca Macondo ubicada en el cantón Daule, Provincia del Guayas**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico Mecánico** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 3 de marzo del 2020

f. _____

Castillo Guerrero, Miguel Vidal

C.C: 0919976597

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Diseño de un sistema fotovoltaico para la Finca Macondo ubicada en el cantón Daule, Provincia del Guayas.		
AUTOR(ES)	Castillo Guerrero, Miguel Vidal		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Echeverría Parra, Ricardo Xavier		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	3 de marzo del 2020	No. DE PÁGINAS:	78
AREAS TEMATICAS:	Energías Renovables, Sistemas Fotovoltaicos.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Sistema Fotovoltaico, Batería, Inversor, Fuentes Renovables, Paneles Solares.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En el presente trabajo de titulación, la falta de un diseño de generación eléctrica por medio de energía solar fotovoltaica para ser utilizada en la finca Macondo ubicada en el cantón Daule. Como variable dependiente tenemos generación eléctrica y la variable independiente es sistema fotovoltaico. Como objetivo diseñamos un sistema fotovoltaico para generar energía eléctrica conociendo los principios de su funcionamiento, calculamos la potencia y analizamos las ventajas y desventajas del uso de este tipo de energía renovable, en la cual disminuirémos las emisiones de gases contaminantes para el medio ambiente. En el marco teórico recopilamos datos bibliográficos de tipo documental y a su vez utilizamos metodología descriptiva y explicativa por la cual aplicamos las normas y técnicas que rigen para el uso de estos sistemas. En el capítulo 3 se describe la ubicación y se realiza los cálculos pertinentes para las cargas requeridas se utilizó la aplicación METEONORM cual nos proporciona los datos de radiación solar en el sitio exacto, se describen los elementos necesarios como inversor, controlador de carga, baterías, número de paneles y tipo de conexión. A continuación de describen las ventajas y desventajas del uso de este tipo de energía renovable.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-983676198	E-mail: miguelcasti49@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Philco Asqui, Luis Orlando		
	Teléfono: +593-980960875		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec		
SECCION PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			