

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN
FOTOVOLTAICA DE 1,2kW CONECTADO A LA RED DE LA EMPRESA
AUTOMATIZACIONES SIMOTIC PARA DISMINUIR EL USO DE ENERGÍA
CONVENCIONAL EN LA INSTALACIÓN**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN
FOTOVOLTAICA DE 1,2kW CONECTADO A LA RED DE LA EMPRESA
AUTOMATIZACIONES SIMOTIC PARA DISMINUIR EL USO DE ENERGÍA
CONVENCIONAL EN LA INSTALACIÓN**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: JONATHAN ANDRÉS GÁLVEZ HIDALGO

TUTOR: WILSON DAVID PAVÓN VALLEJOS

Quito -Ecuador

2022

Jonathan Andrés Gálvez Hidalgo

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE 1,2kW CONECTADO A LA RED DE LA EMPRESA AUTOMATIZACIONES SIMOTIC PARA DISMINUIR EL USO DE ENERGÍA CONVENCIONAL EN LA INSTALACIÓN.

Universidad Politécnica Salesiana, Quito – Ecuador 2022

Carrera de Ingeniería Eléctrica

Breve reseña histórica e información de contacto.



Jonathan Andrés Gálvez Hidalgo (Y'1992 – M'03). Realizó sus estudios de nivel secundario en la “Unidad Educativa Don Bosco La Tola” de la ciudad de Quito. Egresado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Su trabajo se basa en técnicas de optimización y modelado matemático para la inserción de generación distribuida en sistemas eléctricos de distribución. jgalvezh@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Wilson David Pavón Vallejos (Y'1989). Actualmente es docente a tiempo titular de la Universidad Politécnica Salesiana. Obtuvo su título de tercer nivel en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE como Ingeniero Electrónico en Automatización y Control. Obtuvo su título de cuarto nivel en la Universidad de Newcastle upon Tyne como Magister en Automatización y Control. Doctor por la Universidad de Ferrara - Italia wpavon@est.ups.edu.ec

Todos los derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con la autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos o investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2022 Universidad Politécnica Salesiana

QUITO – ECUADOR

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Jonathan Andrés Gálvez Hidalgo con documento de identificación N° 1720436391 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 4 de octubre del año 2022

Atentamente,



Jonathan Andrés Gálvez Hidalgo
1720436391

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Jonathan Andrés Gálvez Hidalgo con documento de identificación No. 1720436391, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: **“Diseño e implementación de un sistema de generación fotovoltaica de 1,2kW conectado a la red de la empresa Automatizaciones SIMOTIC para disminuir el uso de energía convencional en la instalación”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

-

Quito, 4 de octubre del año 2022

Atentamente,



Jonathan Andrés Gálvez Hidalgo

1720436391

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Wilson David Pavón Vallejos con documento de identificación N° 1719224311, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DE 1,2kW CONECTADO A LA RED DE LA EMPRESA AUTOMATIZACIONES SIMOTIC PARA DISMINUIR EL USO DE ENERGÍA CONVENCIONAL EN LA INSTALACIÓN**, realizado por Jonathan Andrés Gálvez Hidalgo con documento de identificación N° 1720436391, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 4 de octubre del año 2022

Atentamente,



Ing. Wilson David Pavón Vallejos, PhD
1719224311

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ANEXOS.....	VIII
RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Alcance.....	3
1.3. Objetivo Principal	4
1.4. Objetivos específicos.....	4
2. MARCO TEORICO.....	5
2.1. Energía fotovoltaica.....	5
2.1.1. Efecto fotovoltaico	6
2.1.2. Panel fotovoltaico.....	9
2.1.3. Inversor, tipos y características	12
2.1.1. Regulador de carga.....	12
2.1.2. Banco de baterías.....	13
2.1.3. Elementos de protección	14
2.1.4. Cable conductor	15
2.1.5. Sistema a tierra.....	15
2.1.6. Bases legales	16
3. MARCO METODOLOGICO.....	17
3.1. Criterio del diseño sistema fotovoltaico norma IEC-61215.....	17
4. INSPECCIÓN TÉCNICA.....	18
4.1. Inspección técnica	18
5. DISEÑO	20
5.1. Diseño sistema fotovoltaico	20
5.1.1. Cálculo recurso solar	21
5.1.2. Ángulo de inclinación paneles.....	23
5.1.3. Orientación del SFV	24
5.1.4. Demanda diaria consumida	26
5.1.5. Dimensionamiento paneles solares	26
5.1.6. Dimensionamiento baterías	27
5.1.7. Dimensionamiento del inversor	28
5.1.8. Dimensionamiento Controlador de carga.....	30
5.1.9. Conductor panel-regulador	31

5.1.10. Conductor regulador-batería.....	32
5.1.11. Conductor batería-inversor.....	33
6. ANÁLISIS	34
6.1. Análisis del SFV	34
7. CONCLUSIONES	37
8. RECOMENDACIONES	38
9. BIBLIOGRAFÍA.....	39
10. ANEXOS	42
10.1. Descripción conductores.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Empresa Automatizaciones SIMOTIC.....	3
Figura 2 Sistema Fotovoltaico.....	6
Figura 3 Efecto fotovoltaico.....	7
Figura 4 Radiación en el Ecuador	9
Figura 5 Distribución paneles fotovoltaicos.....	10
Figura 6 Circuito ideal panel fotovoltaico.....	10
Figura 7 Circuito ideal panel fotovoltaico.....	11
Figura 8 Regulador de carga	13
Figura 9 Batería sellada.....	14
Figura 10 Interruptores termo magnéticos	15
Figura 11 Área de contabilidad Automatizaciones SIMOTIC.....	18
Figura 12 Oficina de ventas Automatizaciones SIMOTIC	19
Figura 13 Área útil para instalación de paneles solares	21
Figura 14 Radiación anual.....	22
Figura 15 Ubicación Automatizaciones SIMOTIC.....	24
Figura 16 Ángulo inclinación paneles solares.....	25
Figura 17 Ubicación de los paneles solares en área útil.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudio carga/demanda de la empresa	15
Tabla 2. Estudio carga/demanda de la empresa	21
Tabla 3 Cálculo HSP.....	23
Tabla 4 Ubicación para instalación	23
Tabla 5 Ángulo óptimo de Irradiación	25
Tabla 6 Demanda consumida	26
Tabla 7 Información paneles solares	26
Tabla 8 Datos técnicos Panel fotovoltaico	27
Tabla 9 Datos Técnicos Baterías	28
Tabla 10 Datos Técnicos Inversor.....	29
Tabla 11 Datos técnicos Regulador.....	31
Tabla 12 Dimensionamiento conductor Panel regulador.	31
Tabla 13 Dimensionamiento conductor regulador-bateria.....	32
Tabla 14 Dimensionamiento conductor batería-inversor	33
Tabla 15 Voltaje panel fotovoltaico	35
Tabla 16 Medición al sistema fotovoltaico	35
Tabla 17 Estudios económico	36

ÍNICE DE ANEXOS

Anexo 1 Tabla calibre conductor.	42
Anexo 2 Ficha técnica panel solar 1/2.	43
Anexo 3 Ficha técnica panel solar 2/2	44
Anexo 4 Ficha técnica regulador.....	45
Anexo 5 Ficha técnica inversor.....	46
Anexo 6 Armado tablero 1/2.....	47
Anexo 7 Armado tablero 2/2.....	48
Anexo 8 Instalación del tablero.....	48
Anexo 9 Instalación batería.....	49
Anexo 10 Instalación panel solar	49
Anexo 11 Instalación cableado y canaleta.	50

RESUMEN

El presente proyecto analiza una solución, por medio del diseño e instalación de un sistema de generación fotovoltaico mediante la implementación de paneles solares en la empresa “Automatizaciones SIMOTIC”, a fin de proveer un suministro eléctrico que disminuya el costo del consumo eléctrico convencional.

Mediante una inspección previa, se pudo evidenciar como se encuentra distribuido el sistema, se tienen 4 tableros de distribución, el primero es de un mini departamento en el tercer piso, el segundo es del taller, los dos últimos pertenecen a la oficina, más específicamente al área de contabilidad y de ventas, todos conectados al mismo medidor. El proyecto plantea, independizar el área de contabilidad y de ventas, del resto del sistema, con el fin de disminuir el uso de energía de la red comercial.

Finalmente se determinó que el tiempo de autonomía del sistema es 6 horas diarias, el diseño se realizó para que el sistema pueda crecer. Con el fin de aumentar, tanto el número de paneles como de baterías. Adicional, a petición de la empresa es posible que el sistema, sea modificado a un sistema híbrido, por lo cual la conexión tiene un puente, para el momento que se vaya a actualizar el sistema.

Palabras clave: Demanda, irradiación solar, energía fotovoltaica, paneles solares, consumo.

ABSTRACT

This project analyzes a solution, through the design and installation of a photovoltaic generation system through the implementation of solar panels in the company "SIMOTIC Automation", in order to provide an electrical supply that reduces the cost of conventional electricity consumption.

Through a previous inspection, it was possible to show how the system is distributed, there are 4 distribution boards, the first is from a mini apartment on the third floor, the second is from the workshop, the last two belong to the office, more specifically to the accounting and sales area, all connected to the same meter. The project proposes to separate the accounting and sales area from the rest of the system, in order to reduce the use of energy from the commercial network.

Finally it was determined that the autonomy time of the system is 6 hours a day, the design was made so that the system can grow. In order to increase, both the number of panels and batteries. Additionally, at the request of the company, it is possible that the system be modified to a hybrid system, for which the connection has a bypass, for the moment that the system is to be updated.

Key words: Renewable energy, Solar irradiation, photovoltaic energy, solar panels, consumption.

1. INTRODUCCIÓN

En años recientes la implementación de fuentes renovables como son la eólicas y fotovoltaicas han tenido un notable crecimiento alrededor del mundo, tan solo en el 2016 el crecimiento fue del 19,6%, puede parecer mínimo, pero si hablamos de Noruega o Costa Rica el crecimiento fue de un 90, y Canadá y Brasil un 60%, esto implica que cada vez en los países están optando por energías amigables con el ambiente[1]. Actualmente la energía solar está jugando un rol importante como energía limpia, esta es usada en sistemas de baja escala, aunque en corto plazo el sistema puede llegar a ser costoso, a largo plazo tiene muchas ventajas[2].

En 2020, China consumió el 26,1% de la energía primaria y emite el 30,7% emisión de carbón globalmente.[3]. La energía solar recibe gran atención porque es limpia y de fácil acceso, es por este motivo que sistemas fotovoltaicos cada vez son más comunes que sean usados en casas, como una forma autosustentable de energía[4].

Sin embargo, la generación de energía es intermitente por diferentes factores, ya que depende de días despejados, sombras, el comportamiento de la radiación en las diferentes horas del día, tiene una naturaleza intermitente y en la noche la generación de energía es nulo[5]. Es por eso que estos sistemas tienen una estrecha relación con baterías, las cuales serán las que almacena energía para posterior transformación y distribución al consumidor[6].

Diversos estudios, que se han realizado para optimizar la energía generada por plantas FV de por si al conectar generadores cerca de lugar de consumo producen alta calidad, confiabilidad y seguridad al sistema[7], pero no siempre es lo suficiente, aseguran que un correcto mantenimiento permite que la energía generada este siempre en condiciones óptimas. El consumidor debe beneficiarse de energía eficiente con parámetros de estabilidad y calidad[8].

En el documento se detalla una descripción del uso de fuentes renovables, dentro del Capítulo I se detalló el problema que presenta la empresa Automatizaciones SIMOTIC, se busca el diseño y la

implementación de un sistema FV para abastecimiento eléctrico, esto con el fin de bajar el consumo de energía de la red convencional.

En el Capítulo II se planteó la metodología que se usara para el diseño fotovoltaico y todos los componentes que se utilizó en la elaboración del sistema fotovoltaico que permita abastecer el consumo de la empresa Automatizaciones SIMOTIC.

Dentro del Capítulo III se detalla los criterios del sistema fotovoltaico para su montaje en la empresa Automatizaciones SIMOTIC para poder abastecer las necesidades energéticas de la empresa.

En el Capítulo IV se detalla la inspección técnica realizada a las instalaciones de la empresa Automatizaciones SIMOTIC, en la cual se evidencia el problema que presenta y por el cual se plantea la instalación de un sistema FV para el abastecimiento de eléctrico.

Dentro del Capítulo V se planteó y desarrolló los instrumentos matemáticos para la elaboración del sistema fotovoltaico, buscando un diseño óptimo para la empresa Automatizaciones SIMOTIC, en el diseño se evidenciará a través de tablas que permitan encontrar el mejor escenario posible para la implementación de la planta fotovoltaica.

Finalmente, en el Capítulo VI se detalló el análisis del funcionamiento de la planta fotovoltaica verificando que el diseño es el más óptimo para el funcionamiento en la empresa Automatizaciones SIMOTIC.

1.1. Planteamiento del problema.

En el proyecto se planteó la realización del diseño y montaje de un sistema de paneles fotovoltaicos, como medio alternativo para la producción de energía eléctrica, que tiene como objetivo principal disminuir el consumo energético convencional en la empresa Automatizaciones SIMOTIC.



Figura 1. Empresa Automatizaciones SIMOTIC.
Fuente: Autor

1.2. Alcance.

En el proyecto se realizó la puesta en marcha de una pequeña planta generación fotovoltaica en la empresa SIMOTIC. El proyecto debe lograr que el sistema fotovoltaico, satisfaga las necesidades energéticas de la empresa. Por lo tanto, el proyecto va a incluir:

- Estudio de demanda de la empresa.
- Diseño del sistema de energía fotovoltaico.

- Implementación del sistema de generación.
- Estudio y análisis energético del sistema.

El análisis energético es importante para comparar la factibilidad del proyecto donde el objetivo final es disminuir el consumo energético de la empresa con la red convencional

1.3. Objetivo Principal.

- Diseñar e implementar un sistema de generación fotovoltaica para disminuir el uso de energía convencional

1.4. Objetivos específicos.

- Realizar un estudio carga/demanda de la empresa Automatizaciones SIMOTIC para determinar las características y problemas de la instalación
- Diseñar un sistema de energía solar que permita satisfacer las necesidades energéticas de la empresa.
- Implementar el sistema con el diseño realizado previamente para proyectar la disminución de uso de energía convencional.

2. MARCO TEORICO

2.1. Energía fotovoltaica.

La energía fotovoltaica se ha convertido alrededor del mundo como una de las alternativas energéticas más importantes y sostenibles. Su implementación en países como Alemania, Italia, Estados Unidos, ha aumentado desde el año 2017, convirtiéndose en la energía renovable no convencional más utilizada y con mayor crecimiento en el mundo[9].

Quito tiene niveles de radiación superiores que otras zonas en el país, por la ubicación y altura en la que se encuentra, recibiendo hasta un 30% más radiación que la costa ecuatoriana, [10], los cuales brindan ciertas ventajas, abasteciendo de electricidad a empresas y domicilios. Los sistemas FV permite el almacenamiento de energía en baterías, los cuales brindan una autonomía del sistema eléctrico operando fuera de la red comercial, por un periodo aproximado de 6 horas[11]. La capacidad de control que otorga un sistema de generación fotovoltaica trae beneficios como una disminución del uso de energía convencional, disminuye los costos de factura eléctrica, permite el funcionamiento autónomo del sistema eléctrico, si se usan sistemas híbridos al finalizar el año, se recibe una compensación por la energía que ha sido cedida al sistema[12].

En Ecuador los proyectos relacionados con la aplicación de fuentes de energía renovables no convencionales (fotovoltaicas, eólicas, biomasa) la Agencia de Regulación y Control de electricidad (ARCONEL) actualmente ARC ente responsable de promover este tipo de proyectos , realiza incentivos para empresas y fabricas quien construya estos proyectos[13].

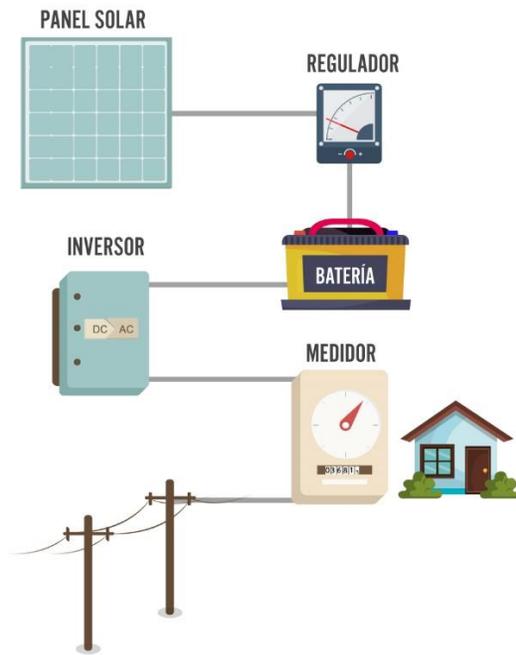


Figura 2. Sistema Fotovoltaico.
Fuente: Autor

2.1.1. Efecto fotovoltaico.

Se define como efecto fotovoltaico al proceso mediante el cual los paneles solares convierten de forma directa a los rayos luminosos del sol en electricidad, para ello ocupa módulos fotovoltaicos. Los módulos fotovoltaicos están constituidos por semiconductores [14], los cuales convierten la luz solar en electricidad mediante la captación de fotones, cuya energía dependen de una longitud y una frecuencia, en este proceso químico los fotones sufren excitación a este fenómeno se le conoce como efecto fotoeléctrico[15]. Los electrones del módulo recogen la luz solar y producen corriente eléctrica DC.[16]

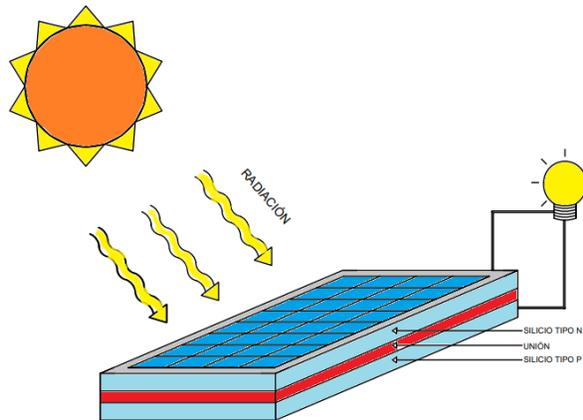


Figura 3. Efecto fotovoltaico.
Fuente: Autor

2.1.1.1. Insolación.

Se denomina insolación a la representación de un conjunto de rayos solares que impactan con la superficie de la tierra en un día; este término se aplica a la radiación de energía solar. La insolación de día lleva el símbolo “H” y es medido en horas.

2.1.1.2. Irradiación.

Es la razón incidente entre la energía radiante por unidad de área en una superficie, se utiliza $[W/m^2]$ para su medición, también podemos decir que es la magnitud utilizada para referir la potencia que incide sobre una unidad de superficie.

2.1.1.3. Radiación solar.

Es el conjunto de rayos electromagnéticos emitidos por los rayos solares, las cuales son disipadas del núcleo del sol por reacciones del hidrogeno, esta cae sobre la superficie de la tierra y varían con la zona geográfica, estaciones del año y horas del día.

La radiación solar que percibe la Tierra (fuera de la atmósfera) es de $1368 \pm 0,65 [W/m^2]$ (se le denomina como constante solar).

- La energía total que recibe la superficie terrestre del sol es aproximada en 1 hora y 30 minutos, es capaz de solventar el consumo energético mundial por un año.
- La radiación global horizontal (GHI), es la suma de la radiación directa y difusa que se percibe en la superficie terrestre.

La radiación solar se constituye de dos componentes:

a. Radiación directa: Es la energía que se percibe directamente sin dispersión sobre la superficie terrestre.

b. Radiación difusa: Es la energía que se ve alterada de dirección por efecto de la atmósfera.

Según el Atlas Solar del Ecuador 2019, el país tiene altos niveles de radiación solar, como se observa en la Figura 4 donde se realizó un detalle minucioso sobre las especificaciones de radiación. Sin embargo el país está perdiendo una gran fuente de generación de energía eléctrica al no ser explotada [17].

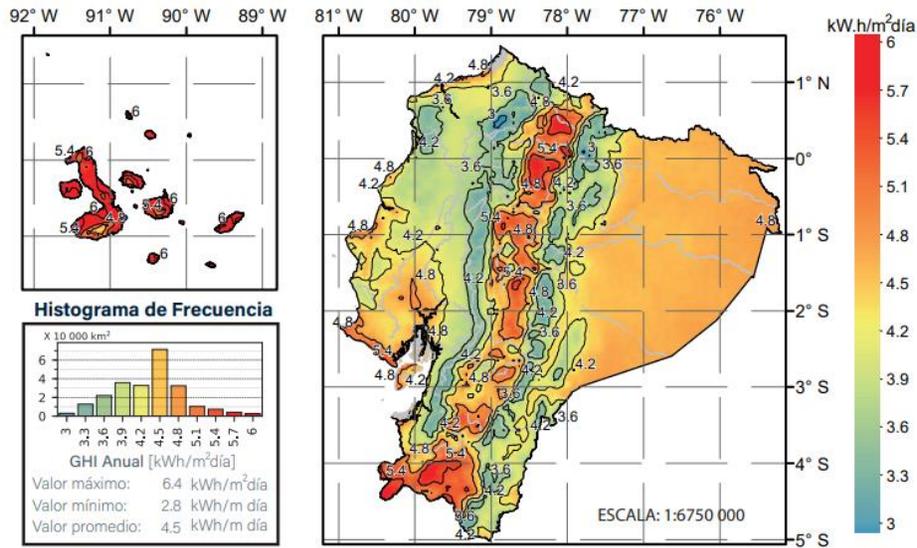


Figura 4. Radiación en el Ecuador.
Fuente: Mapa Solar del Ecuador 2019. SCINERGY EPN

2.1.2. Panel fotovoltaico.

El panel fotovoltaico es construido con un grupo de células de características similares, interconectadas eléctricamente, la conexión se la realiza en paralelo o en serie, esto dependiendo del voltaje o corriente que se deseen, para su protección de fenómenos externos, están cubiertos de vidrio, con un marco metálico, y con cableado y bornes, protegidos para exteriores[18]. Las características de los paneles son:

Corriente de cortocircuito (Isc): Es la corriente máxima que entrega el panel al unir sus terminales, esto implica cuando el voltaje es igual a 0.

Tensión de circuito abierto (Voc): Tensión máxima que se mide en los terminales del panel y se da cuando el circuito esta sin carga.

Potencia pico (Pmax): Es la potencia que suministra el panel en condiciones nominales.



Figura 5. Distribución paneles fotovoltaicos.
Fuente: Autor

Para convertir la energía, es necesario de células solares que están formadas por semiconductores, éstas se encuentran interconectadas, y la unión de éstas se les conoce como módulos fotovoltaicos, los cuales generan corriente continua.[19]

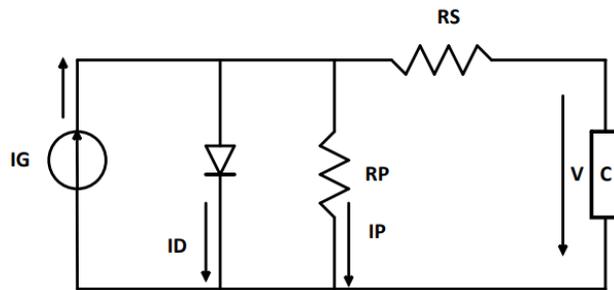


Figura 6. Circuito ideal panel fotovoltaico.
Fuente: Autor

2.1.2.1. Arreglo solar.

Un arreglo(string) solar es la conexión de varios paneles solares con cierta configuración. Una manera de conectar paneles es en serie y su efecto es el incrementar el voltaje de salida o a su vez, en paralelo, donde se obtiene una mayor corriente, de esta manera se consigue una potencia superior de generación. En la figura 7 se observa el cómo afectan los arreglos al sistema[20].

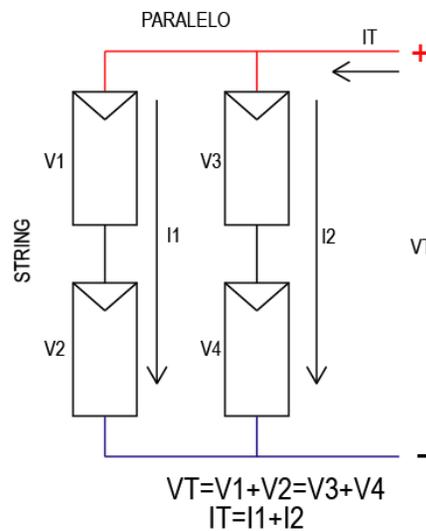


Figura 7. Circuito ideal panel fotovoltaico.
Fuente: Autor

2.1.2.2. Rendimiento paneles solares.

La deficiencia de los materiales en los paneles solares repercute con la energía generada, ya que el aumento de temperatura en sus células hace que su corriente aumente, pero sufre una disminución del voltaje. El rendimiento de los paneles comerciales es de un 15-25%, es decir que solo una pequeña parte de la radiación es aprovechada.[21]

2.1.3. Inversor, tipos y características.

Los inversores convierten el voltaje de DC del circuito a voltaje de AC para manejar la carga instalada. Estos contribuyen con la frecuencia, sin embargo, cuando el voltaje es constante el inversor controla dos variables, la frecuencia y la amplitud, los inversores también pueden ser clasificados en monofásicos o trifásicos [1].

2.1.3.1. Tipos de inversores.

- **Instalaciones acopladas a la red de distribución. (on grid)**

Su funcionamiento es híbrido, esto implica que tanto el sistema fotovoltaico, como la red convencional son conectados al inversor, y es este quien realiza la conmutación, principalmente dependen de factores climáticos. [20]

- **Instalaciones aisladas de la red de distribución. (off grid)**

Estos inversores no necesitan la red de distribución, su principal fuente de alimentación son las baterías que son cargadas por paneles fotovoltaicos a través de reguladores de carga, y posterior convertidas por inversores a corriente alterna para su uso.[22]

2.1.1. Regulador de carga.

La misión del regulador es monitorear constantemente el voltaje de la batería. Cuando la batería alcanza el voltaje máximo de almacenamiento de energía, el regulador detiene el proceso de carga. Por otro lado, si consumo hace que se descargue la batería, el controlador realiza una reconexión

del regulador a la batería y repite el ciclo. Adicional se encarga de mantener voltajes y corrientes estables, si no existiera el regulador, podrían existir sobre corrientes que podrían disminuir el tiempo de vida del dispositivo de almacenamiento [18].



Figura 8. Regulador de carga.
Fuente: Autor

2.1.2. Banco de baterías.

Debido al limitado tiempo de luz solar en días nublados, los sistemas fotovoltaicos son instalados con almacenamiento de energía, el cual, suministrara de energía al sistema eléctrico de la empresa. El tiempo de funcionamiento del sistema hasta que la batería se agote, se le conoce como tiempo de autonomía. Para el cálculo de la autonomía del sistema de almacenamiento se calcula en base de la potencia instalada, nivel de carga de descarga. Cuanto mayor autonomía se requiera, más robusto será el sistema de almacenamiento, y por lo tanto también será mayor el sistema de generación.[23].

Los bancos de baterías están formados por agrupamientos de baterías conectadas en serie o paralelo llamados bancos, de tal forma, lograr el valor de voltaje y corriente adecuados para el sistema que va a ser alimentado.



Figura 9. Batería sellada.
Fuente: Autor

2.1.3. Elementos de protección.

Las instalaciones fotovoltaicas, al igual que todos los sistemas eléctricos, deben tener una protección frente a los sobre corriente. Los interruptores termo magnéticos permiten esta protección, estos deben ser dimensionados a 1,25 por la corriente máxima que consume la carga[24].



Figura 10. Interruptores termo magnéticos.
Fuente: Autor

2.1.4. Cable conductor.

El dimensionamiento del conductor se basó en la corriente que va a circular y a la distancia del mismo[22].

Tabla 1. Estudio carga/demanda de la empresa.

Componentes	% de caída
Generador-Controlador	3,00
Controlador- Batería	1,00
Batería- Inversor	1,00
Inversor-Equipos	3,00

Fuente: Autor

2.1.5. Sistema a tierra.

El sistema a tierra es donde los conductores para protección serán conectados a tierra, aquí tanto el regulador, el inversor, y los tableros de distribución serán conectados para precautelar los aparatos como a las personas[24].

2.1.6. Bases legales.

De acuerdo con la resolución de regulación ARCONEL-004/15, de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) aplica algunos requisitos para la instalación de energía no convencional con SFV, tomando en cuenta criterios técnicos, para la entrega de un servicio con eficiencia [25].

3. MARCO METODOLOGICO

Todo proyecto eléctrico inicia con análisis técnico del lugar donde va a ser instalado el sistema, para dimensionar de una forma adecuada.

3.1. Criterio del diseño sistema fotovoltaico norma IEC-61215.

El diseño del sistema fotovoltaico para la empresa Automatizaciones SIMOTIC se realizó mediante investigación aplicada, la cual realiza un estudio de parámetros para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos[26]. Los parámetros más importantes para el diseño del sistema se en camino en conocer aspectos como la radiación solar, ubicación del proyecto, el estudio de demanda y conexión del sistema. Esto brindo información sobre los niveles de voltaje, corriente y potencias los cuales permitirán realizar el diseño[27].

Por su parte, la investigación se efectuó con enfoque cuantitativo, donde se realizó un análisis de datos con el fin de identificar la frecuencia en la cual se presenta un evento, para el caso de estudio es el tiempo de autonomía del sistema eléctrico[28].

Finalmente, se estableció que la investigación es de campo, por lo tanto, para el desarrollo del proyecto, el investigador recolecto información en el lugar de estudio, sin afectar de ningún modo el proceso[29].

4. INSPECCIÓN TÉCNICA

4.1. Inspección técnica.

En la inspección se constató el funcionamiento del sistema eléctrico de la empresa Automatizaciones SIMOTIC en el cual se encontraron algunos problemas, que, aunque no afectan en gran medida, sí han generado ciertas molestias.

El problema principal, se estableció en la conexión del sistema, ya que se encuentra distribuido en tres tableros diferentes, entre los cuales se encuentran conectados un mini departamento, las oficinas y el taller de la empresa Automatizaciones SIMOTIC, provocando un aumento en el costo del pago en la planilla eléctrica, en esta inspección se evidenció que la opción más factible para independizar es la oficina de la empresa, ya que la demanda es inferior al resto.

A su vez las oficinas se dividen en el área de contabilidad Figura 11 y el área de ventas Figura 12.



Figura 11. Área de contabilidad Automatizaciones SIMOTIC. [Autor]



Figura 12. Oficina de ventas Automatizaciones SIMOTIC. [Autor]

5. DISEÑO

Dentro de los requisitos para el diseño es de vital importancia conocer los niveles de radiación solar que recibirá el modulo fotovoltaico, para de esta manera dimensionar de forma factible para la disponibilidad de la zona. Esta información de radiación solar se obtuvo de la base de datos meteorológicas de la NASA, a través del siguiente enlace: <https://power.larc.nasa.gov>

Mediante la latitud y la longitud geográfica de la empresa se adquirió la información de radiación solar en el plano horizontal y a partir de aquí se buscó el ángulo de inclinación y la dirección para el aprovechamiento óptimo de la radiación.

5.1. Diseño sistema fotovoltaico.

Para la realización del proyecto es necesario conocer el área en metros cuadrados que abastece el sistema fotovoltaico, igualmente el sistema eléctrico, esto debido a que existe normativas y regulaciones vigentes que pueden afectar el proyecto.

La zona para la instalación es en la azotea de la empresa Automatizaciones SIMOTIC, se dispone de un área de $14m^2$ para la instalación de paneles solares,

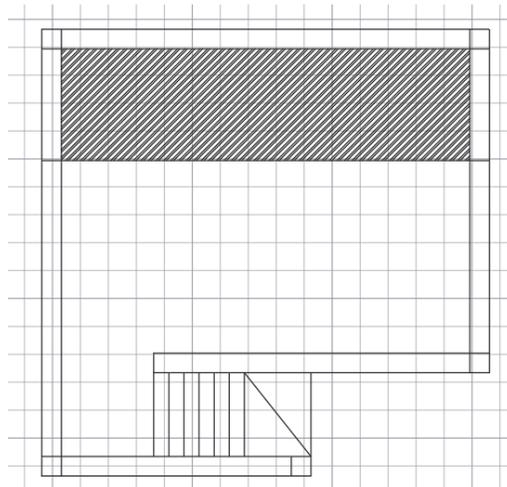


Figura 13. Área útil para instalación de paneles solares.

Fuente: Autor

Luego se procede a determinar la carga de la oficina. Posterior, se realiza el estudio de demanda. Finalmente, se ensamblará y se realiza pruebas, lecturas e interpretación de los datos obtenidos.

Tabla 2. Estudio carga/demanda de la empresa.

Aparato eléctrico	CANT. n	Pn (W)	FFUn (%)	CIR (W)	FSn (%)	DMUp (W)
Computadores(Cpu+pant.)	4	150	100	600,00	80	480
Focos led	7	18	100	126,00	30	37,8
Laptop	1	100	80	80,00	30	24
Impresora	2	100	100	200,00	30	60
Estéreo	1	60	80	48,00	20	9,6
				1054,00		611,4
Factor de Potencia Carga		0,86		Factor de Demanda		0,58008
DMU (KVA)		0,711		Demanda Requerida KVA		0,71
DD=DMU*N/FD		0,711				
N		1				
FD		1				
CARGA DDIp (KVA)		0,711				

Fuente: Autor

5.1.1. Cálculo recurso solar.

Se puede establecer la capacidad de energía eléctrica para generación de los paneles solares, de acuerdo a la irradiación en función de la ubicación geográfica, se utilizó como referencia los datos proporcionados por NASA PREDICTION OF WORLDWIDE ENERGY SOURCES.

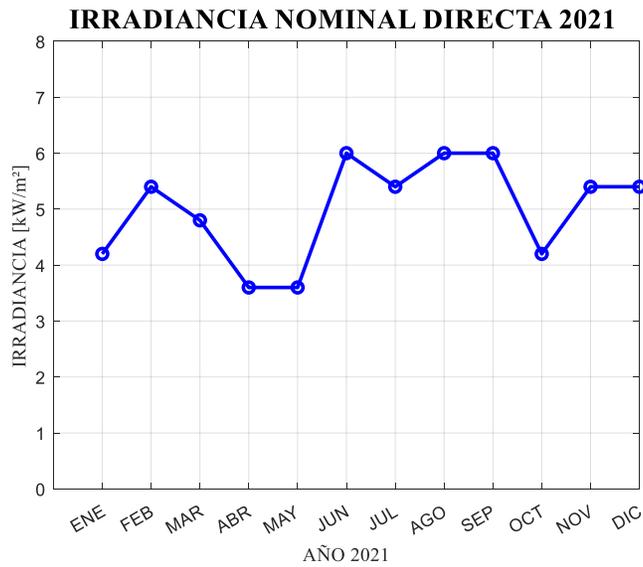


Figura 14. Radiación anual.
Fuente: Autor

Hora Solar Pico [HSP]: De forma fácil es la cantidad de energía que impacta un metro cuadrado. Y está definida como el tiempo en horas de una supuesta irradiación solar constante de $1000W/m^2$.

$$HSP = \frac{Irradiacion}{1000 \left[\frac{W}{m^2} \right]} [H] \quad (1)$$

En la tabla 3 se muestra la irradiación medida satelitalmente:

Tabla 3. Cálculo HSP. [Autor]

Mes	Irradiación [kWh/m² día]	HSP [h]
Ene	4,2	4,2
Feb	5,4	5,4
Mar	4,8	4,8
Abr	3,6	3,6
May	3,6	3,6
Jun	6	6
Jul	5,4	5,4
Agos	6	6
Sept	6	6
Oct	4,2	4,2
Nov	5,4	5,4
Dic	5,4	5,4
Media		5

5.1.2. Ángulo de inclinación paneles.

El ángulo es directamente proporcional a la ubicación geográfica de la ciudad de Quito, se toma en cuenta los parámetros de longitud y latitud.

Tabla 4. Ubicación para instalación. [Autor]

Ubicación	
Latitud	-0,1407132
Longitud	-78,4609452
Altura	2850 m.s.n.m
Clima	Húmedo Fresco

Fuente: Autor

A continuación, en la Fig. 15 se presenta la ubicación del lugar donde se implementará el proyecto.

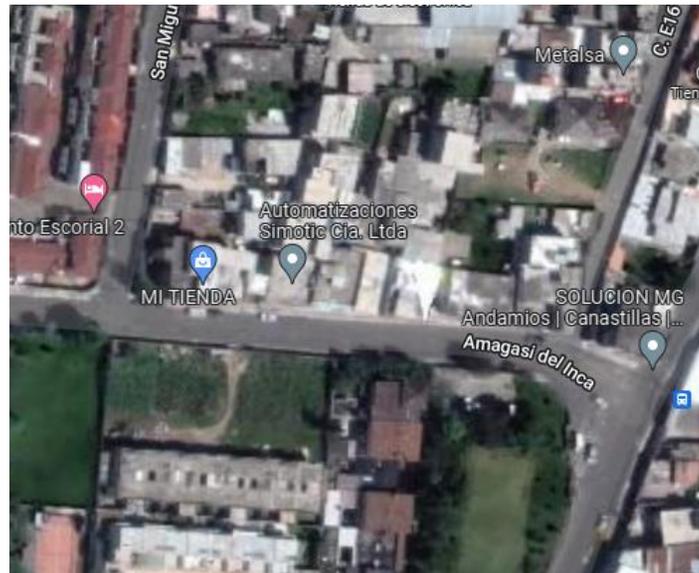


Figura 15. Ubicación Automatizaciones SIMOTIC.
Fuente: Google Maps

5.1.3. Orientación del SFV.

Un panel solar produce electricidad con poca presencia de luz solar. Por lo que, genera energía incluso en días nublado. No obstante, las condiciones para generación óptimas son: la presencia de luz solar plena y el ángulo de inclinación óptimo como lo muestra la figura 16, esto para que aproveche de la mejor manera la luz solar directa[30]. Por lo que, fueron montados con su ángulo inclinado a la línea Ecuatorial.

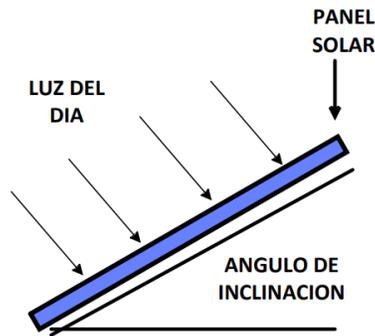


Figura 16. Ángulo de inclinación paneles solares.

Fuente: Autor

En la medida de lo posibles es recomendable usar datos medidos en el sitio, pero como no se dispone de ellos, la información satelital que puede ser visualizada en la Tabla 5 es la que ha sido tomado como referencia para el diseño.

Tabla 5. Ángulo óptimo de Irradiación.

Latitud: -0,1407 Longitud: -78,4609												
Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ángulo óptimo	0,0	0,0	0,0	7,5	15,0	20,0	19,5	13,5	3,0	0,0	0,0	0,0
Orientación	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N

Fuente: <https://power.larc.nasa.gov>

Al visualizar la tabla 5, se observó que existen varios ángulos óptimos para la instalación del panel fotovoltaico, ante esta información y considerando la latitud, existen estudios que sugieren que el panel debe tener un ángulo de 15 grados con dirección al Norte[31]. De esta manera la inclinación permite que la lluvia limpie al panel ante el polvo e impurezas.

5.1.4. Demanda diaria consumida.

En la tabla 6 se calcula la energía total demanda diariamente.

Tabla 6. Demanda consumida.

APARATO ELÉCTRICO	POTENCIA	HORAS	ENERGÍA
COMPUTADORES(CPU+PANTALLA)	600,00	8	4800
FOCOS LED	126,00	6	756
LAPTOP	80,00	4	320
IMPRESORA	200,00	2	400
ESTÉREO	48,00	6	288
			6564

Fuente: Autor

5.1.5. Dimensionamiento paneles solares.

El dimensionamiento se elaboró con uso de la demanda de la carga conectada al sistema fotovoltaico, por lo tanto, se empleará la ecuación 1.

Tabla 7. Información paneles solares.

Datos para cálculo de dimensionamiento de paneles	
Demanda energética (<i>E. dem</i>)	6564 [Wh]
Hora Solar Pico (HSP)	5 [h]
Rendimiento panel solar <i>n</i>	90%
Potencia total del panel solar	540 [W]

Fuente: Autor

El panel seleccionado es el DMS540M10-B72HSW, es un panel que puede ser encontrado en el mercado local, su tecnología es mono cristalino, a 48 voltios. Para mayor información se puede revisar el Anexo 2 y Anexo 3.

Tabla 8. Datos técnicos Panel fotovoltaico.

Datos técnicos	
Potencia	540 [W]
Voltaje Nominal	40,69 [v]
Corriente de corto circuito (Isc)	13,28[A]
Voltaje Máximo (Vmpp)	49,77[v]
Corriente Máxima (Impp)	13,68[A]
Dimensión módulo	2278x1134x35 [mm]

Fuente: Autor

$$N_{panel} = \frac{E. dem}{HSP \times n \times P_{panel}} \quad (1)$$

Donde:

N_{panel} : Número paneles fotovoltaicos

HSP : Hora solar pico

n : Eficiencia

$E. dem$: Energía Total

Por lo tanto:

$$N_{panel} = 2,701 \sim 3 \text{ paneles.}$$

Se decidió usar dos paneles, puesto que, hasta el momento de la instalación, la empresa no disponía con los suficientes ingresos económicos para la adquisición de los 3 paneles, por lo cual se modificó el diseño.

5.1.6. Dimensionamiento baterías.

Una vez conocido el valor del consumo de energía eléctrica en la empresa se calculó el número de baterías necesarias para almacenamiento, esto mediante la aplicación de la ecuación (2):

$$Cb_{util} = \frac{E_{dem} \times fs}{V_{bat}} \quad (2)$$

Energía demanda: 1200
Factor de seguridad: 1,05
Cb útil: Capacidad de batería útil

Por lo tanto

$$Cb_{util} = 108,5 [Ah]$$

Tabla 9. Datos Técnicos Baterías.

Datos técnicos	
Voltaje nominal	12 [V]
Capacidad Nominal	110 [Ah]
Corriente de descarga	1200[A] (5s)

Fuente: Autor

5.1.7. Dimensionamiento inversor.

Para definir la potencia que requiere el inversor se realizó el siguiente cálculo tal como se muestra en la ecuación (3). Donde:

$$P_{inv} = \frac{\%_{seg} \times C_{neta}}{F_p} \quad (3)$$

P_{inv}: Potencia inversor

$\%_{seg}$: porcentaje de seguridad 1,25%

C_{neta} : Carga neta paneles

F_p : Factor de potencia

Por lo tanto:

$$P_{inv} = 1500 [W]$$

En el mercado se encontró un inversor a 110V que abastece la potencia de 2kW.

Tabla 10. Datos Técnicos Inversor.

Datos técnicos	
Datos entrada DC	
Potencia máxima	2000[W]
Voltaje nominal	10-15 [V]
Datos salida AC	
Potencia máxima	2000 [W]
Voltaje nominal	110[V]
Frecuencia red	50-60 [Hz]

Fuente: Autor

El inversor se adquirió de mayor potencia por posible crecimiento del sistema de generación.

5.1.8. Dimensionamiento Controlador de carga.

Para escoger el regulador de carga se utilizó los datos recomendados en placa del panel solar que se va a instalar, se consideró la corriente de cortocircuito (I_{SC}), a su vez este valor se multiplicó por el número de paneles que van a ser instalados. Esto se puede observar en la ecuación (4):

$$I_{ppm} = NP * I_{SC} [A] \quad (4)$$

I_{SC} : Corriente de corto circuito

NP : Numero de paneles

I_{ppm} : Corriente máxima de generación

I_{REG} : Corriente regulador

$$I_{ppm} = 2 * 13,28 = 26,56 [A]$$

$$I_{REG} = I_{ppm} + 3\% * I_{ppm} = 27,36 [A] \quad (5)$$

$$I_{REG} == 30 [A]$$

Conforme al valor de corriente que obtuvo en la ecuación 5 se implementó un regulador de carga estándar de 30 [A] con un voltaje de 14 [VDC], se tomó en consideración que el voltaje que debe suministrar el regulador debe ser mayor que el voltaje establecido por la batería. En la Tabla 11 se visualiza datos del regulador seleccionado.

Tabla 11. Datos técnicos Regulador. [Autor]

Datos técnicos	
Datos entrada DC	
Voltaje nominal	50[V]
Intensidad nominal	40 [A]
Datos salida AC	
Voltaje nominal	12 [V]
Intensidad descarga	40[A]
Modo de carga	PWM Multi-etapas

Fuente: Autor

5.1.9. Conductor panel-regulador.

La caída de voltaje para el dimensionamiento del conductor fue basada en la tabla 1.

Tabla 12. Dimensionamiento conductor Panel regulador. [Autor]

Descripción	
Longitud del cable	15 [m]
Corriente máxima del panel	13,68 [A]
Voltaje nominal	48 [V]
Porcentaje de caída	3%
Conductividad del cobre	48 [m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$)]

Fuente: Autor

Para dimensionar el calibre del conductor, mm^2 o AWG, se emplea la ecuación (6):

$$S_{pan-reg} = \frac{2 \times L \times I_{mp}}{\Delta_v \times \sigma} [\text{mm}^2] \quad (6)$$

$$S_{pan-reg} = 13,27 [mm^2]$$

Por lo tanto:

$S_{pan-reg}$: Calibre del cable

L : Longitud del cable - 15[m]

I : Corriente máxima del pan

Δ_v : Caída de tensión (3% voltaje nominal)

σ : Conductividad eléctrica del cobre $\left(48 \left[\frac{S}{m}\right]\right)$ a $70^\circ C$

Según Anexo 1, el calibre de cable se encuentra entre 6-8 AWG, en el cual se usó el cable N° 8

5.1.10. Conductor regulador-batería.

Por lo tanto, el conductor conectado desde el regulador hasta la batería es:

Tabla 13. Dimensionamiento conductor regulador-batería. [Autor]

Descripción	
Longitud del cable	0,4 [m]
Corriente máxima del panel	40 [A]
Voltaje nominal	14 [V]
Porcentaje de caída	1%
Conductividad del cobre	48 [m/($\Omega \cdot mm^2$)]

Fuente: Autor

Δ_v : Caída de tensión (1% voltaje nominal)

L : Longitud del cable

I : Corriente

Utilizando la ecuación (6) se obtiene:

$$S_{reg-bateria} = 4,76 [mm^2]$$

Según Anexo 1, el calibre de cable se encuentra entre 12-10 AWG, en el cual se usó el cable N° 10

5.1.11. Conductor batería-inversor.

Por lo tanto, el conductor conectado desde la batería hasta el inversor es:

Tabla 14. Dimensionamiento conductor batería-inversor. [Autor]

Descripción	
Longitud del cable	0,9 [m]
Corriente máxima del panel	40 [A]
Voltaje nominal	14 [V]
Porcentaje de caída	1%
Conductividad del cobre	48 [m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$)]

Fuente: Autor

L: Longitud del cable

I: Corriente máxima del panel

Δ_v : Caída de tensión (1% voltaje nominal)

Utilizando la ecuación (6) se obtiene:

$$S_{bat-inv} = 10,71 [mm^2]$$

Según Anexo 1, el calibre de cable se encuentra entre 8-6 AWG, en el cual se usó el cable N°6

6. ANÁLISIS

Una vez se obtuvo los datos del sistema que se ha planteado se procedió a ejecutar un análisis de los resultados obtenidos con la finalidad de comparar los diseños.

Los paneles fueron instalados en paralelo, por las características que dispone el regulador, hay que recordar que el voltaje de entrada del regulador es de 50 [V], con una intensidad de corriente de hasta 30 [A]. Por lo tanto, al ser conectado en serie el voltaje sobrepasaría la tensión nominal del regulador, y se debería buscar un reemplazo para el mismo.

La disposición de los paneles fue colocada de la siguiente forma:

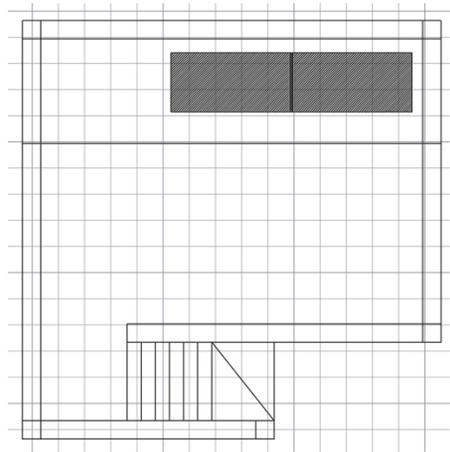


Figura 17. Ubicación de los paneles solares en área útil.
Fuente: Autor

6.1. Análisis del SFV.

En la Tabla 15, se analizan los datos sobre el voltaje del panel fotovoltaico en el transcurso del día.

Tabla 15. Voltaje panel fotovoltaico. [Autor]

Hora	Voltaje VDC panel solar	Condición clima
6:00 AM	-	SEMI DESPEJADO
7:00 AM	-	SEMI DESPEJADO
8:00 AM	43,5	SEMI DESPEJADO
9:00 AM	45,2	DESPEJADO
10:00 AM	42,8	NUBLADO
11:00 AM	43,5	SEMIDESPEJADO
12:00 PM	43	SEMIDESPEJADO
1:00 PM	43,4	SEMIDESPEJADO
2:00 PM	43,5	SEMI DESPEJADO
3:00 PM	43,5	SEMIDESPEJADO
4:00 PM	46,9	DESPEJADO
5:00 PM	46,0	DESPEJADO
6:00 PM	42	NUBLADO
7:00 PM	-	NUBLADO

Fuente: Autor

Al observar estos datos, se obtiene el voltaje que generan el panel fotovoltaico al transcurso del día.

En la tabla 16 se visualiza el dimensionamiento del conductor para el panel.

Tabla 16. Medición al sistema fotovoltaico. [Autor]

MEDICIÓN A CARGA MÁXIMA		
PANEL	43,5	[V]
FOTOVOLTAICO	24,6	[A]
REG-BATER	11,8	[V]
	9,6	[A]
BATER-INV	11,5	[V]
	43	[A]
INVERSOR	109,7	[V]
	4,2	[A]

Fuente: Autor

Debido a la baja carga de la batería, el inversor disminuyó el voltaje de salida desde 114 [V] a 97,5 [V], esto causó que los reguladores que eran usados para protección, se desconectaron a causa del bajo voltaje de alimentación, con esto se observó el tiempo de autonomía del sistema que fue aproximadamente de 5 horas, pasado este tiempo de funcionamiento la red eléctrica se vuelve inestable.

Durante la investigación se realizó un estudio económico, el cual arrojó los siguientes resultados:

Tabla 17. Estudios económicos.

Descripción	Aislado	En Red
Paneles 540[W]	\$240,00	\$240,00
Regulador 40 [A]	\$170,00	
Baterías 110 Ah	\$460,00	
Inversor 3 [kW]	\$310,00	
Inversor híbrido 3kW 220V		\$895,00
Total	\$1.180,00	\$1.135,00

Fuente: Autor

Comparando precios unitarios entre ambos sistemas, se observó que el sistema aislado (off grid) tiene un menor costo, sin embargo, se analizó el posible crecimiento del sistema, y es fácil percatarse que el costo aumenta exponencial por el uso de baterías, que de cierta forma es equipo que mayor gasto provoca en estos sistemas.

7. CONCLUSIONES

Tras la elaboración y análisis del presente proyecto técnico se puede concluir que:

El diseño del sistema fotovoltaico requirió dos circuitos eléctricos de característica 2 polo 63 A con un cableado para el conductor número 10 AWG (dos hilos para fase, neutro y de calibre 12 para tierra), el primer circuito alimenta al sistema con energía de la red de distribución; el segundo circuito alimenta al mismo sistema con energía fotovoltaica, además de dos paneles solares instalados en paralelo, ya que el regulador tiene un valor máximo de entrada de voltaje de 50 [V].

El sistema está funcionando temporalmente como un sistema aislado de la red (off grid) por este motivo se realizó el diseño completo, incluido baterías, sin embargo, fue instalado con un puente que permite el cambio de uso de energía de fotovoltaica a convencional, esto se pensó para en un futuro cambiar a una tecnología mejor, que es el inversor híbrido (on grid). De esta manera se deja a un lado las baterías, que de cierta forma es el elemento más costoso. A esto los equipos debieron ser conectados al UPS con la finalidad de cuando el almacenamiento de energía este bajo, permita realizar el cambio por medio del puente.

Se determinó a través del análisis de costos que los sistemas acoplados a la red resultaron ser un 6 % más económicos que los sistemas aislados a la red, ya que su costo recibe un crecimiento exponencial conforme se incluyen un mayor número de bancos de baterías. Esto se puede observar más claramente en sistemas grandes.

8. RECOMENDACIONES

El sistema al encontrarse a la intemperie se ve afectado constantemente por polvo, lluvia y otro tipo de elementos que puedan perjudicar drásticamente la generación de energía, siempre es recomendable tener un cronograma de mantenimiento para prolongar la vida del sistema.

Al momento de elegir paneles fotovoltaicos, es recomendable usarlos con mayor capacidad de potencia, ya que esto disminuye el área de instalación optimizando el espacio físico, de esta manera disminuir costos.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. H. Fayek, “Load Frequency Control of a Power System with 100% Renewables,” *2019 54th Int. Univ. Power Eng. Conf. UPEC 2019 - Proc.*, 2019, doi: 10.1109/UPEC.2019.8893587.
- [2] P. Penkey, F. Alhajeri, and B. K. Johnson, “Modeling, analysis and detection of faults in grid-connected PV systems,” *Proc. 10th Int. Conf. Intell. Syst. Control. ISCO 2016*, 2016, doi: 10.1109/ISCO.2016.7727038.
- [3] OLADE, “Situación del consumo energético a nivel mundial y para América Latina y el Caribe (ALC) y sus perspectivas,” no. August, pp. 1–6, 2018, [Online]. Available: <http://sielac.olade.org/>
- [4] L. Zhang *et al.*, “Improving indoor thermal environment in a traditional building of Danihe Village, China with additional solar house,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 61, no. 4, pp. 3313–3321, 2022, doi: 10.1016/j.aej.2021.08.066.
- [5] J. P. Pesantez, A. Ríos-Villacorta, and J. González-Redrován, “Integration of photovoltaic solar systems in the intensive and extensive shrimp sector of Ecuador: El Oro province study case,” *Rev. Politec.*, vol. 47, no. 2, pp. 7–16, 2021, doi: 10.33333/rp.vol47n2.01.
- [6] Vinod, R. Kumar, and S. K. Singh, “Solar photovoltaic modeling and simulation: As a renewable energy solution,” *Energy Reports*, vol. 4, pp. 701–712, 2018, doi: 10.1016/j.egy.2018.09.008.
- [7] P. Tupiza, “Total Harmonic Distortion Reduction Through Photovoltaic Generation and Unified Active Power Filter (UAPF) Reducción de la Distorsión Armónica Total a través de Generación Fotovoltaica y el Filtro Activo Unificado (UAPF),” no. 19, pp. 92–99, 2022.
- [8] S. A. R. Khan, Z. Yu, A. Belhadi, and A. Mardani, “Investigating the effects of renewable energy on international trade and environmental quality,” *J. Environ. Manage.*, vol. 272, no. July, p. 111089, 2020, doi: 10.1016/j.jenvman.2020.111089.
- [9] A. García and L. Peñuela, “Diseño E Implementación De Un Sistema De Paneles Solares Como Prueba Piloto Para Suministro Energético De Dispositivos Móviles, En La Universidad Santo Tomás, Sede Villavicencio,” *Αγαη*, vol. 8, no. 5, p. 55, 2019, [Online]. Available: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/1443/espejomin.pdf?sequence=1>
- [10] Y. Loaiza, “Alerta en Quito por niveles de radiación ‘extremadamente altos,’” INFOBAE, QUITO, 2022. [Online]. Available: <https://www.infobae.com/america/america-latina/2022/04/05/alerta-en-quito-por-niveles-de-radiacion-extremadamente-altos/>
- [11] C. P. De, ““ DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO MEDICA , CENTRO POBLADO URAKUSA PROVINCIA,” 2020.
- [12] S. Reyes and E. Velez, “DISEÑO DE UN SISTEMA AISLADO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA LOS MÓDULOS DIDÁCTICOS DEL LTI,” ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 2022.
- [13] ARCONEL, “RESOLUCION 003-18,” 2018.
- [14] E. BRACAMONTES, “Implementación de sistema fotovoltaico aislado y de respaldo para dispositivos de control de personal,” UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 2020.

- [15] A. Quintanilla, “DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA SUMINISTRAR DE ENERGÍA ELÉCTRICA LA LOCALIDAD DE PATAHUASI - PAMPA CAÑAHUAS,” Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica, 2020.
- [16] L. E. Bellota Sánchez, “Proceso de Generación de Energía Eléctrica a partir de Energía Solar para uso Industrial Caso: Planta de Secado de Mineral No Metálico,” *Univ. Nac. San Agustín Arequipa*, 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8046>
- [17] V. Diego and O. Freddy, “Mapa Solar del Ecuador 2019,” *Scinergy*, no. January, p. 30, 2019, [Online]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/689>
- [18] F. Vásquez, L. Urdiales, J. Espinoza, and M. García, *Energía Solar en el Ecuador*, no. January. 2015.
- [19] C. V. C. APARICIO and K. M. S. JIMÉNEZ, “Implementacion de un sistema fotovoltaico para disminuir los costos en el consumo de energia electrica en la arena, zona rural del municipio de Cienaga de Oro,” p. 6, 2021.
- [20] M. A. M. Escobar, “Para Viviendas Conectadas a La Red De,” p. 18, 2016, [Online]. Available: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/141781/Diseno-de-sistema-de-generacion-fotovoltaica-para-viviendas-conectadas-a-la-red-de-distribucion-en-el-contexto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [21] V. H. De León Morales, “Generación eléctrica fotovoltaica en la facultad de ingeniería USAC y estudio del aprovechamiento,” 2008.
- [22] E. K. Cando and M. L. Gallardo, “SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN VIVIENDA AISLADA,” vol. 1, p. 101, 2020.
- [23] A. E. Ceriz Veléz, “Estudio de la confiabilidad de sistemas fotovoltaicos en el Ecuador y construcción de un generador sola a escala de energía eléctrica a 200 W,” p. 102, 2010, [Online]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8579/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-102.pdf>
- [24] “Instalaciones eléctricas seguras y prevención del riesgo eléctrico en base a la normatividad vigente en instalaciones interiores en la provincia de Cusco Periodo - 2020,” 2020.
- [25] ARCONEL, “Regulación No. ARCONEL - 005/18,” *Regulacione electrica*. p. 38, 2018. [Online]. Available: <https://www.regulacione electrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Regulacion-de-Calidad-Suscrita.pdf>
- [26] C. R. Romero, K. Mejía, and H. Sánchez, *Manual de términos en investigacion científica, tecnológica y humanística*.
- [27] W. D. P. Vallejos, “Standalone photovoltaic system, using a single stage boost DC/AC power inverter controlled by a double loop control,” *2017 IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. Conf. - Lat. Am. ISGT Lat. Am. 2017*, vol. 2017-January, no. September, pp. 1–6, 2017, doi: 10.1109/ISGT-LA.2017.8126705.
- [28] C. A. Ramos-Galarza, “Alcances de una investigación,” *CienciAmérica*, vol. 9, no. 3, pp. 1–6, 2020, doi: 10.33210/ca.v9i3.336.
- [29] G. Baena Paz, *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Serie integral por competencias (Libro Online)*, no. 2017. 2014. [Online]. Available: <http://www.editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>
- [30] “Design Methodology of Off-Grid PV Solar Powered System (A Case Study of Solar

Powered Bus Shelter) Author : Ayaz A . Khamisani Advisors : Dr . Peter Ping Liu , Dr . Jerry Cloward , Dr . Rendong Bai Table of content”.

- [31] J. A. Viera Andi, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE CELDAS FOTOVOLTAICAS UBICADA EN LAS RIVERAS DEL RÍO PAYAMINO DE LA CIUDAD DEL COCA PARA LA EMPRESA ORELLANA TURISMO EP,” p. 6, 2021.

10. ANEXOS

10.1. Descripción conductores.

American Wire Gauge (AWG)	Diameter (Inches)	Diameter (mm)	Cross Sectional Area (mm ²)
0000	0.46	11.68	107.16
000	0.4096	10.40	84.97
00	0.3648	9.27	67.40
0	0.3249	8.25	53.46
1	0.2893	7.35	42.39
2	0.2576	6.54	33.61
3	0.2294	5.83	26.65
4	0.2043	5.19	21.14
5	0.1819	4.62	16.76
6	0.162	4.11	13.29
7	0.1443	3.67	10.55
8	0.1285	3.26	8.36
9	0.1144	2.91	6.63
10	0.1019	2.59	5.26
11	0.0907	2.30	4.17
12	0.0808	2.05	3.31
13	0.072	1.83	2.63
14	0.0641	1.63	2.08
15	0.0571	1.45	1.65
16	0.0508	1.29	1.31
17	0.0453	1.15	1.04
18	0.0403	1.02	0.82
19	0.0359	0.91	0.65
20	0.032	0.81	0.52
21	0.0285	0.72	0.41
22	0.0254	0.65	0.33
23	0.0226	0.57	0.26
24	0.0201	0.51	0.20
25	0.0179	0.45	0.16
26	0.0159	0.40	0.13

Anexo 1 Tabla calibre conductor.

Fuente: <https://www.electricistasrd.com/los-cables-electricos-partes-calibre-y-ampacidad/>

Descripción panel solar



DMEGC
S O L A R

535 / 540 / 545 / 550
DM550M10-B72HSW



Performance

Lower LCOE, reduced BOS cost, short payback time



Quality

Over 40 years of manufacturing experience in house wafer, cell and module



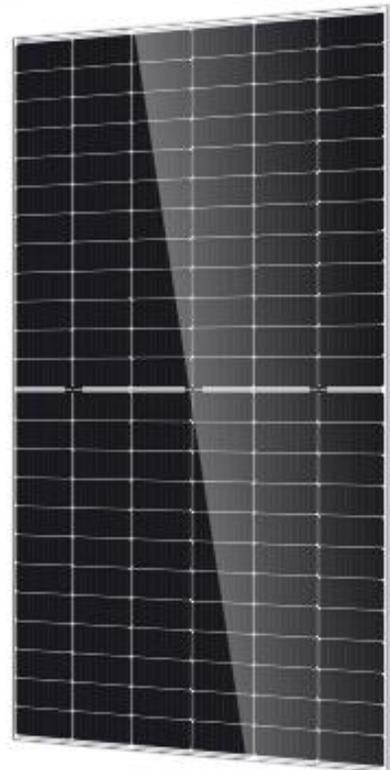
Guarantee

Warranty comes from one of the most financial healthy PV providers



Service

Customer-oriented and local services



Anexo 2 Ficha técnica panel solar 1/2.

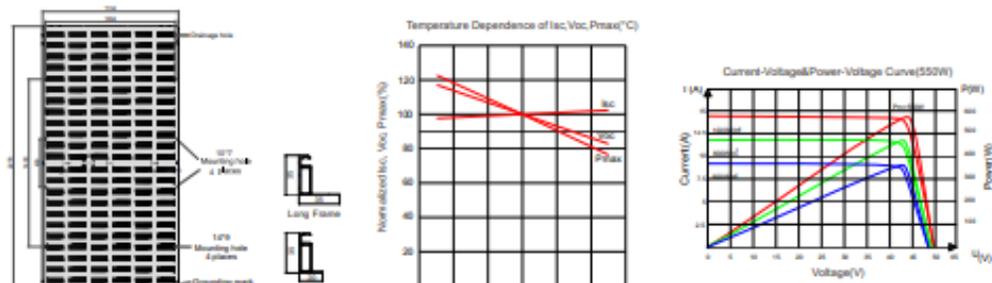
Electrical Specifications								
Module Type	DM535M10-B72HSW		DM540M10-B72HSW		DM545M10-B72HSW		DM550M10-B72HSW	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Pm(W)	535	430	540	434	545	438	550	442
Imp(A)	13.21	10.63	13.28	10.68	13.35	10.74	13.42	10.80
Vmp(V)	40.53	40.44	40.69	40.60	40.85	40.76	41.01	40.92
Isc(A)	13.61	10.83	13.68	10.89	13.75	10.95	13.82	11.00
Voc(V)	49.65	49.22	49.77	49.33	49.89	49.45	50.01	49.57
Module Efficiency	20.71%		20.90%		21.10%		21.29%	

Pm Tolerance 0/+3% Bifaciality:70%±10% STC:AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT:AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Measurement uncertainty:±3%

Bifacial Gain					
10%	Pm(STC)	589W	594W	600W	605W
20%	Pm(STC)	642W	648W	654W	660W
30%	Pm(STC)	696W	702W	709W	715W

Mechanical Data		Packaging	
Cell Type	P type Mono-crystalline	Pallet dimensions	2320×1140×1250mm
Cell Arrangement	144(6x24)	Container	40'HQ
Module Dimensions	2278x1134x35mm	Pieces per Pallet	31
Weight	33.3kg	Pieces per Container	620
Module Structure	Glass/Encapsulant/Glass	Temperature Characteristics	
Glass Thickness	2.0mm+2.0mm	Nominal Operating Cell Temperature(NOCT)	42±3°C
PV module classification	Class II	Temperature Coefficient of Isc	+0.0448%/°C
Junction Box Rating	IP67/IP68	Temperature Coefficient of Voc	-0.246%/°C
Cables	4mm ² /1300mm or Customized Length	Temperature Coefficient of Pmax	-0.330%/°C
Connector Type	MC4/MC4 Compatible(1000V) EVO2/EVO2 Compatible(1500V)		

Maximum Ratings			
Operating Temperature	-40°C to +85°C	Maximum Series Fuse Rating	30A
Maximum Load Capacity	Snow 5400Pa/Wind 2400Pa	Number of Diodes	3
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC(IEC)	Fire Rating Class	Class C



Anexo 3 Ficha técnica panel solar 2/2

Descripción regulador de carga

Modelo		10A 12/24V	20A 12/24V	30A 12/24V
Entrada	Voltaje FV	≤50V		
	Intensidad nominal	10A	20A	30A
Salida	Voltaje sistema	12V/24V Auto		
	Desconexión por alto voltaje (HVD)	16.00V x1 / x2		
	Intensidad descarga nominal	10A	20A	30A
	Autoconsumo	≤13mA		
	Caída de tensión circuito carga	≤0.21V		≤0.24V
	Caída de tensión circuito descarga	≤0.12V		≤0.1V
	Modo de carga	PWM Multi-etapas (carga, absorción, flotación, ecualización)		
	Voltaje Carga Flotación	13.8V (13V-15V) x1 / x2		
	Voltaje Carga Absorción	2 horas duración	14.4V (13V-15V) x1 / x2	
	Voltaje Carga Ecualización		14.6V (13V-15.5V) x1 / x2	
	Protección Bajo Voltaje (LVD)	10.8V (10V-14V) x1 / x2		
	Reconexión Bajo Voltaje (LVR)	12.6V (10V-14V) x1 / x2		
	Salida USB	5V 1A		
Características físicas	Sección cableado	6mm ²	10mm ²	16mm ²
	Temperatura trabajo	-20 ~ +50°C		
	Tamaño (L x W x H)	188 x 95 x 46.5mm		
	Peso neto	355g		

Anexo 4 Ficha técnica regulador.

Descripción inversor

Technical Parameter

SUA-series

Model	Output Voltage	Output Power	Peak Power	Frequency	No-load Current	Working Volt	Voltage Range	Efficiency	Product Size (CM)	Weight
										(KG)
SUA-2000A	AC220V(AC110V)	2000w	4000w	50Hz	<0.3A	DC12V	10.5-15V	85%-90%	24*9.5*5.5	0.9
SUA-2000C	220V-230V	2000w	4000w	50Hz	<0.3A	DC12V	10.5-15V	85%-90%	24*9.5*5.5	0.9
SUA-2000AF	AC230V	2000w	4000w	50Hz	<0.3A	DC12V	10.5-15V	85%-90%	24*9.5*5.5	0.9
SUA-3000A	AC220V(AC110V)	3000w	6000w	50Hz	<0.3A	DC12V	10.5-15V	85%-90%	23*12.7*6.7	1.15

Anexo 5 Ficha técnica inversor

Instalación fotovoltaica



Anexo 6 Armado tablero 1/2



Anexo 7 Armado tablero 2/2



Anexo 8 Instalación del tablero



Anexo 9 Instalación batería



Anexo 10 Instalación panel solar



Anexo 11 Instalación, cableado y canaleta.