



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE
GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON
MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA:

“DISEÑO DE MICRO-REDES ELÉCTRICAS UTILIZANDO
ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA EL SISTEMA AUXILIAR DE
EMERGENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES DE
ACTIVIDADES COMERCIALES.”

AUTOR:

BONILLA LASCANO, EDGAR PAUL

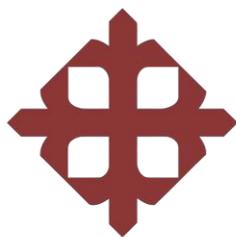
Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de

**INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

Pacheco Bohórquez, Héctor Ignacio, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador 5 de marzo de 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por EDGAR PAUL BONILLA LASCANO, como requerimiento para la obtención del Título de Ingeniería en Eléctrico Mecánica con mención en gestión empresarial industrial.

TUTOR

f. _____

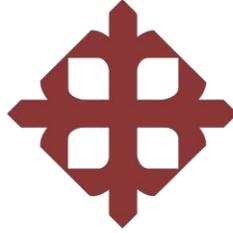
PACHECO BOHÓRQUEZ, HÉCTOR IGNACIO, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador 5 de marzo de 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, BONILLA LASCANO, EDGAR PAUL

DECLARO QUE:

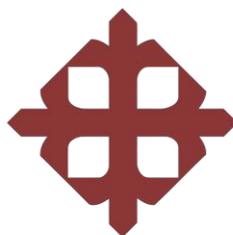
El Trabajo de Titulación, **Diseño de micro-redes eléctricas utilizando energía fotovoltaica para el sistema auxiliar de emergencia energética en edificaciones de actividades comerciales** previo a la obtención del Título de Ingeniería en Eléctrico - Mecánica, ha sido desarrollado respetando derechos 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, de tipo

Guayaquil, 5 de marzo de 2020

EL AUTOR

BONILLA LASCANO, EDGAR PAUL



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, BONILLA LASCANO, EDGAR PAUL

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño de micro-redes eléctricas utilizando energía fotovoltaica para el sistema auxiliar de emergencia energética en edificaciones de actividades comerciales**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

EL AUTOR

BONILLA LASCANO, EDGAR PAUL

REPORTE URKUND

The screenshot displays the URKUND interface. On the left, a sidebar shows document details: 'Documento' is 'EBonillaTesis2019(semi).docx (D63608710)', 'Presentado' is '2020-02-07 14:20 (-05:00)', 'Presentado por' is 'fernandopm23@hotmail.com', 'Recibido' is 'edwin.palacios.ucsg@analysis.urkund.com', and 'Mensaje' is 'Fwd: Tesis. Bonilla Edgar' with a link to 'Mostrar el mensaje completo'. A yellow highlight indicates '1% de estas 30 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.' The main area on the right is titled 'Lista de fuentes' and 'Bloques' for user 'Fernando Palacios Meléndez (edw)'. It contains a table with columns 'Categoría' and 'Enlace/nombre de archivo'. The table lists several sources, including 'TESIS BYRON JACOME 27 AGOSTO.pdf', 'TESIS BYRON JACOME 27 AGOSTO.docx', and '24-10-2014 Analisis de irradiancia solar.docx'. Below the table is a 'Fuentes alternativas' section. At the bottom, a toolbar includes icons for search, navigation, and actions like '0 Advertencias.', 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Co'.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA:

“DISEÑO DE MICRO-REDES ELÉCTRICAS UTILIZANDO ENERGÍA
FOTOVOLTAICA PARA EL SISTEMA AUXILIAR DE EMERGENCIA
ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES DE ACTIVIDADES COMERCIALES.”

AUTOR: BONILLA LASCANO, EDGAR PAUL

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL TUTOR: Pacheco Bohórquez, Héctor
Ignacio, M.Sc. Guayaquil, Ecuador de 2020

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Conclusión: La revisión de coincidencias del resultado de la revisión, considera la desactivación de la información de texto de los formatos de presentación de trabajos de titulación de la UCSG. Se adjunta documento de Reporte URKUND de la Revisión Final en medio digital. Porcentaje de coincidencia final es el 1%.

Ing. Héctor Pacheco B., M.Sc.
Docente Tutor

AGRADECIMIENTO

Podemos ayudar y guiar a muchas personas si ellas lo permiten, pero también podemos ser ayudados y guiados durante nuestra vida; por esto mismo, quiero exaltar la labor de todos mis amigos, todos aquellos que estuvieron presentes durante toda la realización y el desarrollo de esta tesis, gracias a aquellos que con respeto y sinceridad realizaron aportes a esta.

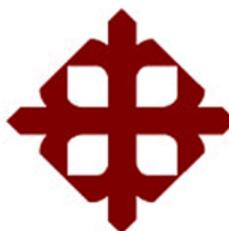
Desarrollar este trabajo fue de mucho aprendizaje, en el que mi tutor de tesis fue el artífice principal, siempre dándome apoyo con sus comentarios y consejos, para poder terminar de la mejor manera.

EL AUTOR

EDGAR PAUL BONILLA LASCANO

DEDICATORIA

A mis padres y mi hermana, por su apoyo incondicional y desinteresado, por su amor. Gracias por confiar en mí, este es el resultado de todo lo que han sembrado en mí. Siempre serán mi fuente de inspiración y admiración, el camino todavía es extenso.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

**ING.ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M.Sc.
DECANO**

f. _____

**ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO, M.Sc.
COORDINADOR DE TITULACIÓN**

f. _____

**ING. BOHORQUEZ ESCOBAR, BAYARDO CELSO, M.Sc.
OPONENTE**

ÍNDICE GENERAL

REPORTE URKUND	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO 1.....	2
INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Justificación y alcance.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Tipo de investigación.....	4
1.5. Metodología	4
PARTE I MARCO TEÓRICO	5
CAPÍTULO 2.....	5
2. SISTEMAS AUXILIARES DE EMERGENCIA ENERGÉTICA	5
2.1. Importancia y aplicaciones	5
2.2. Características de un sistema auxiliar de emergencia energética	6
2.3. Servicios auxiliares con alimentación por corriente alterna (AC)	6
2.3.1. Cargas de servicios auxiliares	7
2.4. Energía Solar	7
2.5. Dispositivos de acumulación de energía, baterías Químicas	8
2.6. Arquitectura de una micro-red.....	8
2.7. Elementos que componen una micro-red.....	9

2.7.1.	Generación	9
2.7.2.	Almacenamiento	10
2.7.3.	Cargas	10
2.7.4.	Interruptores	11
2.7.5.	Protecciones	11
CAPÍTULO 3.....		13
3.	SISTEMA FOTOVOLTAICO	13
3.1.	Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica.....	13
3.2.	Células fotovoltaicas y sus tecnologías.....	14
3.2.1.	Silicio monocristalino	14
3.2.2.	Silicio policristalino.....	15
3.2.3.	Silicio Amorfo.....	15
3.3.	Características principales de los acumuladores	16
3.3.1.	Capacidad nominal	16
3.3.2.	Profundidad de descarga.....	16
3.3.3.	Ciclos de carga y descarga.....	17
3.3.4.	Auto descarga.....	17
3.4.	Regulador de carga.....	17
3.5.	Inversor	17
3.6.	Sistema fotovoltaico conectado a la red.....	18
3.7.	Intensidad solar.....	18
3.8.	Dimensionamiento para sistema fotovoltaico	19
3.8.1.	Evaluación del consumo total	20
3.8.2.	Evaluación de la radiación total disponible	20
3.8.3.	Tamaño de la captación	20
3.8.4.	Dimensionamiento de los equipos de generación	21
PARTE II APORTACIONES		22

Capítulo 4	22
4. Diseño de sistema fotovoltaico	22
4.1. Radiación Solar	22
4.2. Seccionamiento de micro-red.....	24
4.3. Características del circuito eléctrico, micro-red # 1	25
4.3.1. Carga diaria promedio	26
4.3.2. Dimensionamiento de los acumuladores	27
4.3.3. Dimensionamiento del sistema de captación.....	27
4.3.4. Estadísticas mensuales del sistema FV	28
4.3.5. Perfiles horarios promedio	29
4.3.6. Rendimiento durante la vida útil.....	30
4.4. Características del circuito eléctrico, micro-red # 2.....	32
4.4.1. Carga diaria promedio	33
4.4.2. Dimensionamiento de los acumuladores	34
4.4.3. Dimensionamiento del sistema de captación.....	34
4.4.4. Estadísticas mensuales del sistema FV	35
4.4.5. Perfiles horarios promedio	36
4.4.6. Rendimiento durante la vida útil.....	38
4.5. Características del circuito eléctrico, micro-red # 3.....	39
4.5.1. Carga diaria promedio	40
4.5.2. Dimensionamiento de los acumuladores	41
4.5.3. Dimensionamiento del sistema de captación.....	41
4.5.4. Estadísticas mensuales del sistema FV	42
4.5.5. Perfiles horarios promedio	43
4.5.6. Rendimiento durante la vida útil.....	44
4.6. Características del circuito eléctrico, micro-red # 4.....	46
4.6.1. Carga diaria promedio	47

4.6.2.	Dimensionamiento de los acumuladores	48
4.6.3.	Dimensionamiento del sistema de captación.....	48
4.6.4.	Estadísticas mensuales del sistema FV	49
4.6.5.	Perfiles horarios promedio	50
4.6.6.	Rendimiento durante la vida útil.....	51
4.7.	Regulador de carga para los acumuladores.....	52
4.8.	Inversores de los circuitos.....	53
4.8.1.	Inversor para micro-red #1	53
4.8.2.	Inversor para micro-red #2	53
4.8.3.	Inversor para micro-red #3	54
4.8.4.	Inversor para micro-red #4	54
CAPÍTULO 5.....		55
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
5.1.	Conclusiones.....	55
5.2.	Recomendaciones.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		57
ANEXOS.....		59
GLOSARIO		75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Interruptor 240Vac, desde 30 hasta 600 amperios.	11
Figura 2 Diagrama de bloques de elementos que componen la micro-red. (Khaligh & Onar, 2010)	13
Figura 3 Capas que conforman una célula fotovoltaica. (Khaligh & Onar, 2010).....	14
Figura 4 Arreglo de paneles solares fotovoltaicos.	16
Figura 5 Esquema básico de sistema conectado a la red. Arconel	18
Figura 6 Curva de corriente vs ángulo de incidencia del sol. (Patel, 2006)	19
Figura 7 Mapa solar para Ecuador, se representan las horas de sol diarias y el resumen anual de horas disponibles de sol.	22
Figura 8 Diagrama de irradiación solar + Irradiación Difusa Horizontal en periodos mensuales.....	24
Figura 9 Diagramas mensuales de producción fotovoltaica específica. Promedio horario mensual.....	29
Figura 10 Promedio horario mensual. Sumatoria de generación mensual promedio.....	30
Figura 11 Diagramas mensuales de producción fotovoltaica específica. Promedio horario mensual.....	36
Figura 12 Promedio horario mensual. Sumatoria de generación mensual promedio.....	37
Figura 13 Diagramas mensuales de producción fotovoltaica específica. Promedio horario mensual.....	43
Figura 14 6 Promedio horario mensual. Sumatoria de generación mensual promedio.....	44
Figura 15 Diagramas mensuales de producción fotovoltaica específica. Promedio horario mensual.....	50
Figura 16 6 Promedio horario mensual. Sumatoria de generación mensual promedio.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Radiación Solar disponible para la coordenada geográfica propuesta.....	23
Tabla 2 Características principales de la micro-red 1.....	25
Tabla 3 Resumen de cargas asignadas a la micro-red #1.....	26
Tabla 4 Potencia generada calculada con software SolarGIS.....	28
Tabla 5 Proyección de generación eléctrica a lo largo de la vida útil del sistema de generación.....	31
Tabla 6 Características principales de la micro-red 2.....	32
Tabla 7 Resumen de cargas asignadas a la micro-red #2.....	33
Tabla 8 Potencia generada calculada con software SolarGIS.....	35
Tabla 9 Características principales de la micro-red 3.....	39
Tabla 10 Resumen de cargas asignadas a la micro-red #3.....	40
Tabla 11 Potencia generada calculada con software SolarGIS.....	42
Tabla 12 Características principales de la micro-red 4.....	46
Tabla 13 Resumen de cargas asignadas a la micro-red #4.....	47
Tabla 14 Potencia generada calculada con software SolarGIS.....	49

RESUMEN

El presente trabajo de titulación trata sobre el diseño de micro-redes eléctricas para los sistemas auxiliares de emergencia energética, la necesidad de que el servicio eléctrico no tenga interrupciones deriva a la búsqueda de nuevas metodologías o tecnologías para aprovechar las diferentes fuentes de energía disponibles en la ubicación o sitio que lo necesitara. En el perímetro urbano del cantón Guayaquil la fuente de energía con mayor disponibilidad es la energía solar.

Se realiza el diseño de un sistema de generación distribuido para la micro-red, su modo de operación será conectado a la red principal (on-grid), con estas condiciones de diseño se evaluarán las cargas comunes para las micro-redes y con este estudio se procederá con el dimensionamiento y con la selección de equipos para el sistema de generación fotovoltaico. Se realiza una proyección de generación energética versus el rendimiento durante la vida útil de cada micro-red para asegurar la calidad y durabilidad de cada micro-red.

ABSTRACT

The following academic work is about the design of electrical micro-grids for the auxiliary energy emergency systems, the necessity for the electrical service to function with no interruption leads to the search for new methodologies or technologies for harnessing the different available energy sources. In the urban perimeter of Guayaquil, the energy source with the highest availability is the energy coming from the sun.

The design of a distributed generation system for the micro-grids is carried out, the operation mode for the aforementioned will be connected to the main electrical network, with these design conditions, the common loads for the micro-grids will be evaluated and according to that assessment they will be sectioned for the sizing and equipment selection for the photovoltaic generation system. A projection of energy generation versus performance over each micro-grid life span is performed to assure the quality and durability of every micro-grid.

KEY WORD: DESIGN, DISTRIBUTION, RENEWABLE, SOLAR, PHOTOVOLTAIC.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación y alcance

El diseño de microrredes eléctricas mediante la generación con energías renovables es un campo que se está desarrollando con miras a posicionarse como una fuente de abastecimiento para cualquier tipo de emplazamiento. Con la consigna de proveer generación eléctrica proveniente de fuentes no convencionales que abastezcan las necesidades requeridas, además de la disponibilidad, sostenibilidad y aprovechamiento de los recursos naturales de manera eficiente.

Las micro-redes son circuitos aislados de forma intencional en el que por generalidad se pueden dividir desde redes de uso general hasta redes que incluyan un sistema de distribución con múltiples fuentes de energía y sus cargas asociadas. Estas últimas puede ser de generación o almacenamiento de energía para distribución, ambos se utilizan para proveer energía dentro de la micro-red.

Las micro-redes tienen la habilidad de operar de forma independiente o conectada a la red eléctrica externa y son muy útiles cuando la seguridad energética es importante o cuando la infraestructura de distribución no existiere. Se pueden realizar en varios modos de operación los cuales serán planificados o diseñados de acuerdo con la necesidad o requerimiento específico del sistema al cual se conectará el sistema de generación.

La complejidad de realizar un diseño de micro-redes sucede cuando no se consideran de manera simultánea el dimensionamiento correcto junto con los costos de operación y prolongación del retorno de la inversión en el diseño del sistema. Esto incluye mantener el nivel de voltaje y frecuencia adecuados que permita que alimentar las cargas sin que haya interrupción en el servicio.

Por lo anterior mencionado se realizará el diseño de micro-redes que funcionando en conjunto provean de energía eléctrica en caso de que el sistema principal de distribución no tenga disponibilidad. Se considerarán

múltiples variables para cada micro-red en el que primará la utilidad y eficacia en suplir la falta de energía.

1.2. Planteamiento del problema

En edificaciones en los que la disponibilidad de energía eléctrica debe ser continuo para la realización de las actividades diarias por lo que se convierte en una necesidad estar siempre provistos de energía eléctrica. La condición en que la edificación no cuente con un sistema alterno de generación o distribución presenta un riesgo de tipo económico y de seguridad.

Otro problema que la ausencia de este tipo de instalaciones tiene es su autosostenibilidad, en el que realizando una inversión en equipos e instalación se puede reducir el costo del servicio eléctrico en una cantidad considerable además de contar con un método de generación limpio y renovable.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar microrredes eléctricas utilizando energía fotovoltaica para el sistema auxiliar de emergencia energética.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de las cargas utilizadas en los sistemas auxiliares de emergencia de la edificación.
- Identificar cada microrred y sus necesidades de protección y accionamiento.
- Seleccionar equipos de generación y almacenamiento de acuerdo con las necesidades energéticas para las instalaciones eléctricas.

- Diseñar las redes eléctricas de acuerdo con la arquitectura que satisfaga la generación y distribución de energía eléctrica.
- Simular y proyectar energía generada en el periodo de tiempo de vida útil del sistema de generación.

1.4. Tipo de investigación

El presente trabajo de titulación se caracterizará por seguir la metodología de una investigación cuantitativa y teórica. Focalizada en la parte técnica, en el que se emplearán técnicas de investigación de tipo secuencial y que analice la realidad objetiva del problema a solucionar.

1.5. Metodología

En el presente documento se realizará la medición de las cargas y distinción de los diferentes circuitos eléctricos existentes de los sistemas de emergencia de la edificación modelo, en el que su funcionamiento ininterrumpido son imperativos. Posteriormente se procederá a seccionar las micro-redes de acuerdo con su funcionamiento o foco de acción.

Al culminar con esta etapa de seccionar e identificar las micro-redes se procederá a realizar el estudio y dimensionamiento de un sistema de generación que utilice energía solar fotovoltaica, determinando sus diferentes parámetros guardando su característica de autonomía y modos de operación de mayor efectividad para cada caso .

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2

2. SISTEMAS AUXILIARES DE EMERGENCIA ENERGÉTICA

2.1. Importancia y aplicaciones

Ciertas cargas en una infraestructura tienen un nivel de criticidad diferentes, en el que es necesario contar con un sistema de alimentación auxiliar para los casos en el que el suministro normal de energía falle o se suspenda, proveyendo de seguridad a las personas. Los sistemas de emergencia son sistemas de generación que alimentan de forma continua las cargas críticas de una instalación de acuerdo con el estudio y determinación de la criticidad de estas. (Velez Velasco, 1979)

En la actualidad con el desarrollo de nuevas tecnologías en los sistemas de generación y distribución del servicio de alimentación tradicional, los cortes de energía eléctrica siguen siendo una problemática para todos sus usuarios, independientemente de su actividad, que estos se reflejan como pérdidas económicas, como es en la industria con paros de producción, deterioro de sus productos. Los cortes eléctricos también pueden provocar pérdidas de vidas humanas como lo es en centro de salud especializados, clínicas, hospitales, espacios públicos, estaciones de transporte masivo de personas, etc.

Para cada emplazamiento en el que se necesite implementar un sistema alternativo energético se debe considerar la disponibilidad de diferentes fuentes de energía, en la situación actual y debido al cambio de la matriz energética, para tomar como fuente energética se revisarán todas las fuentes de energía renovables aprovechables para cada situación y se propondrá tomar la fuente de energía que mejor se acople a los parámetros técnicos, económicos y sociales que el proyecto esté limitado o requiera.

2.2. Características de un sistema auxiliar de emergencia energética

Un sistema auxiliar de emergencia energética (SAEE) cuenta con las siguientes características:

- Autonomía,
- Sostenibilidad,
- Fiabilidad,
- Accesible

Por autonomía se refiere a que el sistema tendrá la capacidad de responder a la demanda energética con un flujo estable, adecuado y suplir la demanda por un periodo de tiempo prudente sin sufrir una merma en cuanto a su funcionamiento.

Un SAEE es sostenible debido a que esta utiliza energía limpia, esto es que aprovecha la energía en cualquiera de sus formas transformándola en energía eléctrica sin tener como producto de su utilización algún tipo de desecho para su aprovechamiento.

Un sistema fiable que en cualquier condición de operación esta cumpla su objetivo a la vez de proporcionar seguridad a las personas y a la propiedad durante su uso.

2.3. Servicios auxiliares con alimentación por corriente alterna (AC)

Los servicios que requieren especial atención al momento de caracterizarlos dentro del sistema auxiliar son todos aquellos que forman parte de la alimentación de los sistemas de protecciones, alarmas, señalización, iluminación de emergencia e iluminación de áreas comunes y los servicios básicos para la operación normal del emplazamiento.

2.3.1. Cargas de servicios auxiliares

Las principales cargas para considerar dentro de un sistema o varios sistemas de emergencia se tienen:

- Equipos de bombeo de agua y otra maquinaria en general.
- Estaciones de compresión
- Iluminación de aceras, patio, calles y pasillos
- Equipos de comunicación y telecomunicaciones
- Equipo contra incendios
- Equipos de ventilación
- Tomas eléctricas en baja tensión

Las cargas mencionadas en el párrafo anterior deben ser tomadas en consideración en consonancia con el criterio de selección y funcionamiento del diseño que se desee realizar.

2.4. Energía Solar

La energía solar es la que llega al planeta Tierra en forma de radiación electromagnética procedente del sol, resultado del proceso de fusión nuclear que ocurre constantemente desde el astro central de nuestro sistema solar.

La luz, calor y rayos ultravioleta son aprovechables de dos formas distintas, una es por medio de la conversión térmica de alta temperatura, que se conoce como sistema fototérmico.

El otro medio es por conversión fotovoltaica, en el que un material expuesto a la luz solar genera voltaje y corriente eléctrica por medio de fenómenos físicos y químicos inherentes del material.

2.5. Dispositivos de acumulación de energía, baterías Químicas

Son dispositivos que toman la energía eléctrica, inyectada en forma de corriente directa, y la transforma en energía química durante el proceso de carga. Lo contrario ocurre cuando la batería está en proceso de descarga. El sistema de almacenamiento más utilizado de este tipo lo son las baterías recargables, que poseen la capacidad de sostener carga y liberarla posteriormente, una vez que la carga se merma en su totalidad esta puede recibir carga y guardarla en la forma de energía química como se ha mencionado anteriormente. (Revisión de las Caraterísticas de Sisitemas de Almacenamiento de Energía para Aplicacioes en Micro Redes, 2014)

Su capacidad de almacenamiento depende de la tensión (2.08 v por celda) y de la cantidad de plomo. Se estima que para almacenar 1 Kwh se precisan entre 20 y 40 kilos de ácido lo cual es un inconveniente en el dimensionamiento del sistema de almacenamiento. (García Barrios, Sevilla, p. 80)

2.6. Arquitectura de una micro-red

Las micro-redes eléctricas operan en bajo voltaje de distribución, y tienes desde dos o más fuentes de energía. Las micro-redes en su modo de operación básico tienen la posibilidad de operar conectado a la red de distribución (On grid) o desconectado a la red de distribución, que se conoce como red autónoma (Off grid). (Núñez Mata, Ortíz Villalba, & Palma-Behnke, 2013)

La estructura de una micro-red consiste en varios tipos de energía distribuida, como por ejemplo son arreglos de paneles solares, turbinas de viento, planta de generación térmica en la forma de generación distribuida, además de la inclusión de reserva energética almacenada en baterías. (Núñez Mata, Ortíz Villalba, & Palma-Behnke, 2013)

Los puntos de conexión en baja tensión de los puntos de conexión común conectados con la generación distribuida, el almacenamiento distribuido y las

cargas, que consisten en varios tipos existentes como son las residenciales, comerciales, de edificios, campus y complejos industriales se la define como una micro-red AC.

2.7. Elementos que componen una micro-red

2.7.1. Generación

El aprovechamiento de las diferentes fuentes de energía disponibles, serán las de disponibilidad directa o indirecta que para su uso energético sin necesidad de someterlas a un proceso de transformación. (Hernández Callejo, 2019)

Son fuentes de energía de tipo renovable o no renovable, las primeras aquellas que se reponen continuamente por procesos naturales. Las energías de tipo no renovable son aquellas que no se renuevan en ninguna circunstancia. (Hernández Callejo, 2019)

Algunos dispositivos de generación para las energías renovables son los paneles solares, generadores eólicos, microturbinas, celdas de combustible.

Generación centralizada

Estos sistemas tienen un nivel de implementación sencillo y de menor coste económico, el estudio de cargas sea en el ámbito de consumo y simultaneidad se debe realizarlo de manera minuciosa

Una de sus desventajas principales son los problemas en que las cargas cambian de manera inesperada, esto altera la planificación de generación versus consumo de la instalación eléctrica. Otra de las desventajas es que todos los usuarios son beneficiarios y a la vez la responsabilidad de operación, gestión, control y mantenimiento no recae en la responsabilidad individual de un consumidor. (Hatziaargyriou, Asano, Iravani, & Marnay, 2007)

Generación no centralizada

Estos sistemas tienen un nivel de implementación muy complejo, ya que, para cada usuario se debe realizar el estudio de cargas contemplando sus necesidades y evaluación de riesgo respectivo.

Una ventaja que posee es su alta fiabilidad y requerimiento técnico simplificado, el desarrollo y funcionamiento del sistema no sufre perturbaciones de mayor significancia, pues cada usuario puede realizar modificaciones que pueden ser cubiertas por el criterio de flexibilidad que se utiliza en la fase del diseño.

2.7.2. Almacenamiento

De tipo eléctrico-térmico, se utilizan dispositivos tales como baterías de ultracapacidad con sostenimiento de carga en largos periodos de tiempo.

Las características de los equipos de almacenamiento definirán la calidad de energía almacenada y disponibilidad a largo plazo de alimentación de energía eléctrica a las cargas.

2.7.3. Cargas

Se las divide de acuerdo con la calidad de suministro que éstas necesitaran, sean cargas críticas o cargas presentes en procesos industriales.

En el presente diseño se seleccionarán las cargas de iluminación, del sistema de bombeo del agua y el sistema de luces de emergencia que serán las cargas de mayor importancia en el caso de un fallo en el sistema de distribución principal.

Existen cargas de tipo resistivo, capacitivo e inductivo. Las dos últimas las encontramos en equipos que requieren de fuerza electromotriz para su accionamiento.

2.7.4. Interruptores

Dispositivos que cumplen la función de abrir o cerrar el circuito de generación y distribución, hacen la función de puente entre la micro-red y el punto de interconexión con la red eléctrica principal. Es el elemento eléctrico-mecánico más robusto de todas las protecciones del sistema.



Figura 1 Interruptor 240Vac, desde 30 hasta 600 amperios.

2.7.5. Protecciones

Estos cumplen la tarea de conexión, desconexión y reconexión del sistema de distribuido de generación. Sus tiempos de ejecución entre una acción y la otra deben ser cortos para suplir con la demanda energética ausente proveniente de la acometida principal de distribución.

Existen diferentes relés y combinaciones de relés, todos configurados para una tarea de protección diferentes, entre los más comunes utilizados en los sistemas de generación se tienen, relé de sobrecorriente, relé direccional, relé diferencial, relé de distancia, relé piloto.

Relé de sobrecorriente

Este relé se utiliza para proteger de la falla por incremento de la corriente para todo nivel de voltaje del sistema, su ajuste se realiza de acuerdo con los criterios se protegerán las fases o la tierra.

Relé direccional

Estos relés generalmente se utilizan como complemento para otros equipos de protección. Este elemento permite cortar el circuito únicamente para una dirección de flujo de corriente, los demás relés determinan las demás condiciones de la falla y su posterior activación.

Relé diferencial

Este elemento opera solamente cuando el vector diferencia de dos o más parámetros eléctricos similares exceden un valor predeterminado. La mayoría de los relés diferenciales son utilizados como tipo 'corriente-diferencial'. Otro modo de utilización es la diferencia de porcentaje, este se conecta en un circuito diferencial y su funcionamiento es similar al tipo de sobrecorriente.

Relé de distancia

Este elemento compara el voltaje y la corriente del sistema de potencia. Operan cuando la relación de supervisión es menor al valor de configuración que se le ha dado al relé.

Relé piloto

Este elemento de protección es el más parecido al relé de corriente-diferencial. Los principios de voltaje oponible y la corriente circulante permiten accionar en ambos lados de la línea para una línea de corriente de cortocircuito.

CAPÍTULO 3

3. SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.1. Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica

Existen dos efectos físicos que permiten la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica: el termoeléctrico y el fotoeléctrico. En el primero, la corriente eléctrica se produce a partir del calor de la radiación luminosa, mientras que, en el segundo, es la energía de los corpúsculos constituyentes de la luz (fotones) la que se aprovecha para producir electricidad. (Jarabo Friedrich, Pérez Dominguez, Elortegui Escartin, Fernandez González, & Macías Hernandez, 1988, p. 73)

La luz que cae sobre la celda fotovoltaica puede ser reflejada, absorbida o atravesada, mas solo la luz absorbida es la que genera electricidad. La energía de la luz absorbida por la célula es transferida a los electrones de la celda fotovoltaica. Esta energía inyectada provoca que los electrones escapen de sus posiciones habituales dentro del material semiconductor.

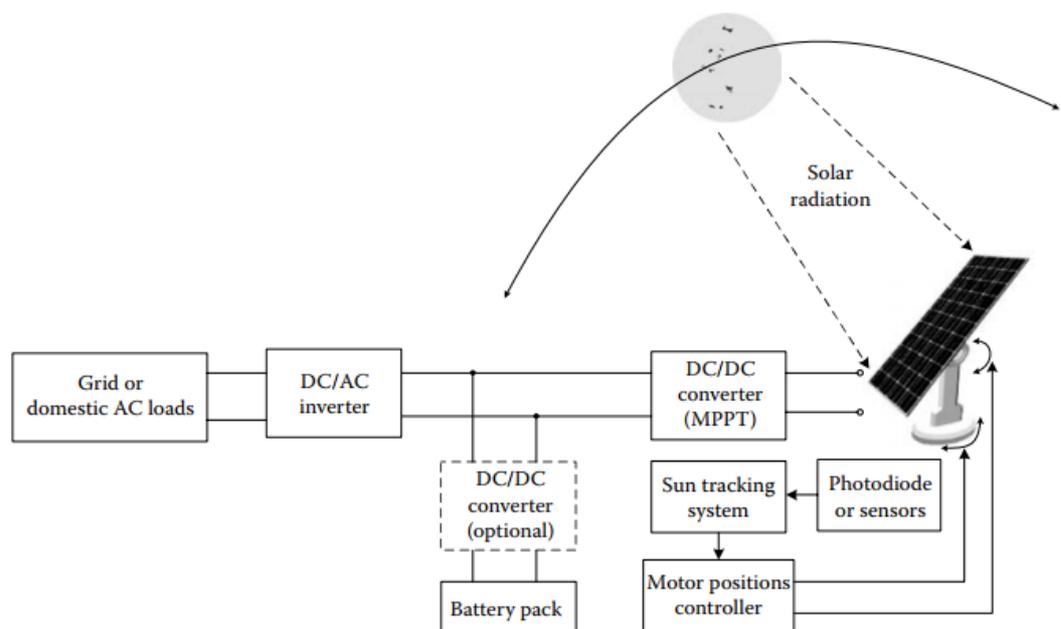


Figura 2 Diagrama de bloques de elementos que componen la micro-red. (Khaligh & Onar, 2010)

3.2. Células fotovoltaicas y sus tecnologías

El desarrollo de diferentes equipos con mejor eficiencia ha resultado en tres tipos de células fotovoltaicas principales, como es Silicio monocristalino, Silicio policristalino y silicio amorfo.

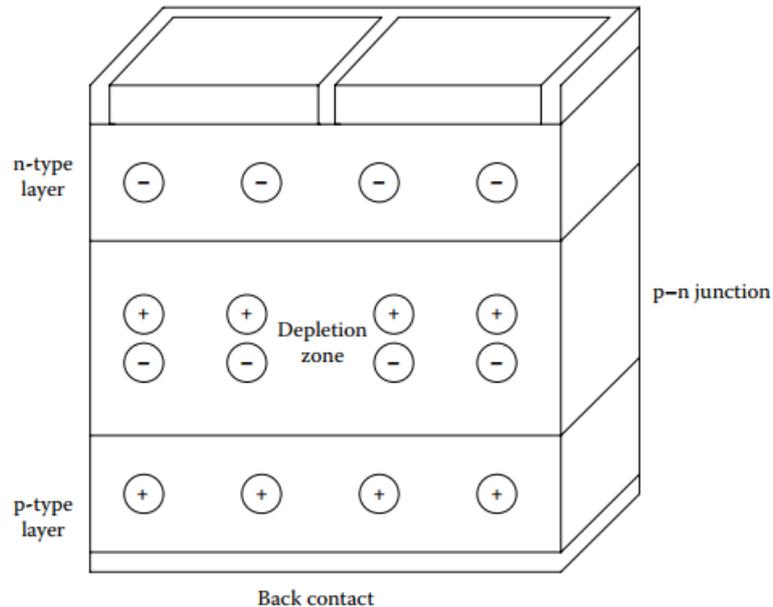


Figura 3 Capas que conforman una célula fotovoltaica. (Khaligh & Onar, 2010)

3.2.1. Silicio monocristalino

Es el material con mayor disponibilidad y el principal producto elaborado y desarrollado de la industria. Su rango de eficiencia está entre los catorce y diez y ocho por ciento. Todos los átomos de estas celdas están perfectamente ordenados, físicamente tienen un aspecto de color azulado oscuro y un brillo metálico. (Jarabo Friedrich, Pérez Dominguez, Elortegui Escartin, Fernandez González, & Macías Hernandez, 1988)

El silicio purificado y cortado en obleas de forma rectangular se los monta para formar un panel rectangular. La principal desventaja de este método de fabricación es que el desperdicio de silicio es considerable pues la materia prima que más valor económico posee es el mineral que no ha sido utilizado de forma óptima. Existen métodos de corte para solventar esta problemática, pero resulta en paneles solares de grandes dimensiones, los que en su

práctica son una desventaja pues el tema de espacio es primordial. (Jarabo Friedrich, Pérez Dominguez, Elortegui Escartin, Fernandez González, & Macías Hernandez, 1988)

3.2.2. Silicio policristalino

Este es un proceso rápido y de bajo coste para elaborar células cristalinas. El silicio derretido se lo forja en lingotes, el cual forma múltiples cristales. Su eficiencia de conversión se ve mermada por este proceso. Debido a que la estructura cristalina es imperfecta, no puede ser degradada con imperfecciones. Las direcciones de alineación cambian de dirección durante el proceso de deposición. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008)

Este tipo de célula fotovoltaica ha acaparado la mayoría del mercado debido a su bajo coste para todo tipo de aplicaciones comerciales. Su rango de eficiencia está entre los seis y veinte por ciento. (Jarabo Friedrich, Pérez Dominguez, Elortegui Escartin, Fernandez González, & Macías Hernandez, 1988)

3.2.3. Silicio Amorfo

Esta celda no tiene una estructura cristalina ordenada y el silicio se ha depositado sobre una base transparente en forma de una lámina fina. Físicamente tiene un aspecto marrón y gris oscuro. Debido a su exposición al sol, estos se degradan de manera acelerada respecto a los otros tipos de celdas. Su eficiencia es entre cinco y trece por ciento. (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008)



Figura 4 Arreglo de paneles solares fotovoltaicos. GettyImages

3.3. Características principales de los acumuladores

3.3.1. Capacidad nominal

Se refiere a la cantidad de energía que puede almacenarse, esta energía será el total de la cantidad de electricidad aprovechable que se obtiene desde una batería cargada al máximo hasta su descarga total. El tiempo de descarga es fundamental para determinar la capacidad nominal del acumulador pues, si esta aumenta si el proceso de descarga es lento y esta disminuye cuando el proceso de descarga es rápido. Esta característica se la mide en amperios-hora [Ah].

3.3.2. Profundidad de descarga

Cantidad de energía extraída de un acumulador inicialmente a plena carga, este valor se lo expresa en porcentaje. Esta característica nos permite cuantificar la cantidad de energía eléctrica útil almacenada.

3.3.3. Ciclos de carga y descarga

Se denomina así al proceso de descarga total y carga máxima que sucede en su periodo de operación. Un acumulador de energía requiere que funcione por extensas repeticiones del ciclo de carga y descarga. Tanto la calidad y costo del acumulador se tasa de acuerdo con esta característica además de su tecnología, pues un equipo que soporte múltiples ciclos de carga y descarga supone hacer una reposición de este tras largos periodos de utilización.

3.3.4. Auto descarga

Se denomina así a la pérdida de energía acumulada en la batería cuando esta permanece en circuito abierto o almacenada. La cantidad de energía perdida dependerá del tipo de batería y la temperatura a la cual ésta esté almacenada sin utilizarse.

3.4. Regulador de carga

Por razones de seguridad es importante que las baterías no se carguen excesivamente y debe ser evitado en todo momento. Sobrecargar este elemento produce que el sostenimiento de carga de la batería se merme, y la vida útil se acorte. El regulador de carga permite alcanzar la carga máxima sin que esta sobrecargue al acumulador y provoque daños inherentes de esta acción.

3.5. Inversor

Equipo que realiza la conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC). Este equipo realiza una función crítica en el sistema, pues este se encarga de entregar una señal de nivel de voltaje correcto y frecuencia igual a la red. Si se tiene un sistema fotovoltaico híbrido a este se agrega un módulo de conversión AC a DC. Para fines más prácticos se utiliza un inversor bidireccional.

3.6. Sistema fotovoltaico conectado a la red

Se trata de un sistema fotovoltaico que funciona en paralelo a la acometida tradicional de la empresa eléctrica. Este tipo de sistema es utilizado generalmente para entregar energía eléctrica a cargas específicas, o energizar cargas cuando la red principal de alimentación no pueda proveer de la energía eléctrica a los circuitos eléctricos. (Jäger, Isabella, van Swaij, & Zerman, 2014)

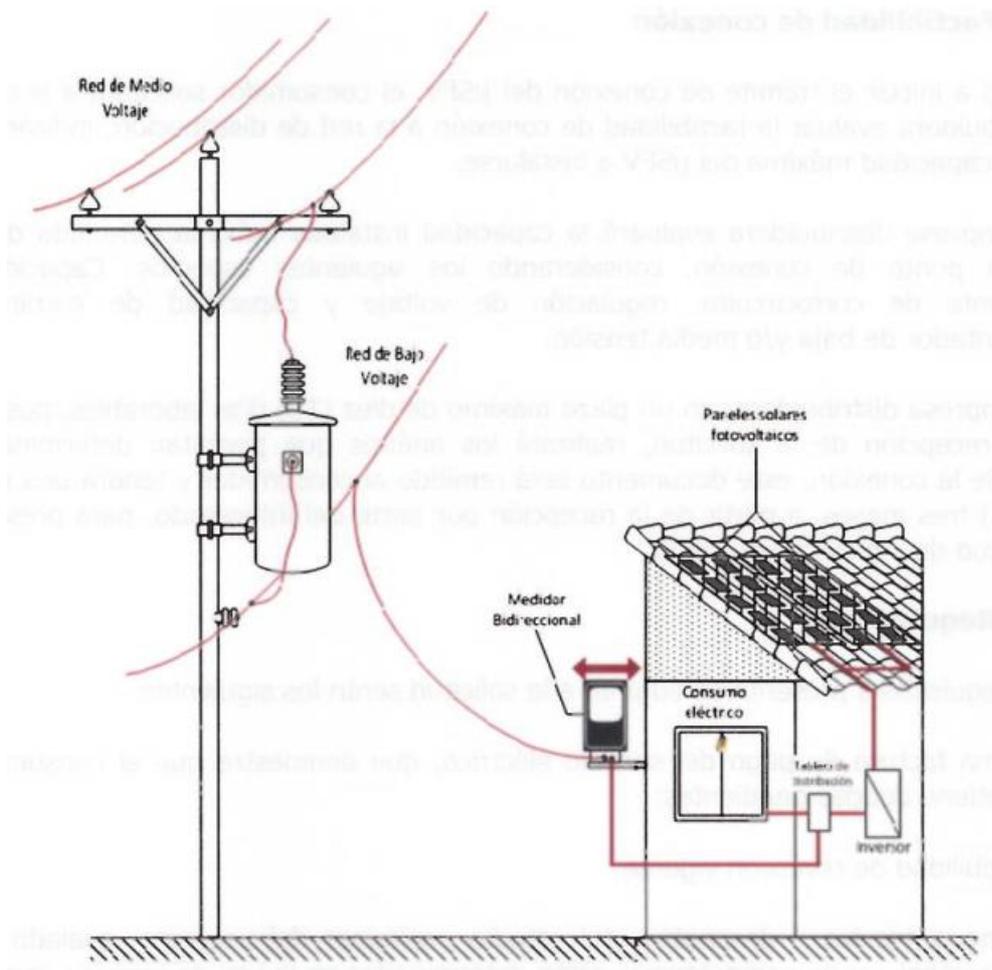


Figura 5 Esquema básico de sistema conectado a la red. Arconel

3.7. Intensidad solar

Este parámetro indica la corriente que el panel fotovoltaico puede producir con distintos ángulos de incidencia solar, la referencia se la realiza con el

ángulo del sol medido desde la normal. Gracias a la ley de cosenos se puede deducir que el mayor aprovechamiento del recurso solar ocurre entre ángulos de cero y cincuenta grados, y para ángulos superiores a los ochenta y cinco grados la celda no genera potencia alguna.

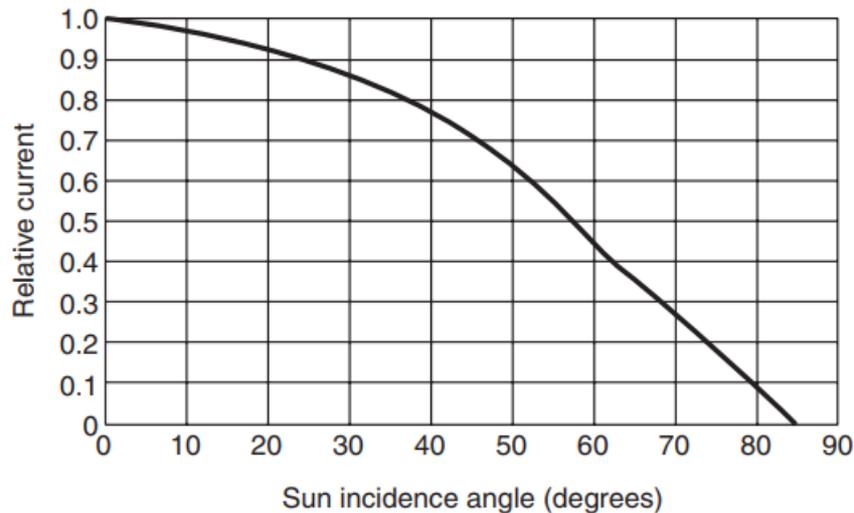


Figura 6 Curva de corriente vs ángulo de incidencia del sol. (Patel, 2006)

3.8. Dimensionamiento para sistema fotovoltaico

Para realizar el correcto dimensionamiento es necesario conocer la radiación solar incidente y la demanda estimada de la instalación. Con esto se calcularán las capacidades de los paneles, y de los equipos de acumulación. (Aguirre H., 2009)

Existen varios criterios para realizar el diseño de un sistema fotovoltaico. Uno de ellos es el denominado 'Método del peor mes', consiste en tomar las condiciones desfavorables para así garantizar el funcionamiento de la instalación, esto a su vez da como consecuencia que el sistema para los demás periodos de tiempo operara en condiciones superiores al límite de operación diseñados. (Aguirre H., 2009)

Para determinar la demanda de energía que tendrá el sistema se tendrá que hacer un levantamiento de la carga que el sistema alimentará. Además, para asegurar la obtención de la demanda energética aproximada, será

necesario recuperar las características de potencia y número de horas de funcionamiento.

3.8.1. Evaluación del consumo total

La determinación correcta de la carga es uno de los factores más importantes, pues este será el objeto de alimentación de la energía. Para calcular el consumo energético diario, basta con multiplicar la corriente de las cargas por las horas de utilización. (Jäger, Isabella, van Swaaij, & Zerman, 2014)

3.8.2. Evaluación de la radiación total disponible

La radiación solar se presenta en unidades de kilo vatios hora sobre metros cuadrados

$$\text{Radiación solar , unidad: } \left[\frac{kWh}{m^2} \right]$$

Este valor es utilizado para determinar la dimensión del arreglo de paneles fotovoltaicos.

Para determinar este valor es necesario conocer la mayor cantidad de datos geográficos posibles, actualmente existen softwares capaces de simular las condiciones meteorológicas de acuerdo con la posición geográfica donde se realizará la implementación del sistema de distribución para la micro-red.

3.8.3. Tamaño de la captación

Dimensionar correctamente el número de paneles que se utilizaran en la instalación es una fase crítica, pues de esto dependerá mucho el costo y el rendimiento del sistema fotovoltaico. (Aguirre H., 2009)

El procedimiento para dimensionar es determinar la capacidad de los acumuladores, esto es en amperios hora [Ah] y la cantidad de paneles

conectados en serie y en paralelo para el voltaje requerido. (Khaligh & Onar, 2010)

En este paso se considerarán las pérdidas del sistema. Para los ciclos de carga el voltaje de la matriz deberá ser superior al voltaje del banco de baterías. También, se considerará un periodo de autonomía razonable, para que en este tiempo los acumuladores puedan suplir la demanda de las cargas sin recibir energía del sistema fotovoltaico.

3.8.4. Dimensionamiento de los equipos de generación

Para el diseño correcto del arreglo de paneles solares para el sistema se utilizan las ecuaciones mencionadas a continuación,

Determinación del número de paneles conectados en serie

Se utiliza la siguiente fórmula

$$N_s = \frac{V_{Sistema}}{V_{Modulo}}$$

Donde N_s es el número de paneles conectados en serie, $V_{sistema}$ es el voltaje nominal del sistema, V_{modulo} es el voltaje de cada panel. Cuando el resultado de esta ecuación no es un número entero, este se redondea a su entero mayor. (Khaligh & Onar, 2010)

Determinación del número de paneles conectados en paralelo

Se utiliza la siguiente ecuación

$$N_p = \frac{L_{DA} * (A:L)}{(1 - SL) * SH * I_{mp}}$$

Donde N_p es el número de hileras paralelas, L_{DA} es la carga diaria promedio, SH son las horas sol disponibles e I_{mp} es la corriente máxima. (Khaligh & Onar, 2010)

Tabla 1 Radiación Solar disponible para la coordenada geográfica propuesta.

Radiación solar			
	Irradiación global horizontal	Irradiación directa normal	Irradiación difusa horizontal
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Ene	127	65	80
Feb	121	61	76
Mar	148	81	86
Abr	140	84	78
May	130	79	75
Jun	118	73	70
Jul	126	79	73
Ago	145	94	77
Sep	152	93	81
Oct	149	82	85
Nov	140	78	82
Dic	134	72	81
Anual	1632	941	943

Los valores de la radiación solar disponible fueron tomados del Software de simulación SolarGIS, se toman datos de estaciones meteorológicas que comparten sus análisis con la red pública para realizar la proyección de radiación solar. Se compararon los resultados de la simulación junto con el Atlas solar del Ecuador elaborado por Conelec en el año 2008.

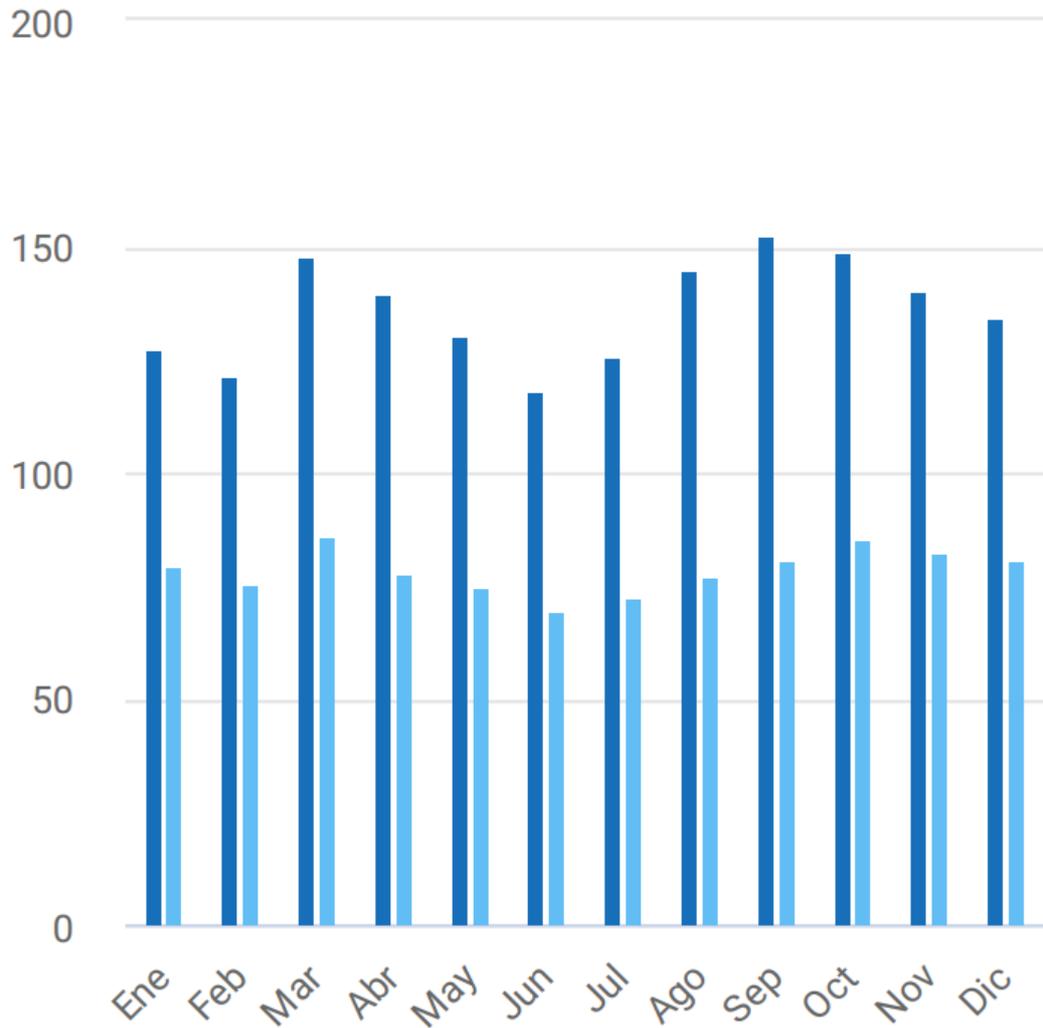


Figura 8 Diagrama de irradiación solar + Irradiación Difusa Horizontal en periodos mensuales.

4.2. Seccionamiento de micro-red

Para un edificio de actividades comerciales, se han determinado dos sistemas de emergencia de alta importancia, que son, sistema de iluminación de áreas comunes, esto engloba los elementos de iluminación estroboscópicos además de las luminarias sencillas colocadas en corredores y escaleras. El otro sistema de emergencia es el de bombeo de agua, abastecer del servicio de agua potable es urgente para que las actividades de la edificación no cesen.

Se realizará el levantamiento de cargas para cada circuito. Posterior el dimensionamiento y selección del sistema de supervisión y control para cada circuito.

4.3. Características del circuito eléctrico, micro-red # 1

A continuación, se indicarán en la siguiente tabla los datos, producto del levantamiento de cargas:

Tabla 2 Características principales de la micro-red 1.

Voltaje nominal del sistema 120 Vac	Los equipos de iluminación LED y de señalización de emergencia funcionan al mismo nivel de voltaje. Luces estroboscópicas 2.4 W, 120-277 [V]
Días de autonomía: 2 días	Tiempo prudente en caso de que la red no pueda ser alimentada por la red principal en caso de un fallo o corte del servicio.
Carga total diaria	Voltaje nominal del sistema y días de autonomía, se toma el valor en [Ah] multiplicado por los días de autonomía, este resultado indica la capacidad de los acumuladores para el sistema. Para asegurar la disponibilidad del sistema cuando durante los días de autonomía existirá la posibilidad de que la carga diaria real, exceda la carga diaria calculada inicialmente, por lo que se multiplicará por un factor de seguridad de 1,5.

4.3.1. Carga diaria promedio

En la tabla a continuación se detallan las cargas correspondientes al circuito:

Tabla 3 Resumen de cargas asignadas a la micro-red #1.

Ubicación	Potencia [W]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Duración diaria [horas]	Cantidad	Consumo equivalente [Ah/día]
<i>Entrada</i>	8.5	120	0.0708	8	3	1.6992
<i>Pasillos</i>	8.5	120	0.0708	12	23	19.5408
<i>Escaleras</i>	8.5	120	0.0708	12	9	8.424
<i>Cuarto de bombas</i>	8.5	120	0.0708	2	2	0.2832
<i>Baño</i>	8.5	120	0.0708	1	1	0.0708
<i>Oficina de administración</i>	8.5	120	0.0708	10	1	0.708
<i>Baño Ofic. Administración</i>	8.5	120	0.0708	1	1	0.0708
<i>Parqueaderos</i>	12	120	0.1	7	2	1.4
<i>Señalética de emergencia</i>	0.9	120	0.0075	1	8	0.06
<i>Lámparas estroboscópicas</i>	2.4	120	0.02	1	5	0.1
					Subtotal	32.356

4.3.2. Dimensionamiento de los acumuladores

Al valor de la carga diaria calculado en la etapa anterior se multiplica por los días de autonomía y por el factor de seguridad considerados para el sistema. La capacidad de los acumuladores será de:

$$32.356[Ah/día] \times 2[días] \times 1.5 = 97,68 [Ah]$$

La capacidad de las baterías para el circuito será de 100[Ah].

Generalmente los acumuladores tienen una tensión nominal de dos voltios, esto es, el arreglo de batería conectadas en serie para el voltaje del sistema antes del inversor es de veinte y cuatro voltios, se conectarán doce baterías en serie.

4.3.3. Dimensionamiento del sistema de captación

Utilizamos la ecuación planteada en la sección 3.8.4 para determinar los paneles en serie,

$$N_s = \frac{V_{Sistema}}{V_{Modulo}} = \frac{120 [V]}{24 [V]} = 5$$

Se conectarán cinco paneles en paralelo.

Utilizamos la ecuación planteada en la sección 3.8.4 para determinar los paneles en paralelo, para este caso tomaremos A:L con un valor de 1,4 para asegurar la estabilidad del sistema.

$$N_p = \frac{L_{DA} * (A:L)}{(1 - SL) * SH * I_{mp}} = \frac{L_{DA} * 1,4}{(1 - 0,4) * 9 * 7,19} = \frac{45,298}{38,826} = 1,167 \approx 2$$

L_{DA} es la carga diaria del circuito (32.35[Ah/día]).

El número de paneles colocados en paralelo será de dos.

El sistema de captación constará de una matriz de cinco por dos, los paneles utilizados son de 115 W_p .

4.3.4. Estadísticas mensuales del sistema FV

Tabla 4 Potencia generada calculada con software SolarGIS

Mes	GTI	GTI	PVOUT_total	PVOUT_total	PVOUT_specific	PVOUT_specific	PR
	Sumas mensuales	Promedios diarios	Sumas mensuales	Promedios diarios	Sumas mensuales	Promedios diarios	
	kWh/m ²	Wh/m ²	kWh	Wh	kWh/kWp	Wh/kWp	%
Ene	132	4258	220	7111	93	2987	70.1
Feb	123	4401	205	7336	86	3081	70
Mar	144	4650	240	7739	101	3248	69.9
Abr	130	4333	217	7233	91	3039	70.1
May	117	3764	196	6321	82	2656	70.5
Jun	104	3477	176	5876	74	2467	71
Jul	113	3632	190	6144	80	2581	71
Ago	134	4309	225	7269	95	3053	70.8
Sep	147	4890	246	8199	103	3444	70.5
Oct	150	4831	250	8079	105	3393	70.3
Nov	146	4856	243	8115	102	3407	70.1
Dic	140	4530	234	7552	98	3173	70
Anual	1579	4326	2645	7247	1111	3044	70.3

Se indican los valores estimados teóricos de producción energética del sistema fotovoltaico para la micro-red 1. Se observa que la energía producida estimada en el periodo de un año es de dos mil seiscientos cuarenta y cinco kilovatios hora, con un rendimiento energético promedio del setenta punto tres por ciento. Estos valores nos indican que tanto la ubicación geográfica global, como el sitio de emplazamiento resultan muy favorables para instalar un sistema de generación solar fotovoltaico.

4.3.5. Perfiles horarios promedio

Los perfiles de generación eléctrica fotovoltaica son la síntesis de todas las variables teóricas de cada mes. Estos gráficos indican los cambios en la generación respecto a las posibles variaciones climáticas y el tipo de configuración fotovoltaica del sistema de generación.

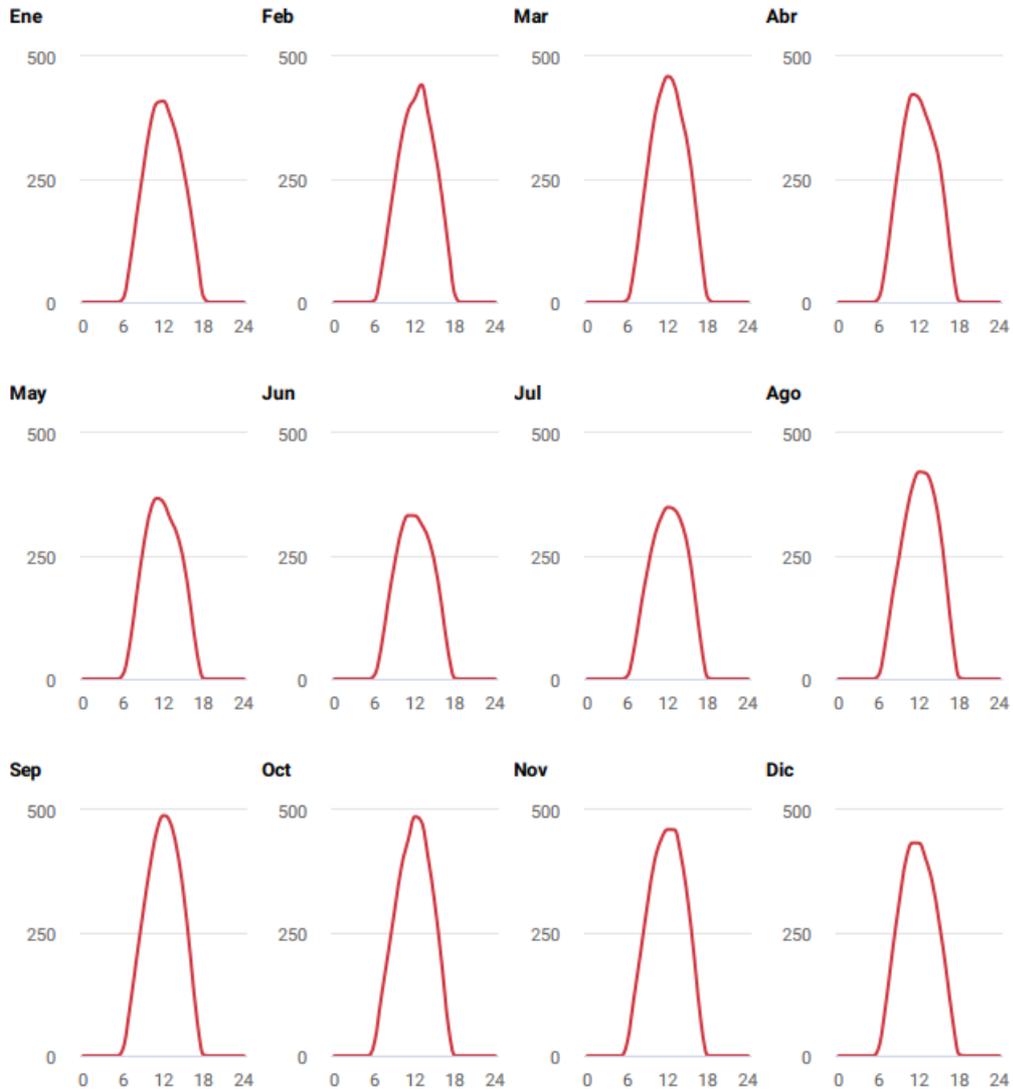


Figura 9 Diagramas mensuales de producción fotovoltaica específica. Promedio horario mensual.

Como se puede intuir, la mayor producción energética ocurre al medio día, tiempo en el que la posición del sol respecto a la superficie terrestre es cercana a ser perpendicular. Se muestra los picos de generación teóricos para el sistema diseñado. Se puede observar que los meses de mayo, junio y julio son los meses de generación más pobres.

En el gráfico mostrado a continuación se indican agrupados los valores de generación, el eje vertical indica los periodos de tiempo a lo largo del día, mientras que en su eje horizontal en la parte superior el gráfico está seccionado por meses, y debajo observamos la sumatoria total de la generación horaria mensual promedio. Tal como se evidenció con los gráficos anteriores, los meses de mayo, junio y julio son los meses de menor generación, mientras que los meses de mayor generación corresponderían a marzo, septiembre y octubre.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-7	8	4	6	9	11	8	7	9	16	28	30	17
7-8	79	64	70	77	73	65	63	76	100	119	122	101
8-9	177	154	173	184	173	155	148	167	199	207	215	209
9-10	271	246	277	287	268	236	223	246	296	297	310	309
10-11	358	331	372	378	339	302	288	328	386	384	394	396
11-12	405	389	430	422	367	332	328	391	457	438	439	433
12-13	409	414	459	414	359	332	349	421	488	486	460	432
13-14	378	442	441	381	326	314	344	418	474	475	459	400
14-15	335	381	381	340	295	286	319	388	420	401	405	351
15-16	269	308	317	286	240	233	267	317	329	307	315	271
16-17	191	220	216	188	152	150	175	207	205	190	194	178
17-18	97	113	98	71	52	53	68	82	73	61	64	74
18-19	10	15	8	2	1	1	2	3	1	0	0	2
19-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	2987	3081	3250	3038	2655	2468	2580	3053	3445	3393	3408	3172

Figura 10 Promedio horario mensual. Sumatoria de generación mensual promedio.

4.3.6. Rendimiento durante la vida útil

Se realiza la proyección a lo largo de la vida útil del sistema fotovoltaico, se ha considerado un tiempo de vida útil de veinte y cinco años, se considera la degradación de los equipos y se calculan las cantidades teóricas de

generación para cada año. Se toma una tasa de degradación constante debido a que el ambiente no es hostil, además que se considera que se seguirá un plan de mantenimiento preventivo estricto a los equipos y cableado del sistema.

Tabla 5 Proyección de generación eléctrica a lo largo de la vida útil del sistema de generación.

Final de año	Tasa de degradación	PVOUT_specific	PVOUT_total	PR
	%	kWh/kWp	kWh	%
Teórico	-	1111	-	70.3
1	0.8	1102	2624	69.8
2	0.5	1096	2610	69.4
3	0.5	1091	2597	69.1
4	0.5	1085	2584	68.7
5	0.5	1080	2572	68.4
6	0.5	1075	2559	68
7	0.5	1069	2546	67.7
8	0.5	1064	2533	67.4
9	0.5	1059	2520	67
10	0.5	1053	2508	66.7
11	0.5	1048	2495	66.4
12	0.5	1043	2483	66
13	0.5	1038	2470	65.7
14	0.5	1032	2458	65.4
15	0.5	1027	2446	65
16	0.5	1022	2434	64.7
17	0.5	1017	2421	64.4
18	0.5	1012	2409	64.1
19	0.5	1007	2397	63.8
20	0.5	1002	2385	63.4
21	0.5	997	2373	63.1
22	0.5	992	2361	62.8
23	0.5	987	2350	62.5
24	0.5	982	2338	62.2
25	0.5	977	2326	61.9
Promedio	0.5	1038	2472	65.7
Acumulado	12.8	-	61799	-

4.4. Características del circuito eléctrico, micro-red # 2

A continuación, se indicarán en la siguiente tabla los datos, producto del levantamiento de cargas:

Tabla 6 Características principales de la micro-red 2.

Voltaje nominal del sistema 110 Vac	Los equipos de iluminación LED y de señalización de emergencia funcionan al mismo nivel de voltaje. Luces estroboscópicas 2.4 W, 120-277 [V]
Días de autonomía: 2 días	Tiempo prudente en caso de que la red no pueda ser alimentada por la red principal en caso de un fallo o corte del servicio.
Carga total diaria	Voltaje nominal del sistema y días de autonomía, se toma el valor en [Ah] multiplicado por los días de autonomía, este resultado indica la capacidad de los acumuladores para el sistema. Para asegurar la disponibilidad del sistema cuando durante los días de autonomía existirá la posibilidad de que la carga diaria real, exceda la carga diaria calculada inicialmente, por lo que se multiplicará por un factor de seguridad de 1,5.

4.4.1. Carga diaria promedio

En la tabla a continuación se detallan las cargas correspondientes al circuito:

Tabla 7 Resumen de cargas asignadas a la micro-red #2.

Ubicación	Potencia [W]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Duración diaria [horas]	Cantidad	Consumo equivalente [Ah/día]
<i>Entrada</i>	8.5	120	0.0708	8	4	2.266
<i>Pasillos</i>	8.5	120	0.0708	12	26	22.090
<i>Escaleras</i>	8.5	120	0.0708	12	11	9.346
<i>Cuarto de bombas</i>	8.5	120	0.0708	2	1	0.142
<i>Baño</i>	8.5	120	0.0708	1	1	0.0708
<i>Parqueaderos</i>	12	120	0.1	7	2	1.4
<i>Señalética de emergencia</i>	0.9	120	0.0075	1	7	0.053
<i>Lámparas estroboscópicas</i>	2.4	120	0.02	1	5	0.1
					Subtotal	35.468

4.4.2. Dimensionamiento de los acumuladores

Al valor de la carga diaria calculado en la etapa anterior se multiplica por los días de autonomía y por el factor de seguridad considerados para el sistema. La capacidad de los acumuladores será de:

$$35.47[Ah/día] \times 2[días] \times 1.5 = 106.410[Ah]$$

La capacidad de las baterías para el circuito será de 110[Ah].

Generalmente los acumuladores tienen una tensión nominal de dos voltios, esto es, el arreglo de batería conectadas en serie para el voltaje del sistema antes del inversor es de veinte y cuatro voltios, se conectarán doce baterías en serie.

4.4.3. Dimensionamiento del sistema de captación

Utilizamos la ecuación planteada en la sección 3.8.4 para determinar los paneles en serie,

$$N_s = \frac{V_{Sistema}}{V_{Modulo}} = \frac{120 [V]}{24 [V]} = 5$$

Se conectarán cinco celdas en serie.

Utilizamos la ecuación planteada en la sección 3.8.4 para determinar los paneles en paralelo, para este caso tomaremos A:L con un valor de 1,4 para asegurar la estabilidad del sistema.

$$N_p = \frac{L_{DA} * (A:L)}{(1 - SL) * SH * I_{mp}} = \frac{L * 1,4}{(1 - 0.4) * 9 * 7.19} = \frac{45.416}{38,826} = 1.279 \approx 2$$

L_{DA} es la carga diaria del circuito (35.47[Ah/día]).

El número de paneles colocados en paralelo será de dos.

El sistema de captación constará de una matriz de cinco por dos, los paneles utilizados son de 115 W_p .

4.4.4. Estadísticas mensuales del sistema FV

Tabla 8 Potencia generada calculada con software SolarGIS.

Mes	GTI	GTI	PVOUT_total	PVOUT_total	PVOUT_specific	PVOUT_specific	PR
	Sumas mensuales	Promedios diarios	Sumas mensuales	Promedios diarios	Sumas mensuales	Promedios diarios	
	kWh/m ²	Wh/m ²	kWh	Wh	kWh/kWp	Wh/kWp	%
Ene	132	4258	215	6926	93	2987	70.1
Feb	123	4401	200	7148	86	3081	70
Mar	144	4650	234	7535	101	3248	69.9
Abr	130	4333	211	7047	91	3039	70.1
May	117	3764	191	6159	82	2656	70.5
Jun	104	3477	172	5724	74	2467	71
Jul	113	3632	186	5986	80	2581	71
Ago	134	4309	219	7079	95	3053	70.8
Sep	147	4890	240	7987	103	3444	70.5
Oct	150	4831	244	7868	105	3393	70.3
Nov	146	4856	237	7904	102	3407	70.1
Dic	140	4530	228	7356	98	3173	70
Anual	1579	4326	2576	7058	1111	3044	70.3

Se indican los valores estimados teóricos de producción energética del sistema fotovoltaico para la micro-red 2. Se observa que la energía producida estimada en el periodo de un año es de dos mil quinientos setenta y seis kilovatios hora, con un rendimiento energético promedio del setenta punto tres por ciento. Estos valores nos indican que tanto la ubicación geográfica global, como el sitio de emplazamiento resultan muy favorables para instalar un sistema de generación solar fotovoltaico.

4.4.5. Perfiles horarios promedio

Los perfiles de generación eléctrica fotovoltaica son la síntesis de todas las variables teóricas de cada mes. Estos gráficos indican los cambios en la generación respecto a las posibles variaciones climáticas y el tipo de configuración fotovoltaica del sistema de generación.

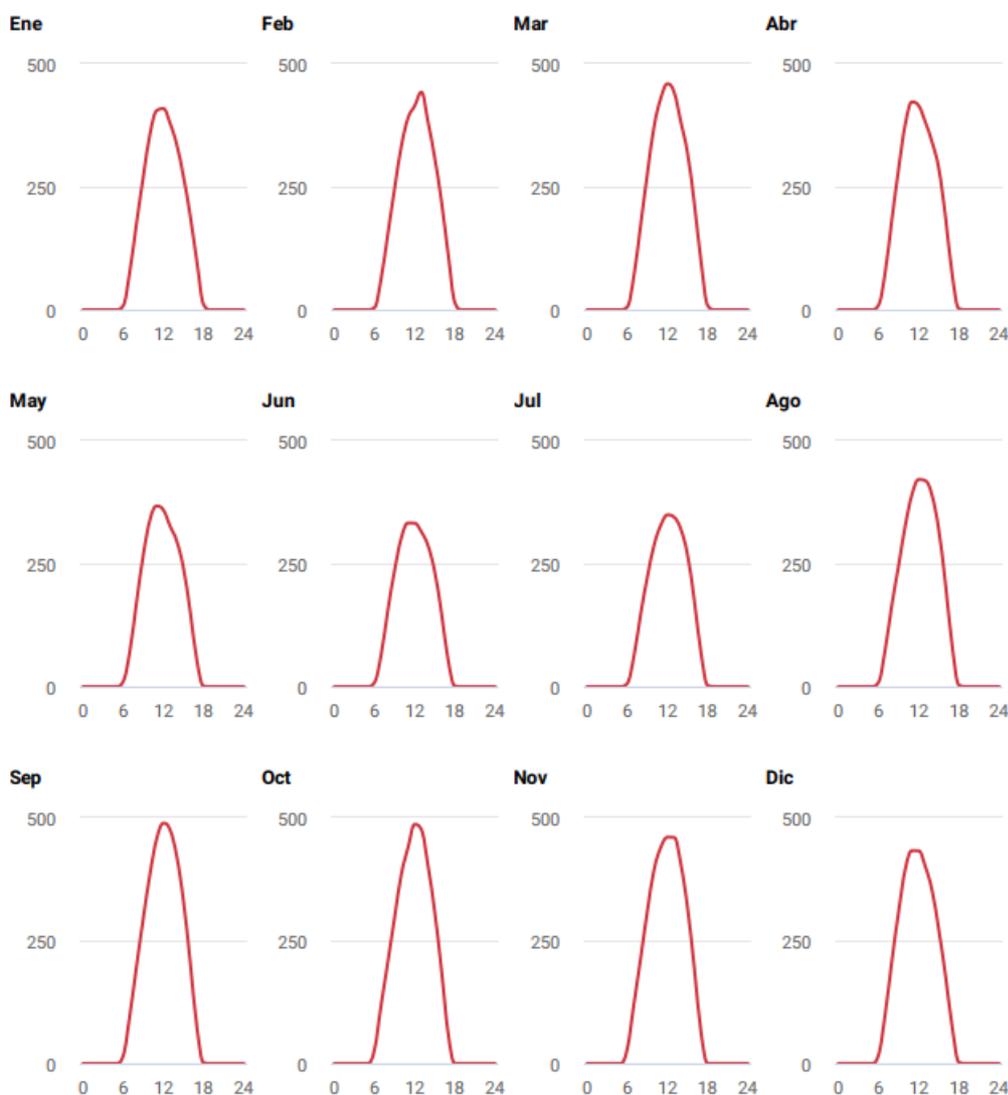


Figura 11 Diagramas mensuales de producción fotovoltaica específica. Promedio horario mensual.

Producción FV específica. Promedios horarios mensuales

Como se puede intuir, la mayor producción energética ocurre al medio día, tiempo en el que la posición del sol respecto a la superficie terrestre es cercana a ser perpendicular. Se muestra los picos de generación teóricos para

el sistema diseñado. Se puede observar que los meses de mayo, junio y julio son los meses de generación más pobres.

En el gráfico mostrado a continuación se indican agrupados los valores de generación, el eje vertical indica los periodos de tiempo a lo largo del día, mientras que en su eje horizontal en la parte superior el gráfico está seccionado por meses, y debajo observamos la sumatoria total de la generación horaria mensual promedio. Tal como se evidenció con los gráficos anteriores, los meses de mayo, junio y julio son los meses de menor generación, mientras que los meses de mayor generación corresponderían a marzo, septiembre y octubre.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-7	8	4	6	9	11	8	7	9	16	28	30	17
7-8	79	64	70	77	73	65	63	76	100	119	122	101
8-9	177	154	173	184	173	155	148	167	199	207	215	209
9-10	271	246	277	287	268	236	223	246	296	297	310	309
10-11	358	331	372	378	339	302	288	328	386	384	394	396
11-12	405	389	430	422	367	332	328	391	457	438	439	433
12-13	409	414	459	414	359	332	349	421	488	486	460	432
13-14	378	442	441	381	326	314	344	418	474	475	459	400
14-15	335	381	381	340	295	286	319	388	420	401	405	351
15-16	269	308	317	286	240	233	267	317	329	307	315	271
16-17	191	220	216	188	152	150	175	207	205	190	194	178
17-18	97	113	98	71	52	53	68	82	73	61	64	74
18-19	10	15	8	2	1	1	2	3	1	0	0	2
19-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	2987	3081	3250	3038	2655	2468	2580	3053	3445	3393	3408	3172

Figura 12 Promedio horario mensual. Sumatoria de generación mensual promedio.

4.4.6. Rendimiento durante la vida útil

Se realiza la proyección a lo largo de la vida útil del sistema fotovoltaico, se ha considerado un tiempo de vida útil de veinte y cinco años, se considera la degradación de los equipos y se calculan las cantidades teóricas de generación para cada año. Se toma una tasa de degradación constante debido a que el ambiente no es hostil, además que se considera que se seguirá un plan de mantenimiento preventivo estricto a los equipos y cableado del sistema.

Final de año	Tasa de degradación	PVOUT_specific	PVOUT_total	PR
	%	kWh/kWp	kWh	%
Teórico	-	1111	-	70.3
1	0.8	1102	2555	69.8
2	0.5	1096	2543	69.4
3	0.5	1091	2530	69.1
4	0.5	1085	2517	68.7
5	0.5	1080	2505	68.4
6	0.5	1075	2492	68
7	0.5	1069	2480	67.7
8	0.5	1064	2467	67.4
9	0.5	1059	2455	67
10	0.5	1053	2443	66.7
11	0.5	1048	2431	66.4
12	0.5	1043	2418	66
13	0.5	1038	2406	65.7
14	0.5	1032	2394	65.4
15	0.5	1027	2382	65
16	0.5	1022	2370	64.7
17	0.5	1017	2358	64.4
18	0.5	1012	2347	64.1
19	0.5	1007	2335	63.8
20	0.5	1002	2323	63.4
21	0.5	997	2312	63.1
22	0.5	992	2300	62.8
23	0.5	987	2289	62.5
24	0.5	982	2277	62.2
25	0.5	977	2266	61.9
Promedio	0.5	1038	2408	65.7
Acumulado	12.8	-	60195	-

4.5. Características del circuito eléctrico, micro-red # 3

Este tercer circuito estará dedicado exclusivamente para el sistema de servicio de bombeo de agua. En este se toman las bombas que sirven al primer bloque de la edificación.

Tabla 9 Características principales de la micro-red 3.

Voltaje nominal del sistema 220 Vac	Los equipos de bombeo. Dos bombas trifásicas de 2hp.
Días de autonomía: 1 días	Tiempo prudente en caso de que la red no pueda ser alimentada por la red principal en caso de un fallo o corte del servicio.
Carga total diaria	Voltaje nominal del sistema y días de autonomía, se toma el valor en [Ah] multiplicado por los días de autonomía, este resultado indica la capacidad de los acumuladores para el sistema. Para asegurar la disponibilidad del sistema cuando durante los días de autonomía existirá la posibilidad de que la carga diaria real, exceda la carga diaria calculada inicialmente, por lo que se multiplicará por un factor de seguridad de 1,5.

4.5.1. Carga diaria promedio

En la tabla a continuación se detallan las cargas correspondientes al circuito:

Tabla 10 Resumen de cargas asignadas a la micro-red #3.

Ubicación	Potencia [W]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Duración diaria [horas]	Cantidad	Consumo equivalente [Ah/día]
<i>Cuarto de bombas- Bomba principal</i>	1492	220	4.256	12	1	51.072
<i>Cuarto de bombas- Bomba secundaria</i>	1492	220	4.256	1	1	4.256
					Subtotal	55.328

4.5.2. Dimensionamiento de los acumuladores

Al valor de la carga diaria calculado en la etapa anterior se multiplica por los días de autonomía y por el factor de seguridad considerados para el sistema. La capacidad de los acumuladores será de:

$$55.328[Ah/día] \times 1[días] \times 1.5 = 82.991[Ah]$$

La capacidad de las baterías para el circuito será de 100[Ah].

Generalmente los acumuladores tienen una tensión nominal de dos voltios, esto es, el arreglo de batería conectadas en serie para el voltaje del sistema antes del inversor es de veinte y cuatro voltios, se conectarán doce baterías en serie.

4.5.3. Dimensionamiento del sistema de captación

Utilizamos la ecuación planteada en la sección 3.8.4 para determinar los paneles en serie,

$$N_s = \frac{V_{Sistema}}{V_{Modulo}} = \frac{220 [V]}{24 [V]} = 9.167 \approx 10$$

Se conectarán diez celdas en serie.

Utilizamos la ecuación planteada en la sección 3.8.4 para determinar los paneles en paralelo, para este caso tomaremos A:L con un valor de 1,4 para asegurar la estabilidad del sistema.

$$N_p = \frac{L_{DA} * (A:L)}{(1 - SL) * SH * I_{mp}} = \frac{L_{DA} * 1,4}{(1 - 0.4) * 9 * 7.19} = \frac{77.459}{38,826} = 1.995 \approx 2$$

L_{DA} es la carga diaria del circuito (55.328[Ah/día]).

El número de paneles colocados en paralelo será de dos.

El sistema de captación constará de una matriz de diez por dos, los paneles utilizados son de 115 W_p .

4.5.4. Estadísticas mensuales del sistema FV

Tabla 11 Potencia generada calculada con software SolarGIS.

Mes	GTI	GTI	PVOUT_total	PVOUT_total	PVOUT_specific	PVOUT_specific	PR
	Sumas mensuales	Promedios diarios	Sumas mensuales	Promedios diarios	Sumas mensuales	Promedios diarios	
	kWh/m ²	Wh/m ²	kWh	Wh	kWh/kWp	Wh/kWp	%
Ene	132	4258	401	12929	93	2987	70.1
Feb	123	4401	373	13339	86	3081	70
Mar	144	4650	436	14069	101	3248	69.9
Abr	130	4333	395	13152	91	3039	70.1
May	117	3764	356	11496	82	2656	70.5
Jun	104	3477	321	10686	74	2467	71
Jul	113	3632	346	11169	80	2581	71
Ago	134	4309	410	13218	95	3053	70.8
Sep	147	4890	447	14912	103	3444	70.5
Oct	150	4831	455	14687	105	3393	70.3
Nov	146	4856	443	14753	102	3407	70.1
Dic	140	4530	426	13730	98	3173	70
Anual	1579	4326	4809	13175	1111	3044	70.3

Se indican los valores estimados teóricos de producción energética del sistema fotovoltaico para la micro-red 1. Se observa que la energía producida estimada en el periodo de un año es de cuatro mil ochocientos nueve kilovatios hora, con un rendimiento energético promedio del setenta punto tres por ciento. Estos valores nos indican que tanto la ubicación geográfica global, como el sitio de emplazamiento resultan muy favorables para instalar un sistema de generación solar fotovoltaico.

4.5.5. Perfiles horarios promedio

Los perfiles de generación eléctrica fotovoltaica son la síntesis de todas las variables teóricas de cada mes. Estos gráficos indican los cambios en la generación respecto a las posibles variaciones climáticas y el tipo de configuración fotovoltaica del sistema de generación.

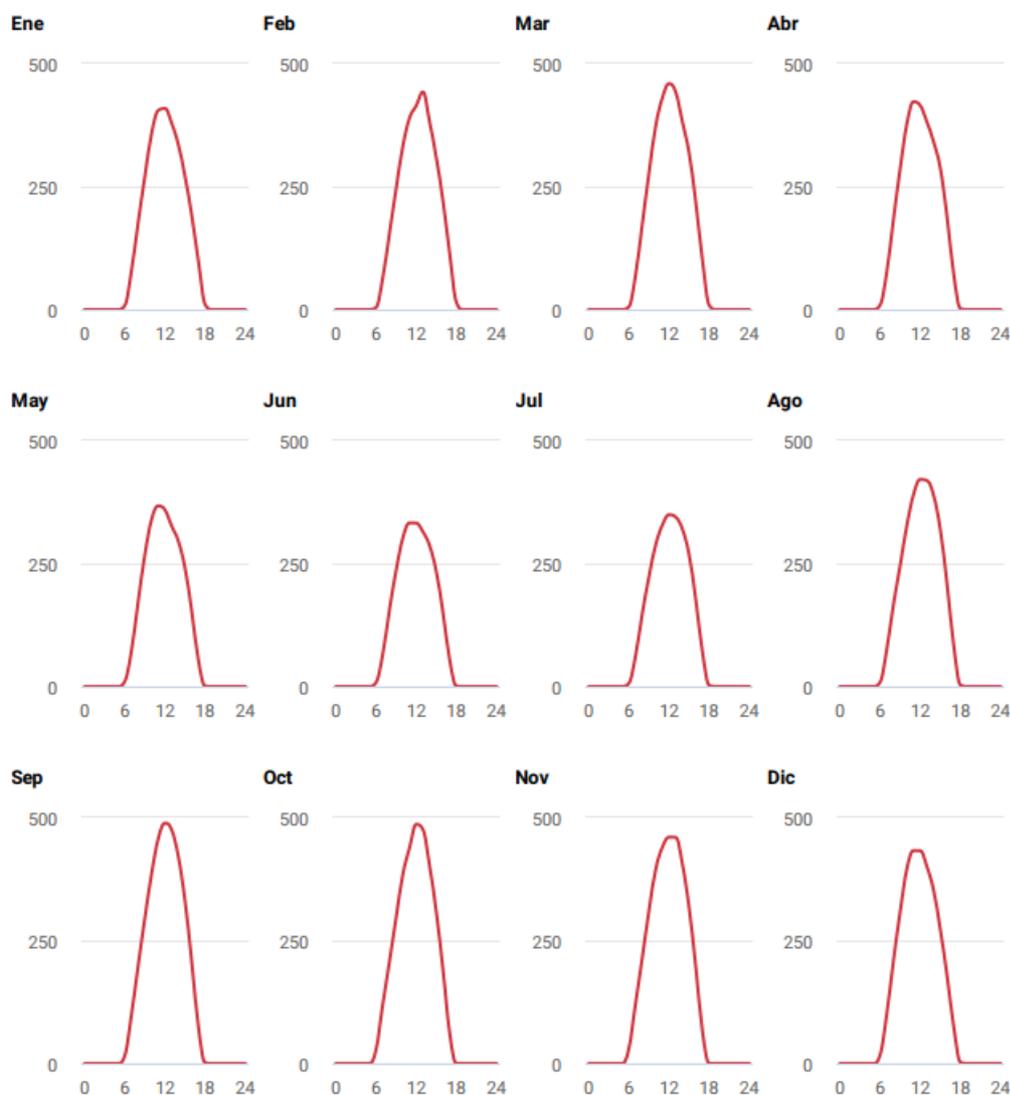


Figura 13 Diagramas mensuales de producción fotovoltaica específica. Promedio horario mensual.

Como se puede intuir, la mayor producción energética ocurre al medio día, tiempo en el que la posición del sol respecto a la superficie terrestre es cercana a ser perpendicular. Se muestra los picos de generación teóricos para el sistema diseñado. Se puede observar que los meses de mayo, junio y julio son los meses de generación más pobres.

En el gráfico mostrado a continuación se indican agrupados los valores de generación, el eje vertical indica los periodos de tiempo a lo largo del día, mientras que en su eje horizontal en la parte superior el gráfico está seccionado por meses, y debajo observamos la sumatoria total de la generación horaria mensual promedio. Tal como se evidenció con los gráficos anteriores, los meses de mayo, junio y julio son los meses de menor generación, mientras que los meses de mayor generación corresponderían a marzo, septiembre y octubre.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-7	8	4	6	9	11	8	7	9	16	28	30	17
7-8	79	64	70	77	73	65	63	76	100	119	122	101
8-9	177	154	173	184	173	155	148	167	199	207	215	209
9-10	271	246	277	287	268	236	223	246	296	297	310	309
10-11	358	331	372	378	339	302	288	328	386	384	394	396
11-12	405	389	430	422	367	332	328	391	457	438	439	433
12-13	409	414	459	414	359	332	349	421	488	486	460	432
13-14	378	442	441	381	326	314	344	418	474	475	459	400
14-15	335	381	381	340	295	286	319	388	420	401	405	351
15-16	269	308	317	286	240	233	267	317	329	307	315	271
16-17	191	220	216	188	152	150	175	207	205	190	194	178
17-18	97	113	98	71	52	53	68	82	73	61	64	74
18-19	10	15	8	2	1	1	2	3	1	0	0	2
19-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	2987	3081	3250	3038	2655	2468	2580	3053	3445	3393	3408	3172

Figura 14 6 Promedio horario mensual. Sumatoria de generación mensual promedio.

4.5.6. Rendimiento durante la vida útil

Se realiza la proyección a lo largo de la vida útil del sistema fotovoltaico, se ha considerado un tiempo de vida útil de veinte y cinco años, se considera la degradación de los equipos y se calculan las cantidades teóricas de

generación para cada año. Se toma una tasa de degradación constante debido a que el ambiente no es hostil, además que se considera que se seguirá un plan de mantenimiento preventivo estricto a los equipos y cableado del sistema.

Final de año	Tasa de degradación	PVOUT_specific	PVOUT_total	PR
	%	kWh/kWp	kWh	%
Teórico	-	1111	-	70.3
1	0.8	1102	4770	69.8
2	0.5	1096	4746	69.4
3	0.5	1091	4723	69.1
4	0.5	1085	4699	68.7
5	0.5	1080	4675	68.4
6	0.5	1075	4652	68
7	0.5	1069	4629	67.7
8	0.5	1064	4606	67.4
9	0.5	1059	4583	67
10	0.5	1053	4560	66.7
11	0.5	1048	4537	66.4
12	0.5	1043	4514	66
13	0.5	1038	4492	65.7
14	0.5	1032	4469	65.4
15	0.5	1027	4447	65
16	0.5	1022	4425	64.7
17	0.5	1017	4403	64.4
18	0.5	1012	4381	64.1
19	0.5	1007	4359	63.8
20	0.5	1002	4337	63.4
21	0.5	997	4315	63.1
22	0.5	992	4294	62.8
23	0.5	987	4272	62.5
24	0.5	982	4251	62.2
25	0.5	977	4229	61.9
Promedio	0.5	1038	4495	65.7
Acumulado	12.8	-	112368	-

4.6. Características del circuito eléctrico, micro-red # 4

El cuarto circuito estará dedicado exclusivamente para el sistema de servicio de bombeo de agua igual que el circuito identificado como #3. En este se toman las bombas que sirven al segundo bloque de la edificación.

Tabla 12 Características principales de la micro-red 4.

Voltaje nominal del sistema 220 Vac	Los equipos de bombeo. Dos bombas trifásicas de 2hp.
Días de autonomía: 1 días	Tiempo prudente en caso de que la red no pueda ser alimentada por la red principal en caso de un fallo o corte del servicio.
Carga total diaria	Voltaje nominal del sistema y días de autonomía, se toma el valor en [Ah] multiplicado por los días de autonomía, este resultado indica la capacidad de los acumuladores para el sistema. Para asegurar la disponibilidad del sistema cuando durante los días de autonomía existirá la posibilidad de que la carga diaria real, exceda la carga diaria calculada inicialmente, por lo que se multiplicará por un factor de seguridad de 1,5.

4.6.1. Carga diaria promedio

En la tabla a continuación se detallan las cargas correspondientes al circuito:

Tabla 13 Resumen de cargas asignadas a la micro-red #4.

Ubicación	Potencia [W]	Voltaje [V]	Corriente [A]	Duración diaria [horas]	Cantidad	Consumo equivalente [Ah/día]
<i>Cuarto de bombas- Bomba principal</i>	1492	220	4.256	12	1	51.072
<i>Cuarto de bombas- Bomba secundaria</i>	1492	220	4.256	1	1	4.256
					Subtotal	55.328

4.6.2. Dimensionamiento de los acumuladores

Al valor de la carga diaria calculado en la etapa anterior se multiplica por los días de autonomía y por el factor de seguridad considerados para el sistema. La capacidad de los acumuladores será de:

$$55.328[Ah/día] \times 1[días] \times 1.5 = 82.992[Ah]$$

La capacidad de las baterías para el circuito será de 100[Ah].

4.6.3. Dimensionamiento del sistema de captación

Utilizamos la ecuación planteada en la sección 3.8.4 para determinar los paneles en serie,

$$N_s = \frac{V_{Sistema}}{V_{Modulo}} = \frac{220 [V]}{24 [V]} = 9.167 \approx 10$$

Se conectarán diez celdas en serie.

Utilizamos la ecuación planteada en la sección 3.8.4 para determinar los paneles en paralelo, para este caso tomaremos A:L con un valor de 1,4 para asegurar la estabilidad del sistema.

$$N_p = \frac{L_{DA} * (A:L)}{(1 - SL) * SH * I_{mp}} = \frac{L * 1,4}{(1 - 0.4) * 9 * 7.19} = \frac{77.459}{38,826} = 1.995 \approx 2$$

L_{DA} es la carga diaria del circuito (55.328[Ah/día]).

El número de paneles colocados en paralelo será de dos.

El sistema de captación constará de una matriz de diez por dos, los paneles utilizados son de 115 W_p .

4.6.4. Estadísticas mensuales del sistema FV

Tabla 14 Potencia generada calculada con software SolarGIS.

Mes	GTI	GTI	PVOUT_total	PVOUT_total	PVOUT_specific	PVOUT_specific	PR
	Sumas mensuales	Promedios diarios	Sumas mensuales	Promedios diarios	Sumas mensuales	Promedios diarios	
	kWh/m ²	Wh/m ²	kWh	Wh	kWh/kWp	Wh/kWp	%
Ene	132	4258	401	12929	93	2987	70.1
Feb	123	4401	373	13339	86	3081	70
Mar	144	4650	436	14069	101	3248	69.9
Abr	130	4333	395	13152	91	3039	70.1
May	117	3764	356	11496	82	2656	70.5
Jun	104	3477	321	10686	74	2467	71
Jul	113	3632	346	11169	80	2581	71
Ago	134	4309	410	13218	95	3053	70.8
Sep	147	4890	447	14912	103	3444	70.5
Oct	150	4831	455	14687	105	3393	70.3
Nov	146	4856	443	14753	102	3407	70.1
Dic	140	4530	426	13730	98	3173	70
Anual	1579	4326	4809	13175	1111	3044	70.3

Se indican los valores estimados teóricos de producción energética del sistema fotovoltaico para la micro-red 1. Se observa que la energía producida estimada en el periodo de un año es de cuatro mil ochocientos nueve kilovatios hora, con un rendimiento energético promedio del setenta punto tres por ciento. Estos valores nos indican que tanto la ubicación geográfica global, como el sitio de emplazamiento resultan muy favorables para instalar un sistema de generación solar fotovoltaico.

4.6.5. Perfiles horarios promedio

Los perfiles de generación eléctrica fotovoltaica son la síntesis de todas las variables teóricas de cada mes. Estos gráficos indican los cambios en la generación respecto a las posibles variaciones climáticas y el tipo de configuración fotovoltaica del sistema de generación.

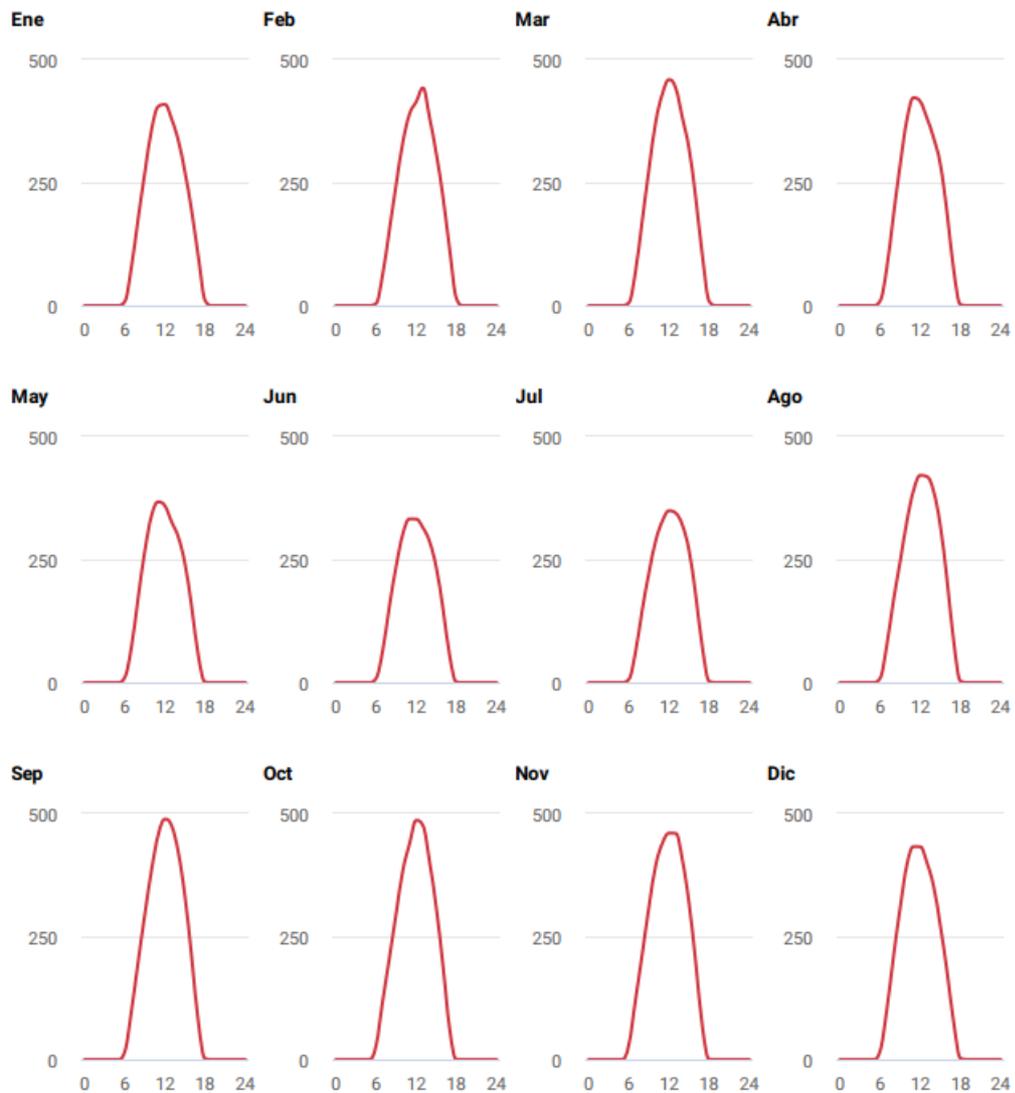


Figura 15 Diagramas mensuales de producción fotovoltaica específica. Promedio horario mensual.

Como se puede intuir, la mayor producción energética ocurre al medio día, tiempo en el que la posición del sol respecto a la superficie terrestre es cercana a ser perpendicular. Se muestra los picos de generación teóricos para el sistema diseñado. Se puede observar que los meses de mayo, junio y julio son los meses de generación más pobres.

En el gráfico mostrado a continuación se indican agrupados los valores de generación, el eje vertical indica los periodos de tiempo a lo largo del día, mientras que en su eje horizontal en la parte superior el gráfico está seccionado por meses, y debajo observamos la sumatoria total de la generación horaria mensual promedio. Tal como se evidenció con los gráficos anteriores, los meses de mayo, junio y julio son los meses de menor generación, mientras que los meses de mayor generación corresponderían a marzo, septiembre y octubre.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6-7	8	4	6	9	11	8	7	9	16	28	30	17
7-8	79	64	70	77	73	65	63	76	100	119	122	101
8-9	177	154	173	184	173	155	148	167	199	207	215	209
9-10	271	246	277	287	268	236	223	246	296	297	310	309
10-11	358	331	372	378	339	302	288	328	386	384	394	396
11-12	405	389	430	422	367	332	328	391	457	438	439	433
12-13	409	414	459	414	359	332	349	421	488	486	460	432
13-14	378	442	441	381	326	314	344	418	474	475	459	400
14-15	335	381	381	340	295	286	319	388	420	401	405	351
15-16	269	308	317	286	240	233	267	317	329	307	315	271
16-17	191	220	216	188	152	150	175	207	205	190	194	178
17-18	97	113	98	71	52	53	68	82	73	61	64	74
18-19	10	15	8	2	1	1	2	3	1	0	0	2
19-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20-21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22-23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	2987	3081	3250	3038	2655	2468	2580	3053	3445	3393	3408	3172

Figura 16 6 Promedio horario mensual. Sumatoria de generación mensual promedio.

4.6.6. Rendimiento durante la vida útil

Se realiza la proyección a lo largo de la vida útil del sistema fotovoltaico, se ha considerado un tiempo de vida útil de veinte y cinco años, se considera la degradación de los equipos y se calculan las cantidades teóricas de

generación para cada año. Se toma una tasa de degradación constante debido a que el ambiente no es hostil, además que se considera que se seguirá un plan de mantenimiento preventivo estricto a los equipos y cableado del sistema.

Final de año	Tasa de degradación	PVOUT_specific	PVOUT_total	PR
	%	kWh/kWp	kWh	%
Teórico	-	1111	-	70.3
1	0.8	1102	4770	69.8
2	0.5	1096	4746	69.4
3	0.5	1091	4723	69.1
4	0.5	1085	4699	68.7
5	0.5	1080	4675	68.4
6	0.5	1075	4652	68
7	0.5	1069	4629	67.7
8	0.5	1064	4606	67.4
9	0.5	1059	4583	67
10	0.5	1053	4560	66.7
11	0.5	1048	4537	66.4
12	0.5	1043	4514	66
13	0.5	1038	4492	65.7
14	0.5	1032	4469	65.4
15	0.5	1027	4447	65
16	0.5	1022	4425	64.7
17	0.5	1017	4403	64.4
18	0.5	1012	4381	64.1
19	0.5	1007	4359	63.8
20	0.5	1002	4337	63.4
21	0.5	997	4315	63.1
22	0.5	992	4294	62.8
23	0.5	987	4272	62.5
24	0.5	982	4251	62.2
25	0.5	977	4229	61.9
Promedio	0.5	1038	4495	65.7
Acumulado	12.8	-	112368	-

4.7. Regulador de carga para los acumuladores

Se utiliza un equipo capaz de cargar y contar con protecciones eléctricas para mayor simplicidad del sistema, esto es un equipo de uso comercial. Con

un voltaje de operación de 24 voltios debido a que las cuatro micro-redes utilizan el mismo tipo de paneles solares. Algunas de las protecciones que este equipo debe tener tenemos, carga en dos fases, protección de polaridades inversas, interruptor de corte, interruptor de prueba, interruptor de reinicio. protección con diodo de alta eficiencia.

El equipo elegido para el diseño es el SunPower 30, las características se especifican en el anexo

4.8. Inversores de los circuitos

A continuación, mencionaremos los equipos inversores DC/AC de los sistemas fotovoltaicos

4.8.1. Inversor para micro-red #1

Por las características eléctricas de la micro-red se utilizará un inversor de onda seno de tres mil vatios. En el anexo tres se encuentra la hoja técnica del equipo sugerido.

La salida en corriente alterna de este equipo es de ciento veinte voltios. Eficiencia del ochenta y siete por ciento. Potencia de tres mil vatios. Cuenta con protecciones de bajo nivel de voltaje, sobre voltaje, temperatura y fusible de cortocircuito.

4.8.2. Inversor para micro-red #2

Por las características eléctricas de la micro-red se utilizará un inversor de onda seno de tres mil vatios. En el anexo tres se encuentra la hoja técnica del equipo sugerido.

La salida en corriente alterna de este equipo es de ciento veinte voltios. Eficiencia del ochenta y siete por ciento. Potencia de tres mil vatios. Cuenta con protecciones de bajo nivel de voltaje, sobre voltaje, temperatura y fusible de cortocircuito.

4.8.3. Inversor para micro-red #3

Por las características eléctricas de la micro-red se utilizará un inversor de onda seno de cinco mil vatios. En el anexo tres se encuentra la hoja técnica del equipo sugerido.

La salida en corriente alterna de este equipo es de doscientos treinta voltios trifásico. Eficiencia del noventa y cinco por ciento. Potencia de cinco mil vatios. Cuenta con protecciones de bajo nivel de voltaje, sobre voltaje, temperatura y fusible de cortocircuito.

4.8.4. Inversor para micro-red #4

Por las características eléctricas de la micro-red se utilizará un inversor de onda seno de cinco mil vatios. En el anexo tres se encuentra la hoja técnica del equipo sugerido.

La salida en corriente alterna de este equipo es de doscientos treinta voltios trifásico. Eficiencia del noventa y cinco por ciento. Potencia de cinco mil vatios. Cuenta con protecciones de bajo nivel de voltaje, sobre voltaje, temperatura y fusible de cortocircuito.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En el presente trabajo se ha realizado el diseño de un sistema de generación distribuido, que servirá particularmente a una edificación de actividad comercial. La disponibilidad de energía solar fue la opción más efectiva para este efecto, finalmente definiendo las fuentes de generación de la micro-red como primaria la energía térmica e hidroeléctrica las cuales provee la CNEL, como secundaria la energía solar fotovoltaica.

Determinar y reconocer los sistemas auxiliares de emergencia usuales presentes en edificios de oficinas y locales comerciales de arquitectura similar en la zona norte de la ciudad de Guayaquil, específicamente en la zona de la ciudadela Alborada este. Siendo estos, los servicios de iluminación de emergencia e iluminación de espacios comunes dentro y fuera del edificio. También el suministro de agua se considera emergente, pues las actividades comerciales se interrumpen sin el servicio de agua potable, asistido por el sistema de bombeo de agua.

Las micro-redes fueron seccionadas respecto a su funcionalidad y potencia total requerida, los sistemas de generación resultan más convenientes que sean independientes y dedicados a cada arreglo de cargas. Contar con un sistema de generación distribuida independiente es consecuente con la definición fundamental de una micro-red.

El aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica, específicamente del recurso solar representan una fuente de energía “ilimitada”, los equipos que forman parte de la instalación fotovoltaica fueron dimensionados utilizando criterios técnicos. Las protecciones y controles de accionamiento son similares a las que se utilizan en una instalación eléctrica de baja tensión. Se tiene la ventaja de que el equipo de control realiza la tarea de protección además de accionamiento.

Al finalizar el diseño de las micro-redes con el sistema de generación fotovoltaico, se utilizó un software para simular los posibles escenarios desde el año uno hasta los veinte y cinco años después del arranque, los resultados de la simulación muestran que tanto por la ubicación geográfica y el dimensionamiento son los correctos para suplir la demanda y disponibilidad del sistema de generación a largo plazo.

5.2. Recomendaciones

Al tratarse de una micro-red, esta requiere que todas las fuentes de generación de energía eléctrica se encuentren interconectadas entre sí. Por esta razón y para el diseño del presente trabajo, se requiere un medidor bidireccional indicado por la ARCONEL para realizar la interconexión del sistema fotovoltaico a la red.

Los planes de mantenimiento preventivo realizado a todas las estaciones de generación deben realizarse sin prórroga y por personal especializado. El asegurar que se realice, extenderá la vida útil del sistema más allá del estimado.

Se recomienda realizar el estudio para agregar sistemas de generación con fuente de otro tipo de energía disponible en el emplazamiento, para un futuro transformar la matriz energética a una micro-red con generación distribuida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahamed, Dissanayake, De Silva, Pradeep, & Lidula. (2016). *Modelling and Simulation of a Solar PV and Battery Based DC Microgrid Sysytem*. IEEE.
- Alzahrani, A., Ferdowsi, M., Shamsi, P., & Dagli, C. H. (2017). *Modeling and Simulation of Microgrid*. Chicago: ELSEVIER.
- Briñón Zapata, M. E. (2015). *Diseño de iluminación LED de alta eficiencia en el proyecto micro-red de la Universidad Pontificia Bolivariana*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- de Alaminos, J., Alcor, E., Asensio, M., Bernadó, R., Fernández, L., Gomez, E., . . . Peiró, J. J. (2014). *Estudio sobre las microrredes y su aplicación a proyectos de electrificación de zonas rurales*. Energía sin fronteras (Esf).
- García Barrios, F. D. (Sevilla). *Estrategias de programación diaria y operación horaria en el mercado de la electricidad de un parque eólico dotado de un sistema acumulador de energía*. 2007: ÁREA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA, Universidad de Sevilla.
- Hartono, Budiyanto, & Setiabudy, B. (2013). Review of Microgird Technology. *IEE*, 6.
- Hatziargyriou, N., Asano, H., Iravani, R., & Marnay, C. (2007). *Microgrids, An Overview of Ongoing Research, Development, and Demonstration Projects*. IEEE.
- Hernández Callejo, L. (2019). Microrredes Eléctricas. *Workshop Internacional "Planificación de transporte y ciudades inteligentes"* (pág. 29). Valladolid: Universidad de Valladolid.
- IEEE Standards Board. (2019). IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems. *IEEE Standards Association*, 50.

- IEEE Standards Coordinating Comitee 21. (2008). IEEE Guide for Array and Battery. *IEEE*, 34.
- Instituto Tecnológico de Canarias. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energética*. Canarias: InstitutoTecnológico de Canarias.
- Jäger, K., Isabella, O., van Swaaij, R. A., & Zerman, M. (2014). *Solar Energy Fundamentals, Technology and Systems*. Delft: Delft University of Technology.
- Jarabo Friedrich, F., Pérez Dominguez, C., Elortegui Escartin, N., Fernandez González, J., & Macías Hernandez, J. (1988). *El libro de las energías renovables*. España: Artes Gráficas Gala, S.L.
- Khaligh, A., & Onar, O. C. (2010). *Solar Energy Harness*. Boca Raton: CRC Press.
- Núñez Mata, O., Ortíz Villalba, D., & Palma-Behnke, R. (2013). Microrredes en la red eléctrica del futuro. *Ciencia y Tecnología*, 16.
- Patel, M. R. (2006). *Power Systems: Design, Analysis, and Operation*. Boca Raton: CRC Press.
- Revisión de las Caraterísticas de Sisitemas de Almacenamiento de Energía para Aplicacioes en Micro Redes. (2014). *Información Tecnológica Vol. 25* (pág. 14). Bogotá: Centro de Información Tecnológica.
- Salehin, S., Zhang, H., Larriba Martínez, T., Papakokkinos, G., Upadhyay, G., Bowler, E., & van Kasteren, J. (2011). *Design of an Emergency Module for Relief and Refugee Camp Situations: Case Study for a Refugee Camp in Chad-Sudan Border*. IEEE.
- Sotomayor Mosquera, G. R. (1980). *Diseño de un Sistema de Emergencia Automático*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Velez Velasco, C. H. (1979). *Sistemas Eléctricos de Emergencia*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

ANEXOS

**ANEXO 1. Hoja de datos técnicos de panel solar utilizado en el
diseño (Sollatek SP115-MH)**



Monocrystalline

Model		SP115-MH
Size of cells	mm	125x62
Number of cells	pcs	54
Typical power	Wp	115
Open circuit voltage	V	21.6
Optimum operating voltage	V	17.8
Shorting circuit current	A	7.19
Optimum operating current	A	6.46
Noct (0.8kW/m_20°C 1m/s)	°C	46°C
Depth with junction box	mm	34
Frame dimensions (LxWxD)	mm	1209 x 808 x 50
Net weight	Kg	12.4
Warranty	yrs	25
Certificate		

These are the most popular sizes. Other sizes available on request.

**ANEXO 2. Hoja de datos técnicos de regulador de carga
(Sun power 30)**



SUNPOWER 30
Medium to large system, street lighting & commercial lighting (e.g. billboards)



Features:

- Two stage charging (boost & PWM)
- 12, 24 and 48V models available
- Reverse polarity protected
- Lightning protection
- Remote battery sense
- Temperature compensated battery charging
- LVD break/reset/test switch
- Status indication by 5 LEDs
- Microprocessor controlled
- High efficiency diode-less discharge protection
- Optional digital LCD to display battery voltage
- Street light timer

Applications:

- Medium to large sized applications
- Larger power generation systems
- Unattended telecoms relay stations
- Commercial lighting
- Street lighting
- Billboard lighting

Model	Stock No.
Sunpower30 - 12V	94301200
Sunpower30 - 24V	94302400

Specifications



Model	SunPower30		
Version	12V	24V	48V
Solar current	30A		
Load current	20A		
Nominal voltage	12V	24V	48V
System voltage	fixed		
Voltage thresholds	adjustable		
LVD	10 - 12V	20 - 24V	40-48V
LV hysteresis	0.5 - 1.0V	1.0 - 2.0V	2.0 - 4V
HVD	13 - 15V	26 - 30V	52 - 60V
HV hysteresis	0.5 - 1.0V	1.0 - 2.0V	2.0 - 4.0V
Max. current consumption	110mA	61mA	33mA
Temperature compensation ¹	optional		
External battery sense	yes		
System status Indication	5 x LEDs (LCD Option)		
Timer (dusk/dawn or 2-10 hrs)	yes		
Connection type	screw		
Maximum wire gauge	16 mm ²		
Enclosure protection rating	IP54		
Open circuit protected	yes		
Overload protected	yes		
Short circuit protected	yes		
Lightning protection	MOV on all terminals		
Reverse polarity protected	yes		
Operating temperature range	-10°C to 50°C		
Warranty period	two years		
Packaging	full colour retail		
Unit packed dimensions	230 x 135 x 55mm		
Unit weight	0.5 kg		
Carton quantity	40		
Carton weight	25.5kg		
Order code	94301200	94302400	94304805
Order number + temp comp	94301200	94302400	94302400
¹ Temp comp probe	94900000		

ANEXO 3 Hoja de datos técnicos de equipos de inversión DC-AC

THE SELF USE
SMART INVERTER

NEW GENERATION



IMEON ENERGY
Your Power, Your Rules



GRID-TIE



OFF-GRID



INTELLIGENT
STORAGE



30% MORE
EFFICIENCY¹⁾



PLUG & PLAY
INSTALLATION

Self Consumption Smart Grid Inverter



Revolutionary Energy Autonomy

IMEON Smart Grid inverter technology is the all-in-one answer for true multi-energy sources management. Consuming one's own solar production directly, storing in batteries for later use or in case of power cuts, and also injecting to - or consuming from - the grid only when needed, is now all possible. Extensive French research and innovation helped revolutionise this built-in intelligence and energy management to finally enable real control over one's power.

SMART GRID

With the smart management and the real time multi energy phase coupling, IMEON optimises solar yields by choosing the ideal energy mode: direct consumption (self-use), storing the surplus of production, drawing from the grid, or injecting the solar surplus to the grid. IMEON adapts automatically to the installation without complex configurations.

ECONOMIC

There is no longer the need for separate components such as charge controllers or added inverters. The overall cost of the photovoltaic system can therefore be reduced by 30%¹⁾. IMEON's innovative Smart-Grid function allows to lower the storage capacity, reduce battery cycling, as well as further prolonging the battery life.

ALL IN ONE

The IMEON Smart Grid Inverter is specifically designed for any solar installation, regardless whether the system is an Off-Grid, Back-Up, Grid-Tie, or a hybrid power system. IMEON is a complete Plug-and-Play smart inverter which simplifies the installation process and reduces the overall setup time of a solar system.

¹⁾ According to condition of use
²⁾ Maximum possible overload with grid availability.

www.elliesrenewable.co.za

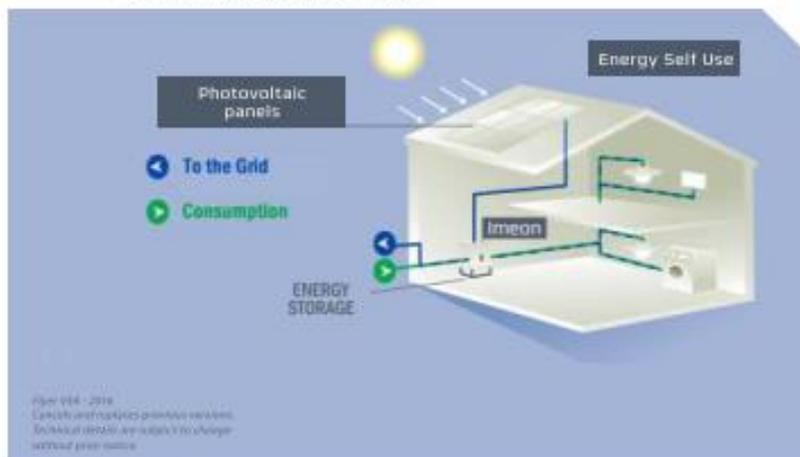
ELLIES 
RENEWABLE ENERGY

GRID AC (ON-GRID & OFF-GRID)	IMEON 3.6	IMEON 9.12
Nominal output power	3 000 W	9 000 W
Maximum output power	6 000 W ¹⁾	12 000 W ¹⁾
AC voltage / Frequency (input & output)	230 Vac (±15 %) / 50 Hz, 60 Hz (±5 Hz)	3/N/PE: 230/400 Vac (±15 %) / 50 Hz, 60 Hz (±5 Hz)
Nominal output current	13 A	13 A / phase
Maximum current	26 A ²⁾	17,5 A / phase ²⁾
Feed-in to grid	Programmable (yes by default)	
Energy consumption priorities	Programmable (PV / Storage / Grid)	
SOLAR INSTALLATION		
Maximum input power	1 500 Wp to 4 000 Wp ³⁾	4 500 Wp to 12 000 Wp ³⁾
Start-up voltage	150 V	100 V
Number of MPPT inputs	1	2
MPPT voltage range	120V - 450V	380V - 750V
Maximum input current	18 A	2 x 18 A
Maximum input voltage	510 V	850 V
Maximum efficiency	DC to AC : >95,5% (94,5% EU)	
Priorities of solar production use	Programmable (Consumption / Storage / Grid)	
BATTERY & CHARGE		
DC nominal voltage / DC voltage range	48 Vdc / 42 to 58 Vdc	
Maximum discharge current	80 A	200 A
Maximum charging current	25 A	160 A
Type of batteries	Gel, AGM, Lithium ⁴⁾	
Charging curve	3-phase (Bulk / Absorption / Float)	
Maximum efficiency	PV → battery : >94% / Battery → AC : >93%	
Battery charge	Programmable threshold / timing range via AC Grid	
Battery discharge	Programmable (2 thresholds according to grid availability)	
GENERAL		
Dimensions (h x b x d in mm)	440 x 580 x 360	580 x 760 x 170
Protection category	IP 20	
Weight	18 kg	46 kg
Connectivities	TL (transformless)	
Connectors	USB / Modbus / Ethernet - IP (optional)	
Conditions of use	Humidity level 5 to 90% without condensation T°C 0 à + 50°C, depressive power >40°C (15W/°C)	
Compliance	EN 62109-2 / EN 62109-1 / EN 62040-1 / DIN V VDE V 0126-1-1 (+VFR2013) / VDE-AR-N 4105 DIN VDE V 0124-100 / SynergGrid C10Y11 / TF3,2,1 / AS4777.2 / AS4777.1 / NRS 097-2-1	
Guarantee	5 years / Extensions to 10 years (optional)	

¹⁾ Maximum possible overload power with grid activated. Refer to installation manual.

²⁾ Taking into account the full inverter specifications.

³⁾ Lithium battery brands compatible with IMEON.



April 2018 - 2019
Checklist and markups provided in version
Detailed details are subject to change
without prior notice.



Your Power. Your Rules
Your Power. Your Rules

www.elliesrenewable.co.za



5000W Pure Sine Wave Inverter

24V DC to 230V AC



Product Code: FBI5000P
Barcode: 6002844062699



- Reliable, proven design.
- Continuous operation.
- High power, heavy duty.
- Remote ON/OFF switch.

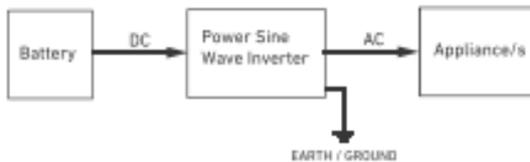


PRODUCT DESCRIPTION

This inverter converts DC power from a battery into 230 Volt AC "true sine wave" power which is identical to utility power which runs pumps, fans and motors quieter and cooler and more efficiently.

5000 Watts of continuous output power and a compact design, makes this unit ideal for running any of the following: TV's, stereo's, laptop's, PC's, chargers and many other home appliances as well as sensitive electronics or appliances with motors in them.

TYPICAL APPLICATION



Caution! Always connect the battery first and then the inverter.

DO NOT place anything between battery cable ring terminals and battery terminals. The terminal stud foot is not designed to carry current. Apply Anti-oxidant paste to terminals after terminals have been torqued.



APPLIANCE POWER CONSUMPTION GUIDE

	300Watt	400Watt	500Watt	600Watt	800Watt	1000Watt	1500Watt
Cellphone/Car charger: 10Watt	●	●	●	●	●	●	●
Computer/Printer (Max: 100Watt)	●	●	●	●	●	●	●
12" Three speed fan: 100Watt	●	●	●	●	●	●	●
20" Fridge: 300Watt	●	●	●	●	●	●	●
Washer/dryer: 300Watt	●	●	●	●	●	●	●
Fridge/Freezer: 200Watt	●	●	●	●	●	●	●
Electric garden tools: 475Watt	●	●	●	●	●	●	●
Portable power: 375Watt	●	●	●	●	●	●	●
Coffee maker: 600Watt				●	●	●	●
Refrigerating unit: 1100Watt					●	●	●
Mix and grinder oven: 1800Watt						●	●
Full size microwave oven: 1000Watt						●	●

FBI5000P

TECHNICAL INFORMATION

FEATURES

- Inverter Output Wave Form: Pure Sine Wave
- LED indicators showing power and fault status
- Handless Terminal Block
- DC/AC Isolated
- Pre-slotted mounting plate
- Over-voltage shut down
- Low-voltage alarm
- Low-voltage shut down
- Over-temperature shut down
- Output short-circuit protection
- DC reverse polarity protection by fuse
- Start / Self Start
- Cooling: Thermal fan

SPECIFICATIONS

Inverter Input	Inverter Output	Protection
DC Voltage: 24V	AC Voltage: 230V ±3% 21.7 Amps Max.	Low Voltage Alarm
Max. Amps: 230A	Continuous Power: 5000W	Low Voltage Shut Down
Voltage Range: 22V - 31V	Surge Power: 10000W	Over Load Shut Off Output
No Load Current Draw: ~20A	Waveform: Pure sine wave	Over Voltage Shut Down
Efficiency: > 87%	Frequency: 50Hz	Over Temperature Shut Down
DC Connector: Cables	AC Regulation: 5%	Fuses: Short Circuit

THE PACKAGE CONTAINS



- 1x Power inverter
- 1x Battery cable set
- 1x Remote on/off switch with cable
- 1x Instruction manual

PACKAGING DIMENSIONS

	Weight (kg)	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)
Product				
Package	19	270	660	150

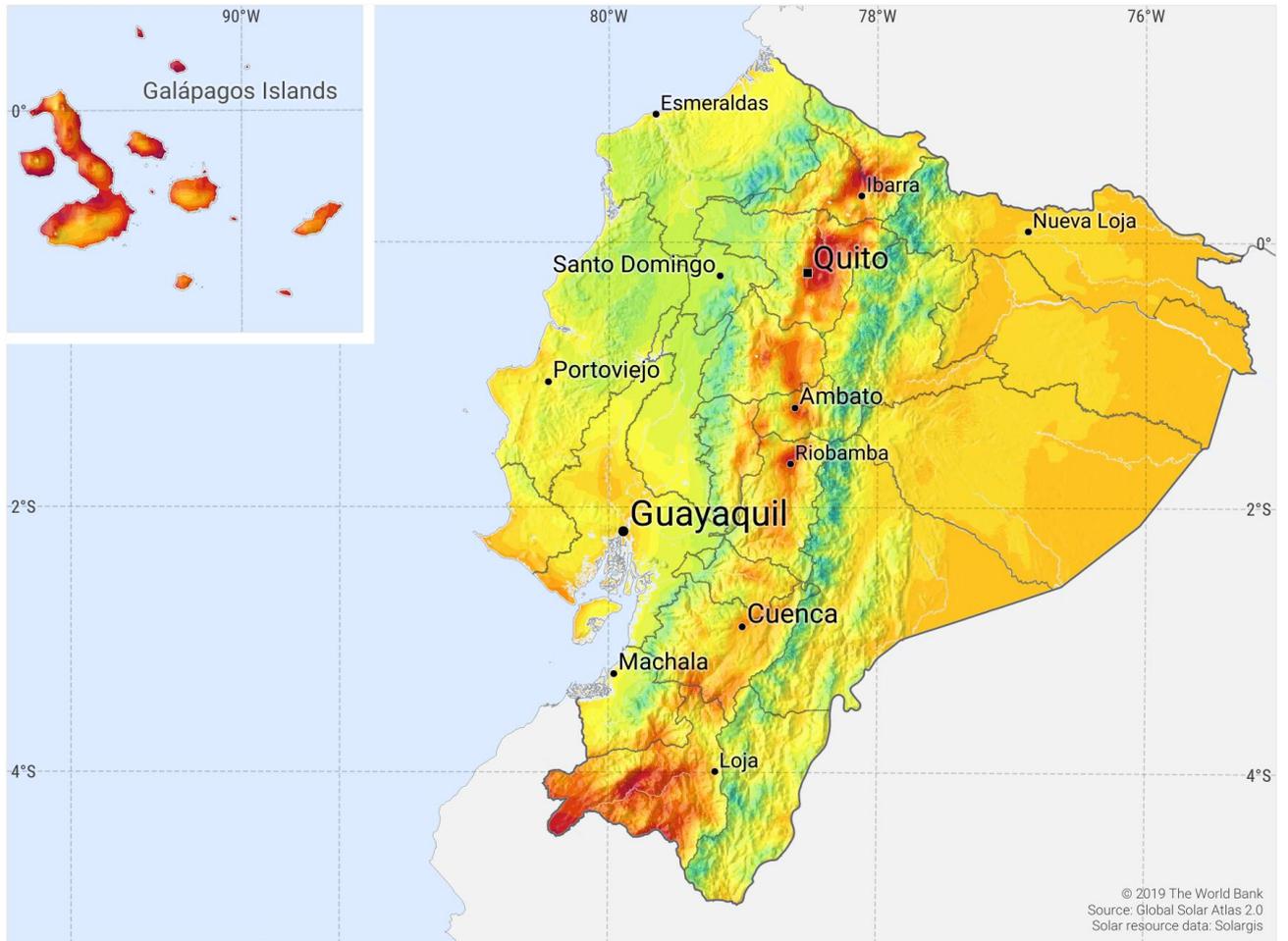
www.elliesrenewable.co.za

ELLIES RENEWABLE ENERGY

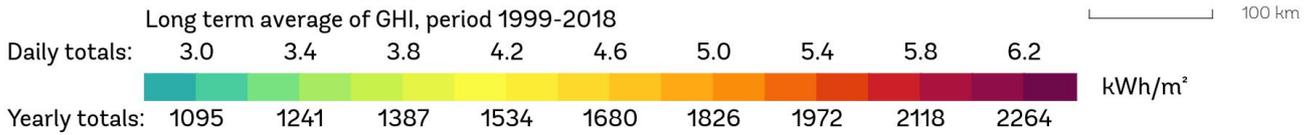
ANEXO 4 Mapa de irradiación horizontal

GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION

ECUADOR



© 2019 The World Bank
 Source: Global Solar Atlas 2.0
 Solar resource data: Solargis



This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

ANEXO 5 Hoja de datos técnicos de equipo de acumulación

Solar batteries



Specifications

STW 2V TUBULAR WET BATTERIES



DIN Name	Voltage	Nominal		Dimensions			Weight KG
		C10	C100	Length	Width	Height	
STW130	2	100	130	103	206	420	14
STW195	2	150	195	103	206	420	16
STW260	2	200	260	103	206	420	17.5
STW325	2	250	325	124	206	420	21
STW390	2	300	390	145	206	420	24.5
STW455	2	350	455	124	206	536	28.5
STW546	2	420	546	145	206	536	32.5
STW637	2	490	637	166	206	536	38.5
STW780	2	600	780	145	206	711	45
STW910	2	700	910	210	191	711	60
STW1040	2	800	1040	210	191	711	61.5
STW1170	2	900	1170	210	233	711	74
STW1300	2	1000	1300	210	233	711	77.5
STW1560	2	1200	1560	210	275	711	90
STW1950	2	1500	1950	210	275	861	112
STW2275	2	1750	2275	212	399	837	138
STW2438	2	1875	2438	212	399	837	148
STW2600	2	2000	2600	212	399	837	154
STW2925	2	2250	2925	212	487	837	188
STW3250	2	2500	3250	212	487	837	196
STW3900	2	3000	3900	212	576	837	228
STW4550	2	3500	4550	212	576	837	245

STW LARGE 2V TUBULAR WET BATTERIES



DIN Name	Voltage	Nominal		Dimensions			Weight KG
		C10	C100	Length	Width	Height	
STW4550	2	3500	4550	440	422	885	359
STW5200	2	4000	5200	440	466	885	378
STW5850	2	4500	5850	440	510	885	440
STW6500	2	5000	6500	440	568	885	470
STW7150	2	5500	7150	440	612	885	530
STW7800	2	6000	7800	440	656	885	565
STW9100	2	7000	9100	440	890	885	710
STW10400	2	8000	10400	440	890	885	755
STW11700	2	9000	11700	440	1090	885	890
STW13000	2	10000	13000	440	1090	885	935
STW14300	2	11000	14300	440	1266	885	1060
STW15600	2	12000	15600	440	1266	885	1110

STW BLOC 6V/12V TUBULAR WET BATTERIES BLOC



DIN Name	Voltage	Nominal		Dimensions			Weight KG
		C10	C100	Length	Width	Height	
STW33-12	12	25	33	260	175	240	15
STW65-12	12	50	65	310	178	240	23
STW98-12	12	75	98	510	175	245	33
STW130-12	12	100	130	510	216	245	44
STW163-12	12	125	163	510	278	256	54
STW195-12	12	150	195	510	278	256	58
STW260-6	6	200	260	510	216	245	43
STW325-6	6	250	325	510	278	256	53
STW390-6	6	300	390	510	278	256	59

STG 2V TUBULAR GEL BATTERIES



DIN Name	Voltage	Nominal		Dimensions			Weight KG
		C10	C100	Length	Width	Height	
STG260	2	200	260	103	206	406	17
STG325	2	250	325	124	206	406	21
STG390	2	300	390	145	206	406	24
STG455	2	350	455	124	206	523	26
STG546	2	420	546	145	206	523	32
STG637	2	490	637	166	206	523	36
STG780	2	600	780	145	206	698	45
STG1040	2	800	1040	210	191	698	63
STG1300	2	1000	1300	210	233	698	78
STG1560	2	1200	1560	210	275	698	88
STG1950	2	1500	1950	210	275	848	104
STG2600	2	2000	2600	214	399	824	140
STG3250	2	2500	3250	214	497	824	176
STG3900	2	3000	3900	214	576	824	205

ANEXO 6. Formularios obligatorios para la instalación y operación de un SFV

FORMULARIO DE PRESENTACIÓN DE SOLICITUD A LA DISTRIBUIDORA

(Nombre de la Empresa Eléctrica de Distribución)	
1.- Datos del Titular del Inmueble	
Nombres y Apellidos:	
Cédula de Identidad:	
Provincia:	
Cantón:	
Ciudad:	
Dirección	
Teléfono de contacto:	
Correo electrónico:	
Cuenta Contrato:	
Croquis de Ubicación:	
2.- Datos Técnicos del μ SFV	
Capacidad nominal instalada:	
Número de paneles:	
Potencia de los paneles:	
Tipo de Conexión	Monofásico o Trifásico
μ SFV con o sin sistema de almacenamiento	
Energía anual prevista a ser producida y excedentaria :	
Diagrama Unifilar:	
3.- Datos a ser llenados por la Empresa Distribuidora	
Número de Solicitud	
Fecha de la Solicitud	
Cuenta de Suministro	
Capacidad instalada permitida para la conexión	
Fecha de la Inspección	
Pago última factura servicio eléctrico	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
_____ Representante Empresa	_____ Cliente



**FORMULARIO PARA SOLICITAR A LA ARCONEL LA AUTORIZACIÓN PARA LA
INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y SUSCRIPCIÓN DEL CONTRATO DE
SUMINISTRO**

(Nombre de la Empresa Eléctrica de Distribución)

1.- Datos del Consumidor con SFV

Nombres y Apellidos:	
Cédula de Identidad:	
Tipo de consumidor:	
Ciudad:	
Dirección	
Teléfono de contacto:	
Correo electrónico:	
Cuenta Contrato:	

2.- Datos Técnicos del μ SFV

Capacidad nominal instalada:	
Número de paneles:	
Potencia de los paneles:	
Factor de Planta del μ SFV:	
Tipo de Conexión	Monofásico o Trifásico
μ SFV con o sin sistema de almacenamiento :	
Energía anual prevista a ser producida y excedentaria :	
Diagrama Unifilar:	

3.- Información del Proceso

Fecha de emisión de la factibilidad de conexión:	
Fecha de ingreso de la Solicitud:	
Fecha de emisión de la conexión y autorización de operación del μ SFV	
Fecha prevista de entrada en operación	
Fecha de pago de la última factura servicio eléctrico	

Representante Empresa
Distribuidora

Cliente



GLOSARIO

SAEE: Sistema Auxiliar de Emergencia Energética.

Capacidad: Medida de la aptitud de un generador, línea de transmisión, banco de transformación, de baterías, o capacitores para generar, transmitir o transformar la potencia eléctrica en un circuito; generalmente se expresa en MW o kW, y puede referirse a un solo elemento, a una central, a un sistema local o bien un sistema interconectado

Capacidad de generación: Máxima carga que un sistema de generación puede alimentar, bajo condiciones establecidas, por un período de tiempo dado.

Kilowatt (*): Es un múltiplo de la unidad de medida de la potencia eléctrica y representa 1,000 watts; se abrevia kW.

Kilowatt-hora (*): Unidad de energía utilizada para registrar los consumos.

Punto de Interconexión Eléctrica: Es el punto donde se conviene la entrega de energía entre dos entidades.

DIF: Irradiación difusa horizontal [kWh/m²], [MJ/m²]. Valor promedio de la suma anual, mensual o diaria de la irradiación difusa horizontal.

DNI: Irradiación directa normal [kWh/m²], [MJ/m²]. Valor promedio de la suma anual, mensual o diaria de la irradiación directa normal.

PVOUT_specific: Producción fotovoltaica específica [kWh/kWp]. Valores anuales y mensuales promedio de producción de energía eléctrica fotovoltaica (corriente alterna) entregada por la instalación fotovoltaica normalizada para 1 kWp de capacidad instalada.

PVOUT_total: Producción fotovoltaica total [GWh], [MWh], [kWh]. Valores anuales y mensuales promedio de producción de energía eléctrica fotovoltaica (corriente alterna) entregada por el total de la capacidad instalada de la instalación fotovoltaica.

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Edgar Paul Bonilla Lascano, con C.C: # 0918350505 autor/a del trabajo de titulación: **“Diseño de micro-redes eléctricas utilizando energía fotovoltaica para el sistema auxiliar de emergencia energética en edificaciones de actividades comerciales”** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL** 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, 5 de marzo de 2020

f. _____

Nombre: Edgar Paul Bonilla Lascano

C.C: 0918350505



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	DISEÑO DE MICRO-REDES ELÉCTRICAS UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA EL SISTEMA AUXILIAR DE EMERGENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES DE ACTIVIDADES COMERCIALES		
AUTOR	BONILLA LASCANO, EDGAR PAUL		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	PACHECO BOHÓRQUEZ, HÉCTOR IGNACIO		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de educación técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico-Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Eléctrico-Mecánica con mención en Gestión Empresarial Industrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	5 de marzo de 2020	No. DE PÁGINAS:	92
ÁREAS TEMÁTICAS:	Energías renovables, eléctrica		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Generación, Solar, Fotovoltaico, Auxiliar, Energía		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo de titulación trata sobre el diseño de micro-redes eléctricas para los sistemas auxiliares de emergencia energética, la necesidad de que el servicio eléctrico no tenga interrupciones deriva a la búsqueda de nuevas metodologías o tecnologías para aprovechar las diferentes fuentes de energía disponibles en la ubicación o sitio que lo necesitara. En el perímetro urbano del cantón Guayaquil la fuente de energía con mayor disponibilidad es la energía solar.</p> <p>Se realiza el diseño de un sistema de generación distribuido para la micro-red, su modo de operación será conectado a la red principal (on-grid), con estas condiciones de diseño se evaluarán las cargas comunes para las micro-redes y con este estudio se procederá con el dimensionamiento y con la selección de equipos para el sistema de generación fotovoltaico. Se realiza una proyección de generación energética versus el rendimiento durante la vida útil de cada micro-red para asegurar la calidad y durabilidad de cada micro-red.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-2820366 / 0996894641	E-mail: edgarpaul1993@outlook.com / edgar.bonilla@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando		
	Teléfono: (04) 2 206957 ext.5555		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec / ute@cu.ucsg.edu.ec		

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	