

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

CARRERA DE ELECTRICIDAD

TEMA:

Diseño de sistema fotovoltaico para la zona rural de la parroquia Chanduy provincia
de Santa Elena

AUTORES:

Ladines Miranda, Gerhard Ismael

Fonseca Tumbaco, Jairo Josué

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de

INGENIERO ELÉCTRICO

TUTOR:

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar

Guayaquil, Ecuador

21 agosto del 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Señores. Ladines Miranda, Gerhard Ismael y Fonseca Tumbaco, Jairo Josue como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO ELECTRICO**

TUTOR

f. 

Ing. Romero Rosero, Carlos Bolívar

DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Bayardo Bohórquez, Celso Escobar. MsC.

Guayaquil, 21 agosto del 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Ladines Miranda, Gerhard Ismael y Fonseca Tumbaco, Jairo

Josué

DECLARAMOS QUE:

El trabajo de integración curricular “Diseño de sistema fotovoltaico para la zona rural de la parroquia Chanduy provincia de Santa Elena” previo a la obtención del Título de **Ingeniero Eléctrico** 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 nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de integración curricular referido.

Guayaquil, 21 agosto del 2023

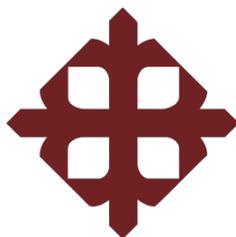
AUTORES

f.

Fonseca Tumbaco, Jairo Josué

f.

Ladines Miranda, Gerhard Ismael



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Yo, Ladines Miranda, Gerhard Ismael

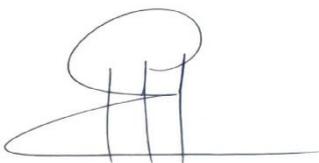
y

Fonseca Tumbaco, Jairo Josué

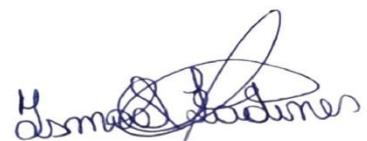
Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “Diseño de sistema fotovoltaico para la zona rural de la parroquia Chanduy provincia de Santa Elena”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 21 agosto del 2023

AUTORES

f. 

Fonseca Tumbaco, Jairo Josué

f. 

Ladines Miranda, Gerhard Ismael

Reporte de compilatio



TIC JF- GL FINAL 20-08-2023

5% Similitudes
< 1% Texto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TIC JF- GL FINAL 20-08-2023.docx
ID del documento: 094f4d11d8fce062946e88d95f932247a07b06aa
Tamaño del documento original: 7,34 MB
Autor: []

Depositante: undefined undefined
Fecha de depósito: 20/8/2023
Tipo de carga: url_submission
fecha de fin de análisis: 20/8/2023

Número de palabras: 11.879
Número de caracteres: 80.278

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	localhost Repotenciación de línea trifásica aérea en el alimentador Olón, provinc... http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/18032/3/T-UCSG-PRE-TEC-TEM-297.pdf.txt 18 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (218 palabras)
2	Documento de otro usuario #448716 El documento proviene de otro grupo 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (224 palabras)
3	localhost Análisis y diseño del alumbrado en espacio exteriores utilizando lámpa... http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/6641/3/T-UCSG-PRE-TEC-TEM-87.pdf.txt 15 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (208 palabras)
4	repositorio.ucsg.edu.ec http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7862/1/T-UCSG-PRE-ESP-AETH-341.pdf 13 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (207 palabras)
5	concepto.de Corriente continua - Concepto y diferencia con la alterna https://concepto.de/corriente-continua/#?text=Esto+se+refiere+sobre+todo+a+la+polaridad,del+polo+po... 3 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (216 palabras)

f. 
Ing. Carlos Bolívar, Romero Rosero

TUTOR

Agradecimiento

Yo Jairo Fonseca agradezco a DIOS por todas sus bendiciones prestadas, a mi madre y a mi esposa quienes siempre estuvieron apoyándome en el día a día para llevar adelante y cumplir mis sueños.

Yo Ismael Ladines agradezco en primer lugar a DIOS por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr todos estos objetivos.

A mis padres Marisol Miranda y Klever Ladines por poner toda su fe y su confianza de ver este sueño realidad, a mis hijos que son los motores principales que tengo para día a día salir adelante.

Agradezco sinceramente a mi tutor TIC Ing. Carlos Romero Rosero, su esfuerzo dedicación, sus conocimientos y su manera de trabajar han sido fundamentales para nuestra investigación.

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo de integración curricular a todas las personas que forman parte de la profesión eléctrica, a nuestros padres que han sabido formarnos con buenos hábitos y valores lo cual nos ha ayudado a seguir adelante en momentos difíciles y a quienes les apasiona esta profesión puesto que no hay mejor trabajo que hacer y desempeñarte en lo que te gusta.

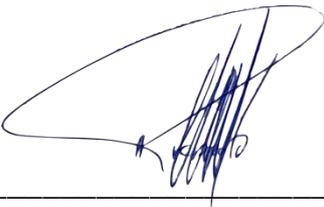
Es para nosotros una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo lo hemos ganado.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERA EN ELECTRICIDAD**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

**ING. RICARDO XAVIER, UBILLA GONZÁLEZ, M. SC.
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA**

f. 

ING. BAYARDO BOHORQUEZ, CELSO ESCOBAR, MGS

DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Gallardo Posigua, Jacinto Esteban, MSc.

OPONENTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

CALIFICACIÓN

10/10

Ing. Carlos Romero Rosero
DOCENTE-TUTOR

Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo-UCSG

Índice General

Índice de figuras	XII
Índice de tablas	XIII
Resumen	XIV
CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
1.1. Introducción	2
1.2. Antecedentes	3
1.3. Definición del problema	4
1.4. Justificación del problema	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo general	5
1.5.2. Objetivos específicos	5
1.6. Hipótesis	5
1.7. Metodología de la investigación	5
1.7.1. Investigación descriptiva	5
1.7.2. Investigación explicativa	6
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.1. El sol como fuente de energía	7
2.1.1. La radiación solar	8
2.2. Historia de la energía solar fotovoltaica	9
2.2.1. Se descubre la fotoconductividad del selenio	9
2.2.2. Primera célula solar	9
2.2.3. Se crean los primeros parques solares	10
2.3. Tipos de paneles solares fotovoltaicos	10
2.3.1. Paneles monocristalinos	11
2.3.2. Paneles policristalinos	12
2.3.3. Paneles de silicio	13
2.4. Regulador de carga	14
2.4.1. Estados de carga	15
2.4.2. Fase Bulk	15
2.4.3. Fase Absorción	16
2.4.4. Fase de Flotación	16
2.5. Batería o acumulador	16
2.5.1. Tipos de baterías para paneles solares	17
2.5.2. Baterías de plomo ácido	17
2.5.3. Baterías de iones de litio	18
2.6. Inversor	18
2.7. Tipos de sistemas fotovoltaicos	19
2.8. Medidor Bidireccional	21
2.8.1. Funcionamiento de un medidor bidireccional	22
2.9. Corriente continua	23
2.10. Corriente Alterna	24
2.11. Conexión a la red de distribución del sistema fotovoltaico	25

CAPÍTULO 3: DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO	35
3.1. Identificación de la zona rural de la parroquia Chanduy para el sistema fotovoltaico.	35
3.2. Estudio técnico de la fuente de energía y cargas a considerar.	36
3.2.1. Cálculo de la potencia instalada	36
3.3.1. Panel fotovoltaico	38
3.3.1.1. Especificaciones Mecánicas	39
3.3.1.2. Especificaciones eléctricas	40
3.3.2. Inversor	41
3.3.2.1. Sistema de protecciones internas y de seguridad del inversor	44
3.3.2.2. Certificaciones y cumplimiento de estándares	45
3.4.1. Numero de paneles fotovoltaicos	47
3.4.2. Arreglo de paneles fotovoltaicos	47
3.4.3. Inclinación y orientación de los paneles fotovoltaicos	48
3.4.4. Estructura de soporte de paneles fotovoltaicos	49
3.4.8. Canalizaciones y conductores	49
3.4.8.1. Canalización	49
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
4.1. Conclusiones	54
4.2. Recomendación	54
4.3. Bibliografía	55
4.4. Anexos	62

Índice de figuras

Figura 2-1 El sol una energía segura, limpia e ilimitada	7
Figura 2-2 Fórmula ley Planck.....	8
Figura 2-3 Turbina alimentada por energía solar de Mouchot	9
Figura 2-4 Panel solar fotovoltaico de Laboratorios Bells	10
Figura 2-5 Panel monocristalinos	12
Figura 2-6 Panel policristalino	13
Figura 2-7 Regulador de carga (Isofotón).....	14
Figura 2-8 Estado de carga	15
Figura 2-9 Baterías de plomo acido.....	18
Figura 2-10 Esquema del funcionamiento del inversor	19
Figura 2-11 Medidor bidireccional	22
Figura 2-12 Corriente Continua	24
Figura 2-13 Corriente Alterna	25
Figura 2-14 Red de distribución	26
Figura 2-15 Generación de agua caliente con energía solar térmica	29
Figura 2-16 sistema de riego solar	31
Figura 3-1 Ubicación Satelital Parroquia Chanduy	35
Figura 3-2 Panel policristalino y monocristalina	39
Figura 3-3 Inversor FRONIUS PRIMO 6.0-1	41
Figura 3-4 Interruptor diferencial	52

Índice de tablas

Tabla 2-1 Tipos de Célula	11
Tabla 2-2 Características del panel policristalino 210-PC05.....	13
Tabla 3-1 consumo de energía.....	37
Tabla 3-2 Datos generales del panel solar	38
Tabla 3-3 Panel fotovoltaico JKM535M-72HL4-V	39
Tabla 3-4 Panel fotovoltaicoJKM330PP-72	40
Tabla 3-5 Especificaciones Eléctricas	40
Tabla 3-6 Especificaciones generales del inversor	42
Tabla 3-7 Especificaciones eléctricas en la entrada DC	42
Tabla 3-8 Especificaciones eléctricas en la entrada DC	43
Tabla 3-9 Especificaciones eléctricas en el lado AC	43
Tabla 3-10 Equipamiento de seguridad del inversor.....	44
Tabla 3-11 Certificaciones y estándares de cumplimiento	45
Tabla 3-12 Especificaciones técnica de la batería.....	46
Tabla 3-13 Especificaciones del regulador de voltaje	47
Tabla 3-15 El cálculo de la capacidad o corriente	51

Resumen

En el presente trabajo de integración curricular realizamos el diseño de un sistema fotovoltaico para la zona rural de la parroquia Chanduy en la provincia de Santa Elena para lo cual, en el primer capítulo identificamos nuestros objetivos específicos a ser desarrollados dentro del trabajo. En el segundo capítulo tenemos el desarrollo de toda la investigación teórica relacionada al tema como historia, componentes, actualidad, futuro entre otros. En el tercer capítulo vamos a encontrar el desarrollo de nuestros objetivos específicos, tales como identificación de la zona, diseño y dimensionamiento, cálculo de la demanda, especificaciones técnicas de los componentes del sistema. En nuestro cuarto capítulo detallamos las conclusiones obtenidas una vez realizado todo el trabajo de integración curricular y posterior a esto realizamos recomendaciones del tema tratado, la energía fotovoltaica es una fuente de energía renovable la cual si aprovechamos en su máxima capacidad vamos a poder cumplir con todas las exigencias de un servicio eléctrico de calidad.

Palabras Claves: RURAL, DEMANDA, FOTOVOLTAICA, ENERGIA, ELÉCTRICO, RENOVABLE.

Abstract

In the present work of curricular integration, we carry out the design of a photovoltaic system for the rural area of the Chanduy parish in the province of Santa Elena for which, in the first chapter we identify our specific objectives to be developed within the work. In the second chapter we have the development of all the theoretical research related to the subject such as history, components, present, future among others. In the third chapter we will find the development of our specific objectives, such as identification of the area, design and sizing, calculation of demand, technical specifications of the system components. In our fourth chapter we detail the conclusions obtained once all the curricular integration work has been carried out and after this we make recommendations on the subject matter, photovoltaic energy is a renewable energy source which if we take advantage of it to its maximum capacity we will be able to comply with all the demands of a quality electrical service.

Keywords: RURAL, DEMAND, PHOTOVOLTAIC, ENERGY, ELECTRICAL,
RENEWABLE.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1. Introducción

La historia de la energía solar se remonta a miles de años atrás, cuando las personas usaban la luz solar para calentar agua y cocinar alimentos. Sin embargo, la tecnología para convertir la luz solar en electricidad no se desarrolló hasta el siglo XIX.

En 1839, el físico francés llamado Alexandre Edmond Becquerel descubrió algunos materiales podían producir pequeña cantidad de electricidad cuando esta era expuesta a la luz solar. Esta fue la primera vez que se observó el llamado "efecto fotovoltaico.

La Energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo, en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde. (Santos, 2023)

La radiación solar es la energía radiante emitida en el espacio interplanetario del sol. Esta radiación se genera a partir de las reacciones termonucleares de fusión que se producen en el núcleo solar y que producen la radiación electromagnética en varias frecuencias o longitudes de onda, que se propaga entonces en el espacio a las velocidades típicas de estas olas. Esta propagación permite llevar energía solar con ellas. El efecto fotovoltaico, Es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica (FV) convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. (S.A., 2023)

La energía solar a diferencia de los combustibles fósiles como el carbón o el petróleo, cuyas reservas son finitas, la energía del sol está disponible en todo el mundo y es inagotable. Nos ayuda a luchar contra el cambio climático, es 100% limpia no emite gases de efecto invernadero, por lo que no contribuye al calentamiento global. Es una de las tecnologías renovables más eficientes en la lucha contra el cambio climático. (SL, 2023)

La energía solar ha conseguido ser más barata que muchas otras energías convencionales. Gracias a las innovaciones del sector y la popularización de la energía solar han conseguido reducir drásticamente sus costes y se está consiguiendo que las energías renovables lleguen a ser la solución más sostenible, no sólo ambiental sino también económicamente. (SL, 2023)

1.2. Antecedentes

En Zonas alejadas o remotas, el suministro de energía eléctrica puede ser difícil de conseguir, costosa o simplemente no estar disponible. En estos casos, los paneles solares son una excelente opción para suministrar energía eléctrica de manera sostenible y asequible, la energía solar es una tecnología en constante evolución y hay varias innovaciones que están transformando la forma en la que usamos la energía solar.

La parroquia Chanduy en la provincia de Santa Elena es una zona rural que sufre un déficit en la entrega de energía eléctrica por parte de la distribuidora por ser una zona alejada por lo cual para suplir esta necesidad se realiza el diseño para la implementación de un sistema fotovoltaico.

1.3. Definición del problema

La entrega de la energía eléctrica con un bajo voltaje por parte de la distribuidora CNEL EP no permite que los equipos eléctricos funcionen de una manera adecuada, siendo demasiado costoso realizar una mejora a la red convencional la distribuidora no efectúa los trabajos a realizarse para suplir esta necesidad siendo afectados los moradores de la zona rural de la Parroquia Chanduy en la provincia de Santa Elena, a su vez la fábrica BANEXCEL que se encuentra situada dentro de estos linderos no puede funcionar al máximo de su capacidad debido al déficit energético siendo este un problema directo a su producción y abastecimiento a sus clientes.

La falta de redes cercanas con un voltaje adecuado influye directamente en el crecimiento de la población y zona industrial de la zona rural de la parroquia Chanduy en la provincia siendo este nuestro problema de investigación.

1.4. Justificación del problema

Este trabajo de integración curricular es muy importante ya que nos dará una opción para poder suministrar la energía eléctrica de manera correcta para mejorar la calidad del servicio a la población rural de la Parroquia Chanduy en la provincia de Santa Elena.

La utilidad del tema de investigación se verá plasmado en el desarrollo energético, productivo, comercial, social y económico ya que contarán con una red de energía segura de la cual se podrán abastecer para cumplir con todas sus actividades.

Este estudio permitirá fomentar el interés a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica por el uso de la electricidad con fuentes de energía renovables.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Realizar el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico que cumpla con las exigencias técnicas para suministrar energía de manera adecuada a los moradores de la zona rural de la parroquia Chanduy en la provincia de Santa Elena.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Identificar la zona rural de la parroquia Chanduy para el diseño del sistema de energía renovable.
2. Realizar un estudio técnico de la fuente de energía y diferentes cargas de la zona rural de la parroquia Chanduy
3. Determinar las especificaciones técnicas que conforman el sistema fotovoltaico
4. Diseñar el sistema fotovoltaico para el suministro de energía estable en la zona rural de la parroquia Chanduy en la Provincia de Santa Elena

1.6. Hipótesis

El presente trabajo de integración curricular nos va a permitir dar una solución a los problemas de bajo voltaje que sufren los lugares que se encuentran alejados a la red convencional de CNEL EP los cuales pertenecen a la zona rural de la parroquia Chanduy en la provincia de Santa Elena.

1.7. Metodología de la investigación

1.7.1. Investigación descriptiva

La metodología de la investigación descriptiva es un enfoque de estudio que se utiliza para describir y analizar situaciones, eventos, fenómenos o características de

interés. Su objetivo principal es recopilar datos relevantes para proporcionar una imagen detallada y precisa de lo que se está estudiando.

Esta metodología se enfoca en describir hechos o fenómenos tal como son, sin manipular variables ni establecer relaciones causales. Se basa en la observación directa, la recopilación de datos y el análisis objetivo de la información recolectada.

1.7.2. Investigación explicativa

Este trabajo de integración curricular es de estudios de viabilidad técnico-económica: Esta metodología implica evaluar la viabilidad técnica y económica de la instalación de un sistema fotovoltaico.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. El sol como fuente de energía

El Sol es una estrella enorme. Con un diámetro de 1,4 millones de kilómetros. La temperatura que alcanza los 5500 grados centígrados en la superficie y más de 15,5 millones de grados centígrados en el núcleo.

En el núcleo del Sol, se producen reacciones de fusión en las que el hidrógeno se transforma en helio, que genera la energía. Unas pequeñas partículas de luz llamadas fotones transportan esta energía a través de la zona radiante hasta la capa superior del interior del Sol, la zona convectiva. Ahí, el movimiento de los gases hirviendo (como en una lámpara de lava) lleva la energía a la superficie. Este viaje dura más de un millón de años. (national geographic, 2009)

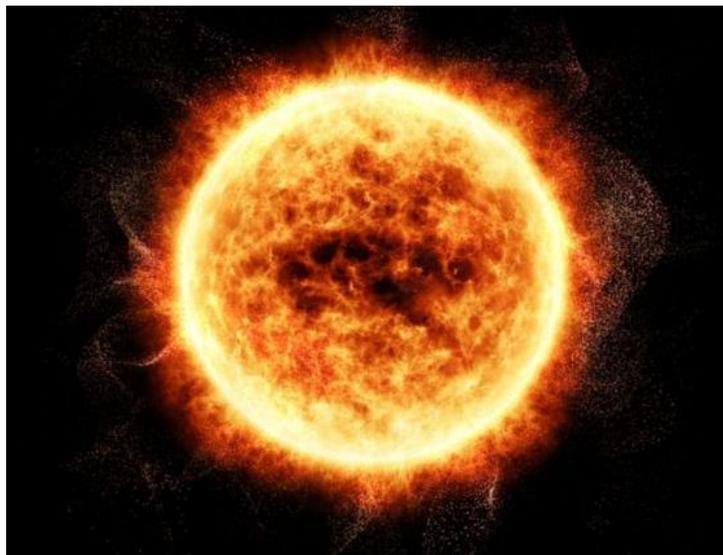


Figura 0-1 El sol una energía segura, limpia e ilimitada

Fuente: (BBC Mundo, 2018)

2.1.1. La radiación solar

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas y se genera en las reacciones del hidrógeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y es emitida por la superficie solar. (Ideam , 2023)

El físico Max Planck nació en 1858 en la ciudad alemana. Planck describe la radiación electromagnética emitida por un cuerpo negro en equilibrio térmico en una temperatura definida.

La intensidad de la radiación emitida por un cuerpo negro con una temperatura T viene dada por la ley de Planck:

$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp(h\nu/kT) - 1}$$

Figura 0-2 Fórmula ley Planck

Fuente: (Ideam , 2023)

donde

- $I(\nu)\delta\nu$ es la cantidad de energía por unidad de área, unidad de tiempo y unidad de ángulo sólido emitida en el rango de frecuencias entre $\nu + \delta\nu$
- h es una constante que se conoce como constante de Planck
- c es la velocidad de la luz
- k es la constante de Boltzmann.

2.2. Historia de la energía solar fotovoltaica

En 1884 el físico francés Edmond Becquerel descubrió que se podía producir electricidad a partir de los rayos solares gracias a lo que se conoce como “el efecto fotovoltaico”. (experta solar, 2023)

2.2.1. Se descubre la fotoconductividad del selenio

En 1873, el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith descubrió que el selenio tiene potencial fotoconductor, lo que significa que se vuelve eléctricamente conductor cuando absorbe la luz. Tres años más tarde, este descubrimiento llevó a William Grylls Adams y Richard Evans Day a la conclusión de que el selenio crea electricidad cuando se expone a la luz solar sin calor ni partes móviles que puedan descomponerse fácilmente. Este descubrimiento demostró que la energía solar era fácil de cosechar y mantener, requiriendo menos piezas que otras fuentes de energía, como las plantas de carbón. (grupojab, 2023)

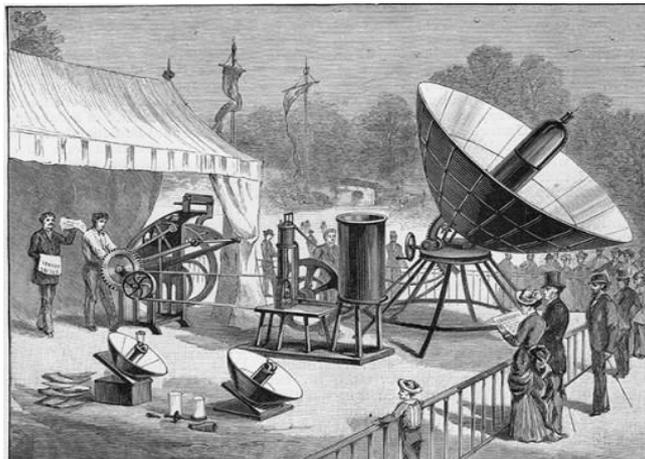


Figura 0-3 Turbina alimentada por energía solar de Mouchot

Fuente: (grupojab, 2023)

2.2.2. Primera célula solar

El inventor neoyorquino Charles Fritts produjo las primeras células solares cubriendo selenio con una fina capa de oro, razón por la que algunos historiadores

atribuyen a Fritts la invención de las células solares. Esta célula alcanzó una tasa de conversión de energía de 1-2%. La mayoría de las células solares modernas trabajan con una eficiencia del 15-20%.

2.2.3. Se crean los primeros parques solares

Arco Solar construyó el primer parque solar – básicamente una planta de energía solar – en Hesperia, California, en 1982. Este parque generó 1 megavatio, o 1.000 kilovatios por hora, mientras operaba a plena capacidad. Esto podría alimentar una bombilla de 100 kilovatios durante 10 horas. En 1983, Arco Solar construyó un segundo parque solar en Carrizo Plains, California. En aquel momento, era la mayor colección de paneles solares del mundo, con 100.000 paneles fotovoltaicos que generaban 5,2 megavatios a plena capacidad. Aunque estas plantas cayeron en desorden con el retorno del petróleo a la popularidad, demostraron el potencial para la producción de energía solar comercial. (grupojab, 2023)

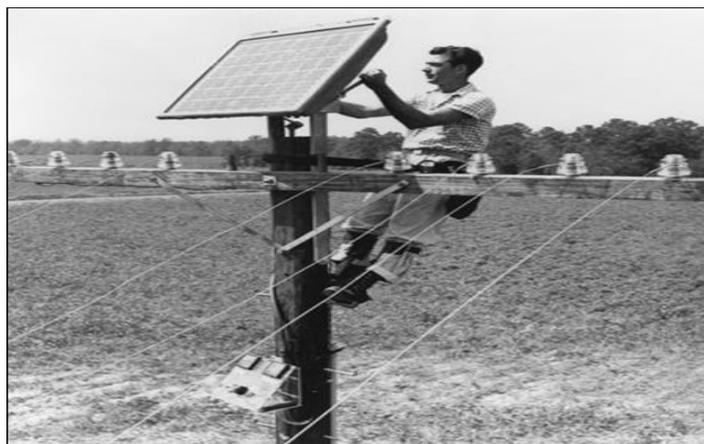


Figura 0-4 Panel solar fotovoltaico de Laboratorios Bells

Fuente (grupojab, 2023)

2.3. Tipos de paneles solares fotovoltaicos

La energía solar puede servir para diferentes usos, por eso no todos los paneles solares han sido concebidos y fabricados para lo mismo. Podemos distinguir

entre paneles solares fotovoltaicos, paneles solares térmicos y paneles solares híbridos, que emplean tecnología tanto fotovoltaica como térmica. (grupoturelectric, 2022)

Tabla 0-1 Tipos de Célula

Policristalina	De 15 a 17 %
Monocristalina	De 16 a 19 %
Policristalina PERC	De 17 a 19 %
Monocristalina PERC	De 19 a 20,7 %
Monocristalina Tipo-N	De 19 a 21 %
Monocristalina Tipo-N HJT	De 19 a 21.9 %
Monocristalina Tipo-N (IBC-Contactos traseros)	De 20 a 22,7 %

Fuente: (Rubio, 2014)

2.3.1. Paneles monocristalinos

Las células monocristalinas que componen este tipo de placas son las que le dan nombre. De apariencia negra y con las esquinas recortadas en forma de chaflán, destacan por su rendimiento y por su eficiencia, la más alta de los distintos tipos de placas que podemos diferenciar. Pueden alcanzar rendimientos del 17%, costo es mayor que el de otros paneles debido a que su proceso de producción es más complejo y caro. (grupoturelectric, 2022)

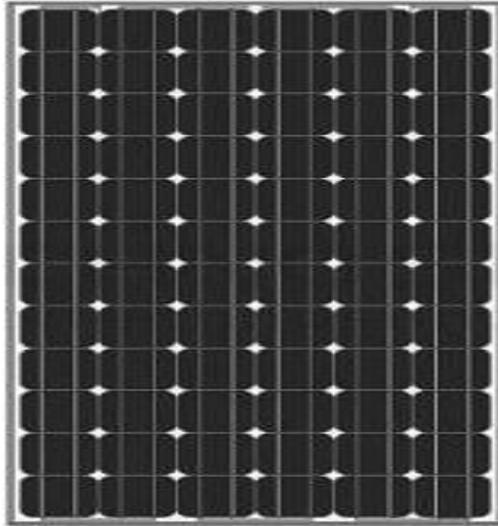


Figura 0-5 Panel monocristalinos

Fuente: (Smartbitt, 2022)´

2.3.2. Paneles policristalinos

A diferencia de los paneles monocristalinos, los policristalinos presentan un característico color azul en varias tonalidades y sus esquinas acaban en ángulo recto. Las células son cuadradas y su color no es uniforme, ya que presenta diferentes tonos de azules. Tienen buena capacidad de absorción y un rendimiento que puede estimarse entre el 11% y el 15%. Su coste es menor que el de los paneles monocristalinos debido a que el proceso de obtención de este tipo de células es también más económico. (grupoturelectric, 2022)



Figura 0-6 Panel policristalino
Fuente (Bauer energy, 2023)

A continuación, las principales características del panel policristalino (Panel 210 PC05)

Tabla 0-2 Características del panel policristalino 210-PC05

CARACTERISTICAS ELECTRICAS		
Modelo	TSM	210-PC05
Potencia Máxima	$P_m(W)$	210
Tolerancia de la Potencia	(%)	± 3
Tensión de punto de máxima potencia	$V_m(V)$	29.7
Corriente de punto de máxima potencia	$I_m(A)$	7.19
Tensión de circuito abierto	$V_{oc}(V)$	36.4
Corriente de corto circuito	$I_{sc}(A)$	7.86
Tensión máxima del sistema	(Vdc)	1000
Eficiencia de la célula	$\eta_c(\%)$	14.4
Eficiencia del módulo	$\eta_m(\%)$	12.6

Fuente (Hernandez, 2011)

2.3.3. Paneles de silicio

Los paneles de silicio, llamados también paneles de silicio amorfo tienen un coste de fabricación sensiblemente inferior a los paneles monocristalinos y

policristalinos, por lo que su precio resulta también inferior. A cambio, tienen un menor rendimiento (en torno al 6-8%). Sobre una lámina de vidrio se apoya una lámina fina de silicio que es la encargada de recoger la energía proveniente del sol. (grupoturelectric, 2022)

2.4. Regulador de carga

El objetivo del regulador es alargar la vida útil de la batería, evitando que esta sufra cargas y descargas profundas que estén fuera de sus límites permisibles. La labor del regulador evitar las sobrecargas y descargas muy profundas; para realizar esto, instante a instante, el regulador debe medir de alguna manera el estado de carga de la batería y compararlo con niveles permisibles tanto inferiores como superiores. La tarea del regulador se simplifica en controlar constantemente la tensión de la batería durante su carga, cortando el paso de la corriente cuando esté totalmente cargada y detectar cuando la tensión de las baterías ha descendido y reanudar la carga de ésta. (Prevoo, 2003)



Figura 0-7 Regulador de carga (Isotofón)

Fuente: (Prevoo, 2003)

2.4.1. Estados de carga

Para saber el estado real de carga de las baterías de tu kit o instalación solares se deben observar los indicadores de barras de nivel de los reguladores de carga o para obtener un indicador más preciso, mediante su indicación en voltios. Pero ello debe realizarse cuando las baterías estén estables, es decir, sin recibir energía, de esta forma se conocerá el valor real de carga.



Figura 0-8 Estado de carga

Fuente: (Solar, 2018)

2.4.2. Fase Bulk

Es la primera etapa de carga de una batería. Es un primer impulso que se le da a la batería, suministrando una corriente elevada. En este proceso aumenta rápidamente la tensión de la batería, hasta una primera tensión límite. Aquí se consigue que la batería este cargada entre un 80-90%.

En este primer proceso de carga el regulador no realiza ninguna función, ya que se suministra la potencia máxima que pueda dar el sistema a la batería. Si es necesario el regulador para terminar el proceso de carga de batería sin sobrecargarlas. Si no existiera este elemento sería como si siempre estuviera en etapa

Bulk y la elevada corriente procedente de los paneles podría dañar la batería. (tecnosolab, 2017)

2.4.3. Fase Absorción

En esta fase la corriente de carga disminuye lentamente hasta que la batería se carga al 100%. En esta etapa trabajamos al voltaje alcanzado al final de la etapa Bulk, denominado límite de absorción. Es importante conocer los valores de los voltajes utilizados con exactitud y siempre en conformidad a las indicaciones del fabricante. La finalidad de esta etapa es recuperar el electrolito, que puede haberse visto alterado en procesos de descarga profunda, así pues, en baterías que hayan sufrido una descarga profunda prolongada, la fase de absorción será más larga para asegurarnos de recuperar el electrolito por completo. (autosolar, 2018)

2.4.4. Fase de Flotación

En esta fase la batería ya está cargada al 100% y lo que se hace es proporcionar la corriente necesaria para compensar el auto descarga, de manera que permanezca al 100%. Se trabaja a potenciales bajos y constantes. Si pretende almacenarse la batería el voltaje de flotación no puede variar más de un 1% respecto del recomendado por el fabricante. Para baterías líquidas se recomienda proporcionar voltajes entre 12,9-14 V, aunque no es recomendable la inutilidad de la batería durante periodos largos (meses). En cambio, las baterías de gel pueden ser dejadas en fase de flotación durante periodos largos sin problemas. (autosolar, 2018)

2.5. Batería o acumulador

Las baterías para paneles solares, mejor conocidas como sistemas de almacenamiento de energía, son uno de los elementos más importante de un sistema de energía solar, sin importar si son aislados o si están interconectados a

la red, ya que son las encargadas de almacenar la energía que se genera a través de los paneles solares, brindando autonomía, desplazamiento de carga y recorte de demanda en horarios punta. (Enlight, 2021)

2.5.1. Tipos de baterías para paneles solares

Las baterías para paneles solares son dispositivos que se encargan de almacenar la energía captada y transformada por el sistema fotovoltaico, con el fin de que se pueda disponer de ella en la noche, en los días en que haya poca radiación solar o cuando haya intermitencia en la red eléctrica.

Permiten suministrar energía de manera independiente a la producción eléctrica del generador fotovoltaico para que no haya riesgo de quedarse sin energía.

2.5.2. Baterías de plomo ácido

Las baterías de plomo ácido, hasta hace algunos años, eran una de las mejores opciones en paneles solares por su vida útil y los ciclos que brinda. Sin embargo, actualmente, existen en el mercado otras opciones más duraderas y con mejor calidad-precio.

Su vida útil es en promedio de seis años, siempre y cuando se dimensionen de manera adecuada y se le dé el mantenimiento correcto.

Una de las ventajas de estas baterías para paneles solares es que suelen ser más económicas; además, se pueden reciclar. (enlight, 2023)



Figura 0-9 Baterías de plomo ácido

Fuente: (enlight, 2023)

2.5.3. Baterías de iones de litio

Las baterías de iones de litio son las más utilizadas en el tema de almacenamiento de energía solar porque tienen un gran potencial. Otros beneficios es que no requieren mucho mantenimiento regular y tienen una mayor densidad de energía, es decir, pueden almacenar más energía en un espacio más pequeño.

Tienen un ciclo de vida un tanto largo: alrededor de 10 a 15 años, gracias a la profundidad de descarga, que permite utilizar más energía almacenada antes de que tenga que recargarse.

Son ideales para sistemas fotovoltaicos instalados en empresas por la capacidad que poseen de almacenamiento de energía. (enlight, 2023)

2.6. Inversor

Un inversor de placas solares es un convertidor que transforma la corriente continua que recibe de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna. Esta corriente es la que puedes usar en tu hogar, almacenar en baterías o verter a la red. La función

del inversor en un sistema fotovoltaico es fundamental para el funcionamiento de nuestra instalación. (sotysolar, 2022)

El inversor es un dispositivo que convierte la corriente continua (CC o DC) que suministran los paneles solares y/o las baterías a corriente alterna (CA o AC). La CA es la que utilizamos en nuestros hogares, los electrodomésticos o equipos eléctricos normalmente funcionan a 220V de tensión monofásica o 380V de tensión trifásica. Las siguientes ilustraciones muestran un esquema del inversor y su ubicación en un sistema solar.

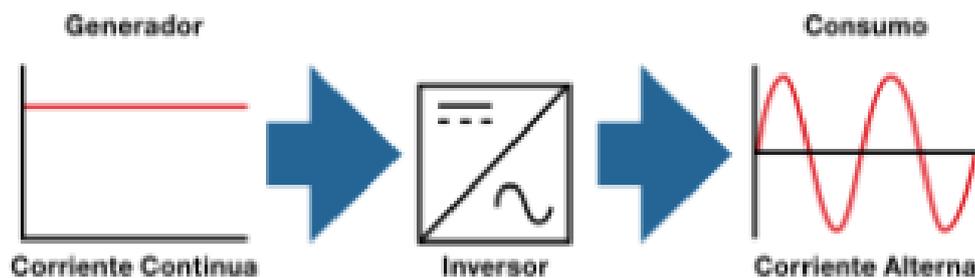


Figura 0-10 Esquema del funcionamiento del inversor
Fuente: (santafe, 2019)

2.7. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Los tipos de sistemas son:

2.7.1. Sistema fotovoltaico Híbrido

Para empezar, debemos entender qué es un sistema híbrido y cómo funciona. Pues bien, se trata de un sistema fotovoltaico que mientras se encuentra conectado a la red eléctrica, genera un respaldo energético a través de paneles solares y baterías.

Lo anterior significa que estas combinan características de un sistema conectado a la red eléctrica y un sistema “off Grid” o desconectado de la red eléctrica.

En general, su hogar o empresa estará utilizando electricidad de la red, pero si se presenta un fallo, utilizará la energía almacenada en las baterías con los paneles solares. (Adminenergy, 2022)

2.7.2. Sistema fotovoltaico conectado a la red

La característica principal de este sistema es su capacidad para conectarse a la red pública de energía eléctrica, pudiendo incluso entregar energía a dicha red, si así se requiere.

Funciona de la siguiente manera:

- La energía solar recibida por los paneles solares fotovoltaicos es convertida en energía eléctrica continua (CC). Esta energía pasa por el convertidor, que se encarga de transformar esta corriente continua (CC) en corriente alterna (CA).
- Esta conversión a corriente alterna debe hacerse a la misma frecuencia de la red pública para poder conectarse a ella. El convertidor garantiza la calidad del voltaje generado para que sea recibida por la red pública.
- Estos sistemas, por lo general, no tienen baterías, así que su configuración es la más barata. Son los más utilizados en zonas urbanas, donde hay acceso a la red de energía eléctrica. (Adminenergy, 2022)

2.7.3. Sistema fotovoltaico Aislado

Los sistemas off Grid son autónomos y no están conectados a red alguna u otra fuente de energía.

Estos sistemas funcionan de la misma manera que los On Grid, con paneles fotovoltaicos recibiendo energía solar, convirtiéndola en corriente continua y pasándola a un conversor que la transforma en energía alterna.

Pero tienen adicionalmente un banco de baterías en la que pueden “guardar” energía para su consumo posterior, ubicado antes del convertidor. Así, garantizan energía para la casa en días soleados, días nublados e incluso de noche.

Esta configuración es mucho más costosa que la On Grid, sobre todo por el costo de las baterías. Se aprovecha principalmente en áreas remotas donde el acceso a la red de energía eléctrica es escaso o inexistente. (Adminenergy, 2022)

2.8. Medidor Bidireccional

Un medidor bidireccional es un dispositivo hecho para contabilizar la electricidad que consumes por parte de la red local y también para registrar la energía que produces con tu sistema fotovoltaico.

Adquirir este medidor es un requisito importante que debes cumplir si decides instalar paneles solares de manera interconectada, ya que te permite determinar adecuadamente cuánto debes pagar de luz con base en tu consumo, ya sea a nivel doméstico, comercial o industrial. (Solar Inc, 2021)



Figura 0-11 Medidor bidireccional

Fuente: (Solar Inc, 2021)

2.8.1. Funcionamiento de un medidor bidireccional

Un medidor bidireccional funciona de una manera similar a un medidor de luz convencional, puesto que miden la cantidad de energía que utilizas, ya sea proporcionada por la CFE o producida con un sistema fotovoltaico.

A diferencia de los sistemas regulares, un equipo bidireccional recibe ese nombre porque contabiliza tanto la energía entrante como la energía saliente. Este dispositivo registra tres tipos de medidas:

- La energía recibida, es decir, la electricidad que recibes de la red local
- La energía neta producida por tus paneles solares
- La energía entregada, es decir, el excedente que no utilizas y envías a la red

Esta última medición te informa acerca de la producción de tus paneles, cuando estos generan más electricidad de la que necesitas y se envía a la red de la distribuidora. Dichos excedentes pueden restarse de tu factura o ser vendidos a la compañía eléctrica, según el contrato de interconexión que poseas.

Por otra parte, existen dos tipos de medidores: los electromecánicos y los electrónicos. Los dispositivos electromecánicos funcionan haciendo girar un disco que registra el flujo de corriente.

Sin embargo, actualmente los equipos que se utilizan son electrónicos, especialmente cuando se trata de instalaciones de paneles solares.

Los dispositivos electrónicos, tanto unidireccionales como bidireccionales, utilizan sistemas de medición que no requieren de partes móviles. Estos miden el flujo de la corriente eléctrica para ofrecer una lectura de consumo y así calcular el pago que deberás realizar. (Solar Inc, 2021)

2.9. Corriente continua

Se denomina corriente continua (CC) o corriente directa (CD) a un tipo de corriente eléctrica, esto es, al flujo de una carga eléctrica a través de un material conductor, debido al desplazamiento de una cantidad determinada de electrones a lo largo de su estructura molecular. En el caso de la corriente continua, dicho flujo de electrones se caracteriza por tener siempre un mismo sentido de circulación.

Dicho en otras palabras, la corriente directa implica el tránsito continuo de una carga eléctrica entre dos puntos del conductor que tienen diferente potencial y carga eléctricos, de manera tal que nunca cambia con el tiempo.

Esto se refiere sobre todo a la polaridad de la carga, no a su intensidad: una fuente eléctrica que se agota (como una batería con poca carga) sigue siendo continua si no varía la dirección del flujo eléctrico: siempre del polo positivo al negativo (asignados por convención).

Todo circuito eléctrico tiene dichos polos (positivo y negativo) y suele distinguirlos mediante colores (rojo y negro, respectivamente), para impedir que la fuente eléctrica se introduzca al revés y haya una inversión en la polaridad, lo cual dañaría el circuito.

Por eso las baterías de un aparato deben ir en el orden polar correcto para que funcione, pues existe un transformador-rectificador que impide el flujo eléctrico invertido. (Etece, 2021)

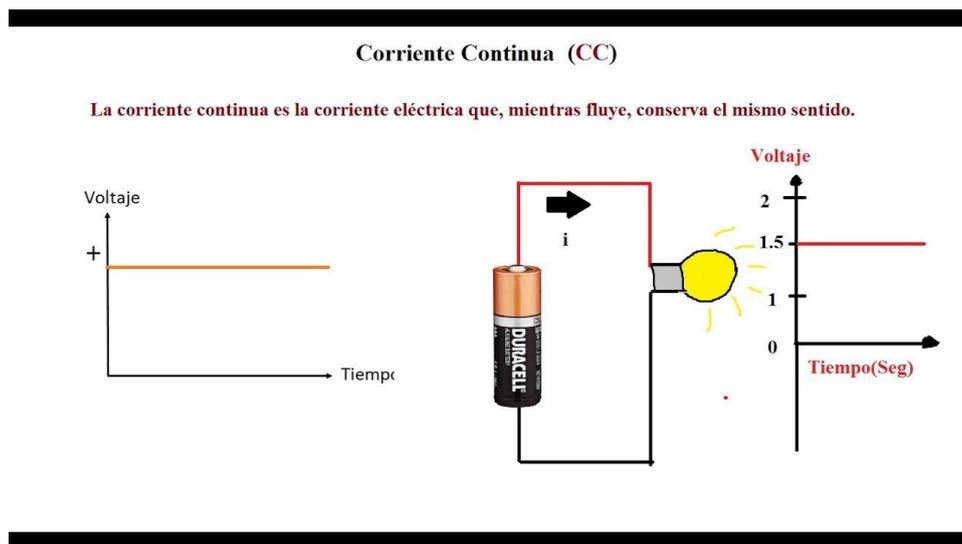


Figura 0-12 Corriente Continua

Fuente: (Etece, 2021)

2.10. Corriente Alterna

La corriente alterna se produce cuando, en un conductor por donde circula una corriente eléctrica, la polaridad de la diferencia de potencial varía. Por tanto, la corriente no fluye en la misma dirección, sino que alterna, fluyendo primero hacia una dirección y luego invirtiéndose.

Una corriente o tensión eléctrica van cambiando en magnitud y en polaridad tal como se puede apreciar en la representación gráfica habitual de una corriente alterna.

Esto se puede entender mejor si comprendemos como se genera una corriente eléctrica en un motor.

Michael Faraday descubrió que un conductor eléctrico moviéndose dentro de un campo magnético (imán), o también moviendo el campo magnético alrededor del conductor, generaba una tensión o diferencial de potencial (d.d.p) entre los extremos del conductor (igual que una batería tiene tensión entre sus dos extremos) y, a su vez, si conectaba una carga creando un circuito, se generaba lo que llamó una corriente inducida. (Electronicaonline, 2020)

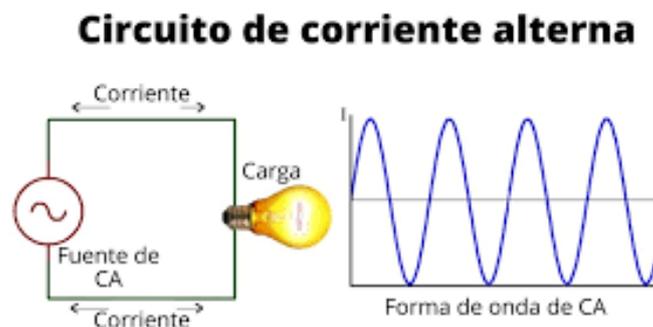


Figura 0-13 Corriente Alterna

Fuente: (Electronicaonline, 2020)

2.11. Conexión a la red de distribución del sistema fotovoltaico

La instalación fotovoltaica conectada a red, más conocida como instalación fotovoltaica On-Grid, que es una conexión directa con nuestra red eléctrica local.

Este sistema es muy ventajoso y económico ya que tiene la particularidad que, durante las horas de luz del día, puedes consumir la energía sin ningún problema. Por otro lado, si te encuentras fuera de tu hogar, este sistema inyectará continuamente energía hacia la red eléctrica.

Además, si optas por utilizar este tipo de sistema, podrás obtener un crédito energético, como compensación por la energía que recibe la empresa distribuidora,

beneficio que se verá reflejado mensualmente en tu planilla eléctrica. Este crédito energético aplica para residencias e industrias a nivel nacional.

Se suele recurrir a este tipo de instalación cuando se desea generar un ahorro en materia energética, o cuando no se tiene acceso directo a la red pública. Son en estos casos donde la mejor solución a corto y mediano plazo es generar energía de forma autónoma para el autoconsumo. (S.A., 2023)

2.12. Redes de distribución de baja tensión

Una red de distribución en Baja Tensión es aquella que se inicia en el cuadro de BT de un centro de transformación y cuya misión es llevar la energía eléctrica desde el CT hasta los usuarios finales mediante las acometidas. Este tipo de instalación es muy usado en las ciudades. (gorlan, 2023)

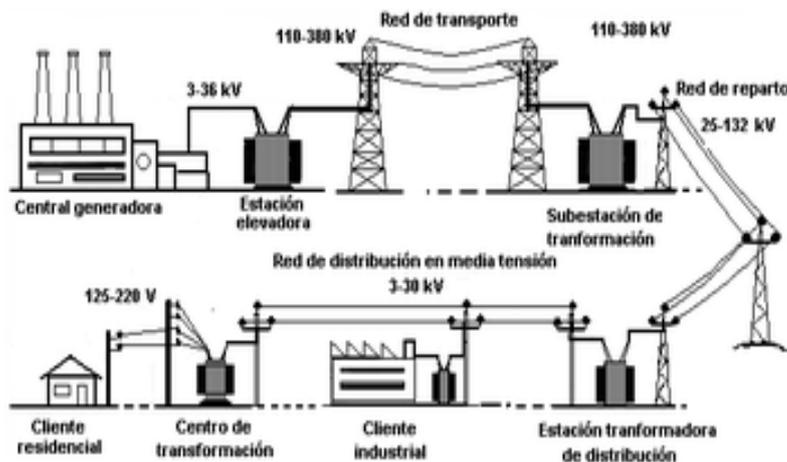


Figura 0-14 Red de distribución

Fuente: (gorlan, 2023)

2.13. Redes de distribución de media tensión

Cuando la energía eléctrica llega a las estaciones transformadoras de distribución, éstas reducen la tensión del voltaje, lo suficiente como para poder distribuirse ahora a través de las líneas de media tensión. Las líneas de distribución

en media tensión pueden ser aéreas o subterráneas y transportan entre 1 y 36 kV. En general, transportan pocas decenas de megavatios.

Un centro de transformación es una instalación que posee varios transformadores reductores de alta a baja tensión. O sea, tiene como función recibir la energía en Media Tensión y entregarla en Baja Tensión para que esta pueda ser usada por el consumidor final. Por eso forman parte de la última fase de las redes de distribución.

Estos son los tipos de centros de transformación:

- CT en punta: son los centros de transformación independientes. Solo tienen una entrada y están al final de una línea.
- CT de paso: se encuentran en mitad de una línea y tienen entrada y salida.
- CT en anillo: se alimenta por los dos extremos de la línea. Se considera el más fiable. (Energía y sociedad, 2019)

2.14. Voltaje adecuado de operación

Los aparatos eléctricos generalmente están hechos para funcionar con 110 o 220 v (tensión) y 50 o 60 Hz (frecuencia). Si alguno de los números no coincide, se necesitará usar un convertidor de corriente. Aquellos aparatos en los que aparece la leyenda "110-220v frequency 50-60hz" están diseñados para usarse en cualquier lugar. Usualmente este es el caso de los cargadores de cámaras digitales, computadoras portátiles y teléfonos celulares; están calibrados para funcionar con diversos voltajes. Sin embargo, es importante verificar que esto sea así para evitar contratiempos. (externas, 2022)

2.15. Uso de la energía Solar en el hogar

Para poder disfrutar de los beneficios de la energía solar en casa, necesitaremos la instalación de paneles solares o, al menos, contar con una conexión a ellos a continuación detallamos algunos de ellos:

- **Electricidad.** A través de paneles solares podemos disponer de electricidad para toda la casa. Eso sí, será importante que haya un estudio de viabilidad previo para ver cuáles son tus hábitos de consumo, la tipología de la vivienda y tus necesidades energéticas. De esta manera, podrás contratar e instalar exactamente lo que necesitas, ni más ni menos.
- **Agua caliente.** Además de electricidad, los paneles solares también pueden suministrarte agua caliente. No solo para los baños o la cocina, también para los que quieran disfrutar de una piscina climatizada, y así poder disfrutar de un buen chapuzón todo el año.
- **Calefacción y aire acondicionado.** La energía solar se transforma en energía térmica y esto permite tener calefacción con paneles solares en casa. Además, no solo podrás disfrutar de la calefacción en invierno, también tiene la opción de refrigeración en frío, para que puedas contar con aire acondicionado en verano.
- **Movilidad eléctrica:** Los paneles solares pueden instalarse en techos o estacionamientos para generar energía que se utiliza para cargar vehículos eléctricos de manera sostenible. Esto ayuda a reducir la dependencia de la red eléctrica convencional y aprovechar una fuente de energía limpia y renovable para alimentar los vehículos.

- **Luz.** Cuando hablamos de energía solar, podemos ir más allá de paneles solares, también existen opciones más pequeñas y económicas, como iluminación para el exterior a base de energía solar. Muchas bombillas pensadas para el exterior cuentan con una placa que se carga con la luz solar, la almacena y cuando deja de haber luz, se enciende la bombilla. Es muy útil para ahorrar en luz para iluminar las zonas exteriores, pero también es más cómodo, ya que no requiere de un tendido eléctrico y podrás instalarlo como más te guste sin estar pendiente de la conexión. (Repsol, 2022)

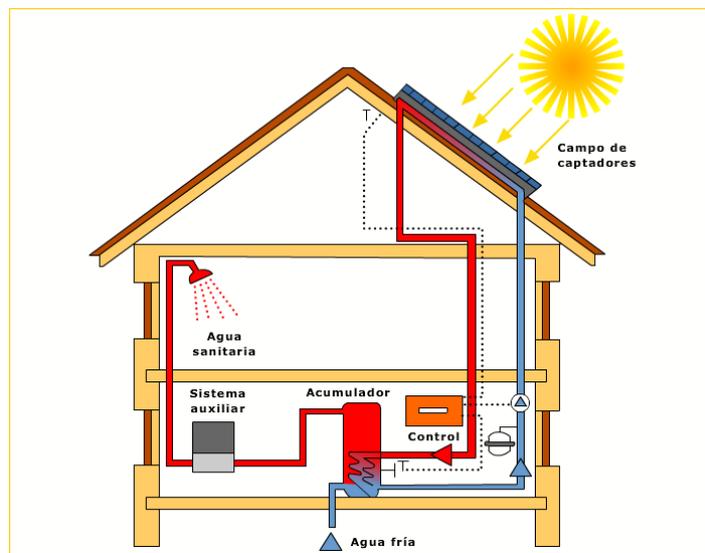


Figura 0-15 Generación de agua caliente con energía solar térmica
Fuente: (Energiasplasencia, 2017)

2.16. Uso de la energía solar en las empresas y negocios

Uno de los grandes gastos que tiene cualquier negocio, son los suministros, la factura de la luz, sobre todo en los meses en que se usan la calefacción y el aire acondicionado, es muy elevada. Una gran forma de ahorrar energía es a través de la instalación de paneles solares y, es que no solo puedes disfrutar de sus beneficios en casa, también en tu negocio. Estos son los usos más comunes de la energía solar en empresas:

- **Calefacción.** Cualquier empresa necesita de un buen sistema de calefacción para los meses de invierno, tanto para los trabajadores como para los clientes. Sobre todo, en zonas con temperaturas muy bajas, contar con un sistema de calefacción solar, te permitirá ahorrar hasta un 60% en energía.
- **Sistema de riego solar.** Se trata de un sistema de autorriego, que ayuda a la optimización del uso del agua. Este sistema se hace a través de bombas de agua que van conectadas a paneles solares. Esto será muy útil para negocios centrados en la agricultura. De esta forma, evitaremos el uso de generadores diésel o sistemas de bombeo eléctricos.
- **Sistema de refrigeración solar.** No solo será útil para poder disfrutar de aire acondicionado, también es perfecto para supermercados y negocios que tengan áreas de refrigeración. Gracias a la energía solar, podrás mantener toda la zona de refrigeración, mientras ahorras dinero.
- **Calentamiento del agua.** Es muy útil para centros deportivos, lavanderías, restaurantes u hoteles. Los calentadores solares absorberán la luz solar y transferirán el calor absorbido al tanque de agua.
- **Luz.** Todo negocio necesita una fuente de luz, y los paneles solares pueden proporcionártela, ahorrando dinero y cuidando del medio ambiente. De hecho, empresas como WalMart o Ikea, los tienen instalados en las azoteas de muchos de sus establecimientos desde hace algunos años, lo que les permite ahorrar mucho dinero en luz.
- **Transporte.** Este uso es aún poco frecuente y sigue estudiándose, pero es posible tener un sistema de paneles solares en transportes como coches,

trenes, autobuses e incluso carreteras enteras. Esto puede ser muy útil para empresas automovilísticas. (Repsol, 2022)

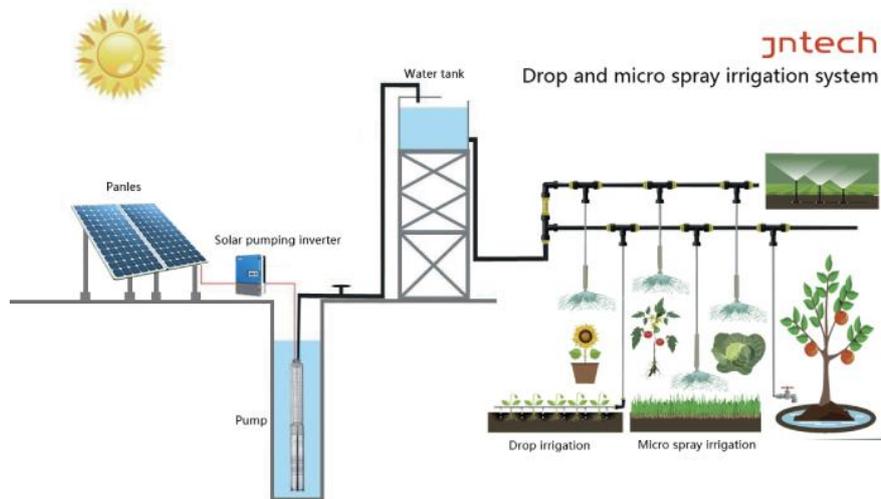


Figura 0-16 sistema de riego solar

Fuente: (jntechenergy, 2022)

2.19. Energía fotovoltaica y su expansión

Con una alta demanda energética a nivel mundial y una necesidad de disminuir el impacto ambiental generado por las múltiples industrias, la energía solar se sigue presentando como una alternativa viable que ofrece considerables beneficios, siendo el más importante el poco impacto que genera en el medio ambiente.

La creación de conciencia en cuanto a los beneficios se puede ver reflejada en las cifras mundiales de capacidad y generación de energía, en las cuales se observa cómo las energías renovables o también conocidas como energías alternativas continúan ganando terreno en una sociedad dependiente de la electricidad y con la importante misión de convertirse en una sociedad más sostenible.

El principal beneficio de la energía solar es que no genera gases de efecto invernadero ni contaminación al medio ambiente durante su uso, pero no es el único.

También ayuda a la conservación de recursos naturales al disminuir la necesidad de estos. También trae como consecuencia un nivel considerable de ahorro que se ve reflejado en los costos de esta a largo plazo, ya que no requiere de procesos de extracción de materiales para funcionar.

Un punto importante a favor de la energía solar es el hecho de que disminuye la dependencia con el exterior en cuanto a este tipo de suministro, por lo que puede verse protegido en situaciones de fuerza mayor como apagones. Además, abre la posibilidad de disponer de energía eléctrica en espacios geográficos que los sistemas de cableado no pueden alcanzar.

A nivel micro, se puede destacar que, si bien el costo de inversión inicial de la energía solar puede ser alto, a largo plazo los costos de un hogar a nivel eléctrico se verán considerablemente reducidos. Esta es una de las principales razones por las cuales este tipo de energía continúa volviéndose más popular y con un menor impacto ambiental. (Aurente, 2022)

2.19.1. Invirtiendo en un mejor futuro: energías alternativas

La combinación de los beneficios antes mencionados y los recientes avances tecnológicos en cuanto al tema de sostenibilidad llevan a concluir que la inversión en energía solar tiene una gran posibilidad de retorno de inversión positivo, además de ser una de las tantas formas que puede utilizar el inversionista para realizar no solo una inversión rentable, sino una socialmente responsable. (Aurente, 2022)

2.20. Beneficio económico del uso de energía fotovoltaica

Desde que comenzamos a usar energía, ésta ha provenido principalmente de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural, por lo que las crisis

energéticas no se han hecho esperar debido a sus altos costos de extracción y a una eterna búsqueda de balance entre la oferta y la demanda.

Como todos sabemos, estas energías no son renovables y, por este motivo, cuando comienzan a escasear, se entra en una crisis, siendo las más recordadas aquella de la década de 1970, otra más entre 1990 y el 2000 y durante 2020 con el desplome del precio del petróleo, impulsado por una guerra de precios entre Países Árabes y Rusia.

Esta última crisis se vio acentuada por el impacto de la pandemia provocada por el COVID-19, que al detener a tantas industrias alrededor del mundo y limitar la movilidad de las personas, provocó una disminución en la demanda y una sobre oferta de petróleo, derrumbando sus precios de manera histórica hasta llegar, incluso, a dígitos negativos.

En los últimos años, el 89% del consumo total de energía en México proviene de combustibles fósiles, 62% particularmente del petróleo, cuya producción nacional va a la baja desde 2004.

Una crisis energética trae graves consecuencias en la economía de un país altamente dependiente a los combustibles fósiles como lo es México y ocasiona que las empresas gasten mucho más en la obtención de la energía con la que operan al provenir de recursos cada vez más escasos o con menos mercado.

Las facturas eléctricas en el sector industrial han mostrado incrementos de hasta 120% en México. Hoy más que nunca es necesario encontrar soluciones que nos permitan congelar el costo de la electricidad para las empresas. (Enlight, 2020)

2.20.1. Sistemas fotovoltaicos como estrategia de ahorro

Uno de los principales beneficios de instalar un sistema fotovoltaico es que el usuario deja de consumir energía de la red y con los paneles solares genera su propia electricidad.

El sol, al ser un recurso infinito, proveerá energía al usuario durante toda la vida útil de los módulos solares, que puede superar el medio siglo, en algunos casos.

Para una empresa, generar su propia energía aprovechando el espacio de sus techos o terrenos con paneles solares, le significará ahorros por millones de pesos al año, permitiendo una mejor planeación de recursos y dedicar ese dinero a crecer su empresa.

Para las industrias, uno de los gastos más importantes es en energía, que en algunos casos llega a ser una tercera parte del costo operativo. Al utilizar un sistema de energía solar le permitirá maximizar su rentabilidad y ser más competitivo en su mercado. (Enlight, 2020)

CAPÍTULO 3: DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO

En el capítulo actual realizamos a continuación el diseño del sistema fotovoltaico a implementar en el sector de la zona rural de la parroquia Chanduy mediante el estudio de la demanda para cumplir en su totalidad con el abastecimiento de lo desarrollado en el trabajo de integración curricular.

3.1. Identificación de la zona rural de la parroquia Chanduy para el sistema fotovoltaico.

En base al primer objetivo específico de nuestro trabajo de integración curricular identificamos a la zona rural de la parroquia Chanduy la cual se encuentra ubicada en la parte sur de la provincia de Santa Elena, en una ubicación geográfica que corresponde a los puntos -2.398643 . – 80.674077

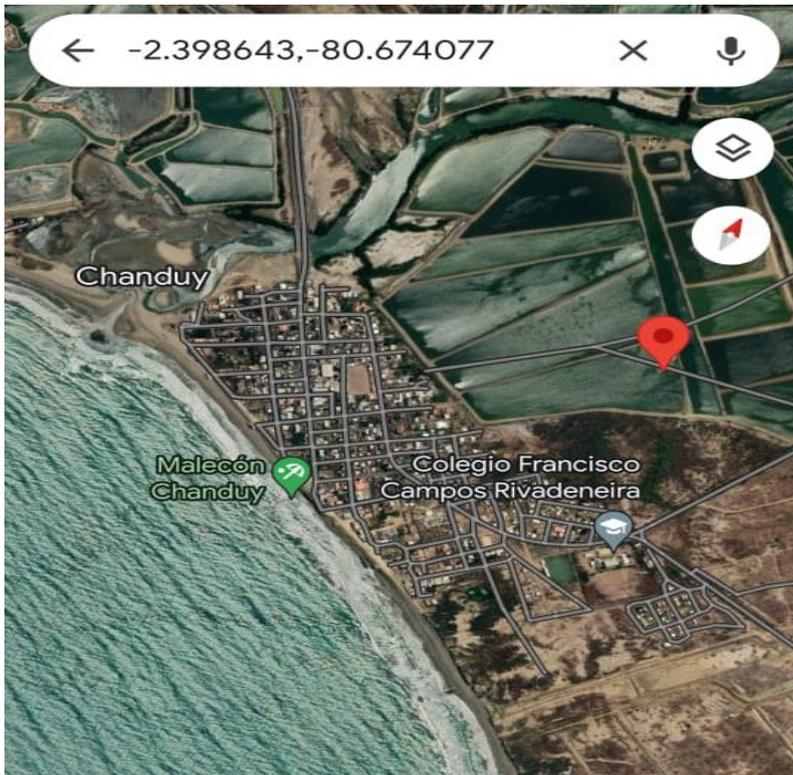


Figura 0-1 Ubicación Satelital Parroquia Chanduy

Fuente: Google Maps

Dentro de estos linderos habitan un total de 14 familias las cuales en su mayoría se dedican al trabajo de la pesca y la comercialización de este producto, en este sector se encuentra a su vez ubicada la fábrica Banexcel quienes también se ven afectados en su operatividad y productividad debido al déficit en la entrega de energía por parte de la distribuidora, esto debido a que se encuentran situados en la parte final del alimentador de media tensión a una distancia muy lejana.

Es importante tomar en cuenta a todos los moradores de este sector puesto a que deseamos cubrir en su totalidad la demanda de energía necesitada para así desarrollar de manera correcta todas sus actividades.

3.2. Estudio técnico de la fuente de energía y cargas a considerar.

Para cumplir con nuestro segundo objetivo específico debemos tomar en cuenta que la zona rural de la parroquia Chanduy al estar situada en la parte final del alimentador de media tensión no cuenta con un voltaje adecuado de operación siendo una zona pesquera y de alto movimiento para poder satisfacer todas las necesidades de los comuneros se plantea realizar el diseño de un sistema fotovoltaico el cual cumpla la con la demanda de energía necesaria para el abastecimiento total del consumo.

3.2.1. Cálculo de la potencia instalada

El cálculo de la potencia nominal del sistema fotovoltaico se determinó en base a consumos históricos de energía eléctrica de los últimos 12 meses del año 2022 a la actualidad.

Dentro de este estudio técnico se ha considerado a la población total de la zona rural de la parroquia Chanduy en la cual estamos trabajando y su vez a la fábrica

Banexcel que se encuentra situado dentro de estos linderos dando como resultado un consumo total representado en la siguiente tabla detallada a continuación:

Tabla 0-1 consumo de energía

Mes/Año	Consumo de Energía kWh
Enero 2022	4692
Febrero 2022	6038
Marzo 2022	4121
Abril 2022	4447
Mayo 2022	3672
Junio 2022	4774
Julio 2022	5386
Agosto 2022	5182
Septiembre 2022	4243
Octubre 2022	5957
Noviembre 2022	4447
Diciembre 2022	8160
Energía Total Consumida en el total de 12 meses	61.119 kWh

Fuente: Ismael Ladines – Jairo Fonseca

Considerando la orientación, inclinación, temperatura de operación y las sombras producidas sobre el panel; el factor de planta promedio del SFV en Chanduy, corresponde al 16%.

La capacidad nominal del SFV se determinaría a partir de la siguiente expresión: $Capacidad\ nominal = \sum E_{mensual}(kWh) F_{planta\ de\ diseño} * 8760(h) = 61119\ kWh * 16\% * 8760\ h = 43,61\ kW\ mes\ 12i = mes\ 1$

Dónde: (E) mensual: Energía mensual facturada al consumidor.

Se Determina en el estudio finalmente, con el objetivo de cubrir la demanda de energía eléctrica anual del consumidor a futuro, se prevé instalar un sistema fotovoltaico de una capacidad en corriente alterna de 18 kW, cuyo valor es inferior a la capacidad máxima nominal calculada de 43,61 kW.

El sistema fotovoltaico de 18 kW no se interconectará a la red de bajo voltaje de 220 V debido a que la red de distribución se encuentra a una distancia muy lejana.

3.3. Especificaciones técnicas del sistema fotovoltaico

En base al estudio técnico realizado en nuestro segundo objetivo específico realizado de las diferentes cargas del sector, teniendo en consideración la demanda que va a suplir el sistema fotovoltaico con una potencia adecuada de trabajo se plantea la instalación de los equipos con las siguientes especificaciones para así cumplir con nuestro tercer objetivo planteado

3.3.1. Panel fotovoltaico

Se plantea que el SGDA esté constituido por 40 paneles solares monocristalinos, cuya capacidad es de 535 Wp y de 330 Wp. Las características generales del panel fotovoltaico se detallan a continuación:

Tabla 0-2 Datos generales del panel solar

Marca	Jinko Solar	Jinko Solar
Tipo	JKM535M-72HL4-V	JKM330PP-72
Número de Celdas	144 (6x24)	72 (6x12)

Fuente: Ismael Ladines – Jairo Fonseca



Figura 0-2 Panel policristalino y monocristalina

Fuente: (Smartbitt, 2022)

3.3.1.1. Especificaciones Mecánicas

Los paneles fotovoltaicos están conformados por un marco de aluminio anodizado y el frente de vidrio, cumpliendo con estrictas normas de calidad que permite soportar las inclemencias más duras, de tal manera que su funcionamiento sea eficaz sin interrupción durante su vida útil.

La característica conforme el fabricante se muestra en la tabla 3.3

Tabla 0-3 Panel fotovoltaico JKM535M-72HL4-V

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2274×1134×35mm (89.53×44.65×1.38 inch)
Weight	28.9 kg (63.7 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm' (+): 400mm , (-): 200mm or Customized Length

Fuente: (grupoturelectric, 2022)

Tabla 0-4 Panel fotovoltaicoJKM330PP-72

Tipo de célula	Policristalina 156×156 mm (6 pulgadas)
Nº de células	72 (6×12)
Dimensiones	1956×992×40mm (77,01×39,05×1,57 pulgadas)
Peso	26,5 kg (58,4 libras.)
Vidrio frontal	4,0mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TÜV 1×4,0 mm ² , Longitud: 900mm

Fuente: (Smartbitt, 2022)

3.3.1.2. Especificaciones eléctricas

En la tabla 3.5, se muestran las especificaciones eléctricas del panel fotovoltaico.

Tabla 0-5 Especificaciones Eléctricas

Module Type	JKM535M-72HL4		JKM330PP	
	JKM535M-72HL4	JKM535M-72HL4-V	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	535Wp	398Wp	330Wp	246Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.63V	37.91V	37.8V	35.3V
Maximum Power Current (Imp)	13.17A	10.50A	8.74A	6.97A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.34V	46.57V	46.9V	44.1V
Short-circuit Current (Isc)	13.79A	11.14A	9.14A	7.38A
Module Efficiency STC (%)	20.75%		17.01%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C		-40°C~+85°C	
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)		1000VDC (IEC)	
Maximum series fuse rating	25A		15A	
Power tolerance	0~+3%		0~+3%	
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C		-0.40%/°C	
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C		-0.30%/°C	
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C		0.06%/°C	
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C		45±2°C	

Fuente: (Prevoo, 2003)

3.3.2. Inversor

El inversor a red es el equipo encargado de transformar la corriente continua generada por el subcampo fotovoltaico, en corriente alterna, idónea para el consumo de los aparatos eléctricos de la residencia en sincronización con la red eléctrica.

Para la capacidad nominal del sistema fotovoltaico, se ha previsto instalar 3 inversores de la marca FRONIUS, tipo: PRIMO 6.0-1; como se muestran en la figura 3.3



Figura 0-3 Inversor FRONIUS PRIMO 6.0-1

Fuente: (Prevoo, 2003)

El inversor propuesto a ser utilizado es tipo ongrid es decir dentro de sus capacidades tiene la facultad de inyectar la energía generada a la red de baja tensión de la distribuidora sin embargo no realizara dicha función puesto a que la red convencional se encuentra muy distante, teniendo en cuenta el crecimiento de la zona y a que a futuro CNEL EP pueda realizar una extensión de red en la cual podamos ejercer dicha función se plantea utilizar el inversor puesto a que si nuestra energía generada es mayor a la demanda presentada en dicho momento podemos abaratar nuestros costos de servicio por consumo de energía eléctrica.

- **Especificaciones generales del inversor**

A continuación, se presentan las especificaciones generales del inversor:

Tabla 0-6 Especificaciones generales del inversor

	FRONIUS PRIMO 6.0-1
Dimensiones (Altura x Ancho x Profundidad)	645 x 431 x 204 mm
Peso	21,5 kg
Tipo de protección	IP 65
Consumo nocturno	< 1 W
Tipo de aislamiento	Sin transformador
Enfriamiento	Refrigeración de aire regulada
Instalación	Instalación interior y exterior
Margen temperatura ambiente	- 40°C - + 55°C
Humedad de aire admisible	0 - 100%

Fuente: (tecnosolab, 2017)

- **Especificaciones eléctricas**

En la tabla 3.7 y 3.8 se presenta las especificaciones eléctricas en la entrada o lado DC del inversor.

Tabla 0-7 Especificaciones eléctricas en la entrada DC

Máxima elevación de instalación	4000 m
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4xDC+ y 4x-DC
Certificados y cumplimiento de normas	<ul style="list-style-type: none"> • IEC 62109-1/-2 • IEC 62116 • IEC 61727 • AS 4777-2/-3

Fuente: Ismael Ladines – Jairo Fonseca

Tabla 0-8 Especificaciones eléctricas en la entrada DC

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 6.0-1
Número de seguidores MPP	2
Máx. corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)	18,0 A / 18,0 A
Máxima corriente de cortocircuito (MPP ₁ /MPP ₂)	27,0 A / 27,0 A
Rango de tensión de entrada CC ($U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$)	80 - 1.000 V
Tensión de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)	80 V
Rango de tensión MPP	80 - 800 V
Número de entradas CC	2 + 2
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	9,0 kW _{pico}

Fuente: Ismael Ladines – Jairo Fonseca

En la tabla 3.9 se presenta las especificaciones eléctricas en la salida o lado AC del inversor

Tabla 0-9 Especificaciones eléctricas en el lado AC

DATOS DE SALIDA	PRIMO 6.0-1
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	6.000 W
Máxima potencia de salida	6.000 VA
Corriente de salida CA ($I_{ac\ nom.}$)	26,1 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$)	0,85 - 1 ind. / cap.

Fuente: Ismael Ladines – Jairo Fonseca

El inversor generará una señal de sinusoidal con un Total Harmonic Distortion (THD) menor al 5%.

Finalmente, si en algún momento nuestro sistema fotovoltaico pueda conectar a la red de baja tensión cada inversor se sincronizará con la forma de onda de voltaje y frecuencia de la red, para que el sistema fotovoltaico y la red eléctrica trabajen en fase, permitiendo que el tiempo de conexión con la red sea el mínimo posible o en el orden de los segundos.

3.3.2.1. Sistema de protecciones internas y de seguridad del inversor

El equipo dispone en su interior, en el lado DC, protecciones contra sobre voltajes, sub-voltajes y polaridad inversa; además de protección contra sobre frecuencias, sub-frecuencias y sobrecargas en el lado AC.

El inversor fotovoltaico cuenta con protecciones instantáneas internas contra variaciones de voltaje de corta duración de $\pm 10\%$ del voltaje nominal de la red de distribución. Además, permite la desconexión contra altas y bajas frecuencias de $\pm 0,50$ Hz.

Tabla 0-10 Equipamiento de seguridad del inversor

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	ESTANDAR PARA TODOS LOS MODELOS PRIMO
AFCI	Sí
Desconexión de CD	Sí
Polaridad inversa de CD	Sí
Protección contra fallas de tierra con interruptor de monitor de aislamiento	Sí

Fuente: Ismael Ladines – Jairo Fonseca

Adicionalmente a las protecciones descritas, el inversor, contará con la instalación de interruptores magneto-térmicos externos, frente a posibles cortocircuitos.

3.3.2.2. Certificaciones y cumplimiento de estándares

En la tabla 3.11 especificaremos las normas de instalación, interconexión y seguridad de la instalación se describen sobre la base de las certificaciones que aseguran la correcta operación del inversor, conforme el siguiente detalle:

Tabla 0-11 Certificaciones y estándares de cumplimiento

IEC 62109-1/-2	Seguridad de los convertidores de potencia utilizados en sistemas de potencia fotovoltaicos
EN 61000-6-1/-2/-3	Compatibilidad Electromagnética (CEM). Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales / Parte 6-1: Normas genéricas. Inmunidad en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera. (IEC 61000-6-1:2005) / Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-11: Límites. Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de alimentación de baja tensión. Equipos con corriente de entrada ≤ 75 A y sujetos a una conexión condicional / Parte 3-12: Límites para las corrientes armónicas producidas por los equipos conectados a las redes públicas de baja tensión con corriente de entrada > 16 A y ≤ 75 A por fase.

Fuente: Ismael Ladines – Jairo Fonseca

3.3.3. Baterías

Para realizar el cálculo de la capacidad de nuestras baterías vamos a realizarlo mediante la siguiente formula:

- Dividimos: $E_{max.mes}/días/v$
- $E_{max.mes}= 8160 \text{ kwh}$
- $Días= 30$
- $Voltios = 12 \text{ v}$
- Dando como resultado: 22,66 Ah (amperios/hora)

Se plantea la instalación de una batería Aokly con las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 0-12 Especificaciones técnica de la batería

Batería Aokly 12V 150AH, 150Ah@20h 6GFM150G GEL	
Voltaje nominal	12V
Capacidad constatada (10Hr)	150Ah
Medidas (Largo x ancho x altura)	484mm x 171mm x 241mm
Altura total	241mm
Peso	Aprox. 44.2 Kg \pm 3%
Capacidad @25°C	10 horas (15A,10.8V) 150Ah
Resistencia interna	Totalmente cargada a 25°C, aproximadamente 3.5m Ω
Corriente máxima de descarga	1500A (5 Segundos)
Capacidad afectada por temperatura (20Hr)	40°C 102%
Tasa de autodescarga (3 meses)	91%
Tasa de autodescarga (6 meses)	82%
Tasa de autodescarga (12 meses)	64%
Método de carga (ciclo de uso)	14.1-14.4V (Corriente inicial de menos de 55A) @25°C
Método de carga (carga flotante)	13.5-13.8V@25°C

Fuente: Ismael Ladines – Jairo Fonseca

3.3.4. Regulador de carga

Para lograr una eficiencia de nuestro banco de baterías planteamos utilizar un regulador de carga ECO-WORTHY el cual está formado por las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 0-13 Especificaciones del regulador de voltaje

Voltaje nominal de la batería:	12/24/36/48 Vdc
Rango de voltaje de la batería:	9 ~ 58Vdc
Potencia de entrada solar:	780W(12V)/1560W(24V) 2340W(36V)/3120W(48V)
Carga de calificación actual:	60A
Corriente de carga nominal:	30A
Rango de temperatura de trabajo:	-20°C ~ +50°C
Dimensión:	9.45*6.53*2.4in/240*166*65mm
Peso:	4.33lbs/1962.7g

Fuente: Ismael Ladines – Jairo Fonseca

3.4. Diseño del sistema fotovoltaico

Cumpliendo con el cuarto objetivo específico en el presente punto realizamos el diseño de nuestro sistema fotovoltaico cumpliendo en su totalidad con las especificaciones técnicas y cubriendo la demanda de energía eléctrica.

3.4.1. Numero de paneles fotovoltaicos

El sistema fotovoltaico estará constituido por 21 paneles de 535 W y 19 paneles de 330 W, cuya potencia instalada en corriente continua (DC) será de 17,485 kW.

3.4.2. Arreglo de paneles fotovoltaicos

El sistema fotovoltaico está conformado por 40 paneles fotovoltaicos, cuya configuración se presenta de la siguiente manera:

➤ Subcampo 1

- Paneles en serie: 10 - 1 Cadena (String)
- Cadenas en paralelo: 1 - 1 Arreglo
- Arreglo de paneles: 1x10

❖ 10 paneles solares en un inversor de 6,0 kW

➤ Subcampo 2

- Paneles en serie: 11 - 1 Cadena (String)
- Cadenas en paralelo: 1 - 1 Arreglo
- Arreglo de paneles: 1x11

❖ 11 paneles solares en un inversor de 6,0 kW

➤ Subcampo 3

- Paneles en serie: 10 - 1 Cadena (String)
- Cadenas en paralelo: 1 - 1 Arreglo
- Arreglo de paneles: 1x10
- Paneles en serie: 9 - 1 Cadena (String)
- Cadenas en paralelo: 1 - 1 Arreglo
- Arreglo de paneles: 1x09

❖ 19 paneles solares en un inversor de 6,0 kW

3.4.3. Inclinación y orientación de los paneles fotovoltaicos

- Inclinación

La inclinación de los paneles fotovoltaicos estará dada por la inclinación del tejado, 30° sobre la horizontal.

- Orientación

El sistema fotovoltaico tendrá la siguiente orientación Norte 69,5° Oeste, con un azimut de 290,5° tomando en consideración el norte

3.4.4. Estructura de soporte de paneles fotovoltaicos

Para el montaje y sujeción de los 40 paneles fotovoltaicos, se utilizará una estructura de aluminio de tubo cuadrado de 1 ½ pulgadas y se sujetará a la estructura del tejado.

3.4.5. Inversores

Los inversores se instalarán en un área destinada para máquinas y equipos, ubicada en la terraza del domicilio. Esta área se ha tomado como consideración por estar cerca al campo fotovoltaico a fin de cumplir con los requisitos solicitados por el fabricante en cuanto al espacio adecuado y temperatura ambiente.

3.4.6. Regulador de carga

El regulador de carga para el sistema fotovoltaico se instalará entre los paneles fotovoltaicos y el banco de baterías para así maximizar su uso óptimo con este equipo vamos a tener el control de la energía que fluye entre los 2 puntos a su vez nos protege de un sobre voltaje a nuestro banco de baterías.

3.4.7. Banco de baterías

El banco de baterías estará ubicado contiguo al inversor en un cuarto donde contará con la ventilación adecuada debido a la producción de gas y a su vez para mantener una temperatura ideal de 20 a 25 grados

3.4.8. Canalizaciones y conductores

3.4.8.1. Canalización

Los cables fotovoltaicos aislados del generador fotovoltaico serán llevados a través de tubería plástica BX con recubrimiento PVC.

3.4.8.2. Dimensionamiento de conductores

- **Sistema DC**

Para la transmisión de energía generada por un string de cada uno de los subcampos del sistema fotovoltaico se utilizarán dos conductores (Positivo y Negativo) de cobre, tipo THHN No. 10 AWG de formación UNILAY para 0,6 kV, aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90 °C, y chaqueta de poliamida (nylon), resistente a la humedad y al calor elevado y se regirá con el siguiente código de colores:

- Polo positivo: rojo
- Polo negativo: negro

- **Sistema AC**

A. Desde Inversores hacia el tablero del sistema fotovoltaico

Para la transmisión de energía AC desde cada uno de los inversores de 6,0 kW hasta el tablero del sistema fotovoltaico se realizará mediante un conductor por fase, de Página 15 de 18 cobre, tipo THHN 6 AWG de formación UNILAY para 0,6kV, aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90 °C.

B. Desde el tablero del sistema fotovoltaico hacia el sub tablero de distribución del inmueble.

Para la transmisión de energía AC desde el tablero del sistema fotovoltaico hacia el subtablero de distribución, se realizará mediante un conductor por fase, de cobre, tipo THHN 2 AWG de formación UNILAY para 0,6kV, aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90 °C.

3.4.9. Caídas de voltaje

El calibre de los conductores seleccionados para corriente continua y para corriente alterna han sido diseñado bajo normativa, cumpliendo que la caída de voltaje

no sea mayor al 2% en el sistema DC-Fotovoltaico y no mayor al 3% entre dos puntos cualesquiera del sistema AC en operación.

3.4.10. Protecciones

3.4.10.1. Equipos de protección y seccionamiento del generador fotovoltaico

Para la protección contra sobre corrientes o cortocircuitos del sistema fotovoltaico, se utilizará como equipos de protección: fusibles e interruptores magneto térmicos.

3.4.10.2. Fusibles de protección de corriente continua

El fusible se conectará en la polaridad positiva en serie al final de la cadena de paneles o a la salida del generador fotovoltaico. Este fusible se dispone dentro de un tablero, cuya ubicación será en antes a la entrada DC del inversor. El cálculo de la capacidad o corriente de diseño del fusible se describe en la tabla :

Tabla 0-14 El cálculo de la capacidad o corriente

Subcampos 1-2	Subcampo 3
$I_{fusible} \geq 1,25 * I_{sc}$	
1,25* 13,79 A	1,25 * 9,14 A
17,24 A	11,43 A

Fuente: Ismael Ladines – Jairo Fonseca

I_{sc}: Corriente de cortocircuito del panel

I_{fusible}: Corriente de diseño del fusible

Considerando las capacidades de corriente comerciales para fusibles, se utilizarán fusibles de 20 A / 500 VDC y 16 A / 500 VDC respectivamente, este valor está por encima de la corriente de diseño, lo cual no implica falsas operaciones, ni mal funcionamiento del sistema.

3.4.10.3. Interruptor diferencial

Con el fin de proteger a las personas que por diferentes motivos tengan contacto directo con el sistema fotovoltaico, se instalará un interruptor diferencial cuyo objetivo será derivar las corrientes de fuga directamente a tierra y se ubicará en el lado DC del inversor.

Para el dimensionamiento del interruptor, se utilizará la corriente de diseño del fusible de cada subcampo. Se ha considerado el uso de un interruptor diferencial para cada inversor, el cual será de 16 A y 20 A, 2 polos, como se muestra en la figura 3.4



Figura 0-4 Interruptor diferencial

Fuente: (company, 2022)

3.4.9 Tableros eléctricos para equipos

El subsistema fotovoltaico cuyo voltaje de operación en corriente alterna monofásica es 120-240 V contará con un tablero metálico, donde estarán instalados los interruptores de cada inversor, así como el interruptor general.

- Analizando resultados finales del trabajo de integración curricular el sistema fotovoltaico diseñado abastece en su totalidad la demanda generada por los usuarios para lo cual realizamos la ilustración mediante la siguiente formula:

Energía(consumida)max.mes = 8160 kw

Constante = 1000

Horas = 24

Dias = 31

Promedio = $8160 \cdot 1000 / 24 \cdot 31$

Promedio = 10.96 kw (Consumo)

La capacidad de generación de nuestro sistema fotovoltaico es de 18 kw lo cual cubre en su totalidad el promedio de consumo.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Fue necesario realizar un estudio geográfico para determinar la zona rural de la parroquia Chanduy.
- En base a encuestas realizadas a los moradores del sector logramos determinar la necesidad de implementar un sistema que abastezca la demanda eléctrica generada por los usuarios del sector.
- Se diseñó un sistema fotovoltaico el cual cumple con todas las normas y especificaciones para su funcionamiento y operatividad para su implementación
- Se implementó un sistema de respaldo mediante banco de baterías para que la energía suministrada no se vea afectada en días de poco sol o en las noches.

4.2. Recomendación

Se recomienda el uso de energía fotovoltaica en zonas alejadas donde la red convencional se encuentre distante al consumidor para así poder ser abastecidos de manera correcta tomando en cuenta la innovación de energías renovables siendo una de las opciones más viables.

No solamente podemos usar energía fotovoltaica en zonas rurales también puede ser usada en zonas urbanas en sectores donde exista un alto consumo y así podemos abaratar costos del consumo por servicio eléctrico.

Debemos tener en cuenta que la generación de electricidad por medio de combustibles fósiles se va a terminar debido a que son energías no renovables, el sol al ser una estrella su capacidad de energía es ilimitada por lo cual debemos orientarnos al uso de energías renovables en un futuro sostenible para la sociedad.

4.3. Bibliografía

- Adminenergy. (22 de 06 de 2022). *KPN Energy Solutions*. Obtenido de <https://kpnenergy.com/sistemas-fotovoltaicos-tipos/>
- Aurenté, A. D. (6 de marzo de 2022). *BBVA*. Obtenido de <https://www.bbva.ch/noticia/impulsar-la-sostenibilidad-invirtiendoen-energiasolar/>
- autosolar. (2018). Etapas de carga de una batería. Obtenido de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/etapas-de-carga-de-una-bateria>
- Bauer energy. (2023). PANEL SOLAR 200W 72 CÉLULAS POLICRISTALINO BSP200P. Obtenido de <https://autosolar.es/pdf/ficha-tecnica-panel-200-bauer.pdf>
- BBC Mundo. (28 de MARZO de 2018). *BBC MUNDO*. Recuperado el JULIO de 2023, de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-43563015>
- Camilo Arancibia Bulnes y Roberto Best y Brown. (2010). energía del sol . *revista ciencia* .
- company, i. (2022). *schneider energy*. Obtenido de <https://www.se.com/es/es/product-range/7559-interruptor-diferencial-acti-9-iid/>
- Davila, J. (2020). Introducción Energía Solar en Ecuador.
- Electronicaonline. (2020). Corriente Alterna. *electronicaonline*. Recuperado el agosto de 2023, de <https://electronicaonline.net/electricidad/corriente-alterna/>

Energía y sociedad. (mayo de 2019). Obtenido de <https://www.energiaysociedad.es/electrificacion-de-la-economia/redes-de-distribucion/>

Energiasplasencia. (2017). Obtenido de <https://www.energiasplasencia.es/como-se-genera-agua-caliente-sanitaria-con-energia-solar-termica/>

Enlight. (23 de abril de 2020). Obtenido de <https://www.enlight.mx/blog/beneficios-economicos-de-los-sistemas-fotovoltaicos>

Enlight. (19 de octubre de 2021). Obtenido de <https://www.enlight.mx/blog/baterias-para-paneles-solares-que-son-para-que-sirven-y-cuanto-cuestan>

enlight. (2023). Obtenido de <https://www.enlight.mx/blog/baterias-para-paneles-solares-que-son-para-que-sirven-y-cuanto-cuestan>

Etece. (15 de Julio de 2021). *Concepto.* Obtenido de <https://concepto.de/corriente-continua/#ixzz887VIAF3Z>

experta solar. (julio de 2023). Obtenido de <https://expertasolar.com/historia-de-la-energia-solar/>

externas, S. d. (21 de diciembre de 2022). *Gobierno de Mexico.* Obtenido de <https://www.gob.mx/sre/documentos/enchufes-y-voltajes>

gorlan. (2023). *gorlan.* Obtenido de <https://gorlan.com/sectores/distribucion-de-energia-en-baja-tension/#:~:text=Una%20red%20de%20distribuci%C3%B3n%20en,muy%20usado%20en%20las%20ciudades.>

grupojab. (JULIO de 2023). *JAB.* Obtenido de JAB: <https://www.grupojab.es/historia-de-las-celulas-solares-y-su-evolucion-tecnologica/>

grupoturelectric. (2022). *paneles solares: eficiencia y rentabilidad*. Obtenido de <https://grupoturelectric.com/tipos-de-paneles-solares-eficiencia-y-rentabilidad/>

Hawking, S. (2010). Obtenido de http://www.cucei.udg.mx/sites/default/files/pdf/zamarripa_rodriguez_jose_carlos.pdf

Hernandez, F. A. (2011). *Estudio comparativo de sistemas fotovoltaico*. San Salvador . Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3718/1/Estudio%20comparativo%20de%20los%20sistemas%20fotovoltaicos%20con%20inyecci%C3%B3n%20a%20la%20red%20monocriatalino%20policristalino%20y%20amorfo%20instalados%20en%20CEL.pdf>

Ideam . (julio de 2023). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>

jntechenergy. (2022). Obtenido de https://es.jntechenergy.com/solar-agricultural-irrigation_p111.html

monosolar. (2022). *regulador de carga solar*. Recuperado el 18 de julio de 2023, de <https://www.monosolar.com/blog/que-es-y-que-hace-un-regulador-de-carga-solar/>

national geographic. (julio de 2009). *national geographic*. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/espacio/el-sol-0>

NOEMÁGICO. (12 de 9 de 2006). *NOEMÁGICO*. Obtenido de <https://noemagico.blogia.com/2006/091301-la-investigaci-n-descriptiva.php>

Prevoo, C. P. (2003). *REGULADOR DE PANEL SOLAR*. Piura. Recuperado el julio de 2023, de

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1383/IME_076.pdf?sequence=1

Rayas, S. N. (11 de junio de 2023). *cimav.repositorioinstitucional.mx*. Obtenido de

<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/781/1/Soraya%20Navarro%20Rayas%2C%20Jos%C3%A9%20Antonio%20Gonz%C3%A1lez%2C%20C%C3%A9sar%20L%C3%B3pez%20Andrade%20MER.pdf>

Repsol. (2022). Obtenido de <https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento-consumo/usos-de-la-energia-solar/>

Rubio, C. y. (2014). Tipo de células con su eficiencia. Adaptado de Componentes de una instalación solar. Recuperado el julio de 2023

S.A., E. (11 de junio de 2023). Obtenido de <https://enercitysa.com/blog/introduccion-a-la-energia-fotovoltaica/>

santafe. (2019). *santafe*. Recuperado el JULIO de 2023, de

<https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/12/M%C3%B3dulo-4-Inversores-reguladores-bater%C3%ADas.pdf>

Santos, D. B. (6 de junio de 2023). Obtenido de

<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70271/fichero/02+INTRODUCCI%C3%93N+A+LA+ENERG%C3%8DA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducci%C3%B3n+a+la+Energ%C3%ADa+Fotovoltaica.pdf>

Scholarshipfellow. (6 de julio de 2020). tecnicas de investigacion. Obtenido de <https://tecnicasdeinvestigacion.com/>

SL, I. S. (11 de junio de 2023). Beneficios de la Energía Solar para el Medio Ambiente. *ELEDCO*. Obtenido de <https://www.eledco.es/blogs/noticias/beneficios-de-la-energia-solar-para-el-medio-ambiente>

Smartbitt. (2022). Panel monocristalino. Obtenido de http://energiasolar.smartbitt.com/downloads/panel_monocristalino.pdf

Solar Inc. (2021). Obtenido de <https://www.energiasolarinc.com/medidor-bidireccional-cfe/>

Solar, D. (8 de Enero de 2018). *DamiaSolar*. Obtenido de https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/como-saber-la-carga-de-las-baterias-solares_1

sotysolar. (diciembre de 2022). Obtenido de https://sotysolar.es/blog/que-son-los-inversores-fotovoltaicos#mcetoc_1gkl6erv1a

tecnosolab. (2017). Etapas de Carga de una batería solar. Recuperado el 18 de julio de 2023, de <https://tecnosolab.com/noticias/etapas-de-carga-de-una-bateria-solar/>

GLOSARIO GENERAL

AC: Corriente Alterna

DC: Corriente continua

KW: Kilovatio

TIC: trabajo de integración curricular

SFV: Sistema fotovoltaico

AWG: Calibre de alambre

THHN: Recubierto de nailon termoplástico de alta resistencia al calor

A: Amperio

CEM: Compatibilidad electromagnética

W: Watios

PVC: Tubería aislante

HZ: Ciclo por segundo

AH: Amperios Hora

VDC: voltios corriente continua

SGDA: Sistema de generación de distribución autónoma

KV: Kilovoltio

BBC: British Broadcasting Corporation

KWH: Kilovatios hora

V: Voltio(s)

UCSG: Universidad Católica Santiago de Guayaquil

MAX: Maximo

C: Grado Centigrado

FV: Fotovoltaica

ING: Ingeniero

4.4. Anexos

Anexo 4-4-1 Visita técnica para identificar la zona rural de la parroquia Chanduy



Anexo 4-4-2 Constatación de la falta de redes de distribución cercanas



Anexo 4-4-3 Elección del panel para realizar demostración



Anexo 4-4-4 Parte trasera del panel





Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



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

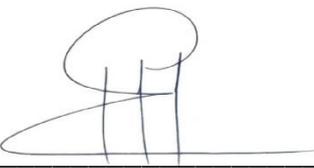
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Fonseca Tumbaco Jairo Josue con C.C# 1723988216 y Ladines Miranda, Gerhard Ismael con C.C: # 095096767-9** autores del Trabajo de Titulación: **Diseño de sistema fotovoltaico para la zona rural de la parroquia Chanduy provincia de Santa Elena** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaramos 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, 2023

f. 

Nombre: Fonseca Tumbaco Jairo Josue

C.C: 1723988216

f. 

Nombre: Ladines Miranda, Gerhard Ismael

C.C: 0950967679

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño de sistema fotovoltaico para la zona rural de la parroquia Chanduy provincia de Santa Elena		
AUTOR(ES)	FONSECA TUMBACO, JAIRO JOSUE Y LADINES MIRANDA, GERHARD ISMAEL		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	ING.ROMERO ROSERO, CARLOS BOLIVAR		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Agosto del 2023	No. DE PÁGINAS:	63
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas Fotovoltaicos		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	RURAL, ENERGIA, FOTOVOLTAICO, DEMANDA, RENOVABLE, ELÉCTRICO		
<p>RESUMEN/ABSTRACT: En el presente trabajo de integración curricular realizamos el diseño de un sistema fotovoltaico para la zona rural de la parroquia Chanduy en la provincia de Santa Elena para lo cual, en el primer capítulo identificamos nuestros objetivos específicos a ser desarrollados dentro del trabajo. En el segundo capítulo tenemos el desarrollo de toda la investigación teórica relacionada al tema como historia, componentes, actualidad, futuro entre otros. En el tercer capítulo vamos a encontrar el desarrollo de nuestros objetivos específicos, tales como identificación de la zona, diseño y dimensionamiento, cálculo de la demanda, especificaciones técnicas de los componentes del sistema. En nuestro cuarto capítulo detallamos las conclusiones obtenidas una vez realizado todo el trabajo de integración curricular y posterior a esto realizamos recomendaciones del tema tratado, la energía fotovoltaica es una fuente de energía renovable la cual si aprovechamos en su máxima capacidad vamos a poder cumplir con todas las exigencias de un servicio eléctrico de calidad.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593969372154 +593967525220	E-mail: jairo.fonsec@cu.ucsg.edu.ec gerhard.ladines@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ing. RICARDO XAVIER UBILLA GONZALEZ		
	Teléfono: 0999528515		
	E-mail: ricardo.ubilla@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):			