



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TEMA:**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA QUE PERMITA  
SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA A UN GRUPO DE VIVIENDAS AISLADAS DEL  
SECTOR GUAYABAL DEL CANTÓN SAN LORENZO DE LA PROVINCIA DE  
ESMERALDAS”**

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

**AUTOR: JEFFERSON JAVIER NAZARENO ARROYO**

**TUTOR: ING. JULIO MANUEL SILVA BECHARAN, MSC.**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**Octubre 2021**

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

Yo, Jefferson Javier Nazareno Arroyo con documento de identificación N° 0803781996, 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.

Guayaquil, 28 de septiembre del 2021

Atentamente;



---

Jefferson Javier Nazareno Arroyo

Cédula: 0803781996

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

Yo, **Jefferson Javier Nazareno Arroyo** con documento de identificación No.0803781996, 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 de Investigación” **“Diseño de un sistema de tecnología fotovoltaica que permita suministrar energía eléctrica a un grupo de viviendas aisladas del sector Guayabal del cantón san Lorenzo de la provincia de Esmeraldas”** 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.

Guayaquil, 28 de septiembre del año 2021

Atentamente,



---

Jefferson Javier Nazareno Arroyo

0803781996

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Julio Manuel Silva Becharan, MSc. con documento de identificación N° 0959623422, docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA QUE PERMITA SUMINISTRAR ENERGÍA ELÉCTRICA A UN GRUPO DE VIVIENDAS AISLADAS DEL SECTOR GUAYABAL DEL CANTÓN SAN LORENZO DE LA PROVINCIA DE ESMERALDAS”** realizado por Jefferson Javier Nazareno Arroyo, con documento de identificación N° 0803781996, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de “Proyecto de Investigación”, que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 28 de septiembre del año 2021

Atentamente,



---

Ing. Julio Manuel Silva Becharan, MSc.

0959623422

## **DEDICATORIA**

Quiero agradecer primeramente a Dios, y a mis padres por haberme brindado su apoyo incondicional durante estos años y por ser esa razón el mas grande aliciente para el cumplimiento de mis objetivos que significan alegría y orgullo para mí y también para ellos.

Agradezco mucho a la ayuda de mis maestros de mis compañeros, y a la universidad en general por todo lo enseñado y por los exelentes conocimientos que me ha otorgado.

## **RESUMEN**

La propuesta que se proyecta en el siguiente trabajo de titulación tiene como objetivo describir los cánones que conlleva el diseñar un sistema fotovoltaico que provea de energía eléctrica al sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas y con base en ello, poner en funcionamiento esta vía alternativa de aprovisionamiento de electricidad, por ende, se realizará la investigación documental de los componentes y materiales necesarios para que se logre dotar de energía eléctrica por medio de un sistema fotovoltaico aislado a un conjunto de 15 viviendas ubicadas en el sector Guayabal, las cuales en la actualidad se encuentran desprovistas de este factor energético. Los resultados mostraron el grado de electrificación fundamental para determinar la instalación eléctrica dentro de cada vivienda a través del uso de sistemas fotovoltaicos sin la necesidad de depender de redes eléctricas de distribución y suministro tradicional. Las conclusiones permitieron identificar que el diseño de sistemas de uso de energía renovable dentro del sector Guayabal es ecológicamente factible, dadas sus condiciones de desabastecimiento de electricidad y al costo-beneficio que se puede obtener gracias a su implementación, permitiéndoles

a sus habitantes alcanzar niveles óptimos de autosuficiencia energética, amigable con la naturaleza y el medio ambiente.

**Palabras claves:** Sistemas fotovoltaicos, Autosuficiencia energética, Viviendas aisladas, Sostenimiento ambiental.

### **ABSTRACT**

The proposal that is projected in the following degree work aims to describe the fees involved in designing a photovoltaic system that provides electricity to the Guayabal sector of the San Lorenzo canton of the Esmeraldas province and based on it, put into operation This alternative means of supplying electricity, therefore, the documentary investigation of the components and materials necessary will be carried out so that it is possible to provide electrical energy through an isolated photovoltaic system to a group of 15 homes located in the Guayabal sector, the which are currently devoid of this energy factor. The results showed the fundamental degree of electrification to determine the electrical installation within each home through the use of photovoltaic systems without the need to depend on traditional electrical distribution and supply networks. The conclusions made it possible to identify that the design of renewable energy use systems within the Guayabal sector is ecologically feasible, given its conditions of electricity shortage and the cost-benefit that can be obtained thanks to its implementation, allowing its inhabitants to reach optimal levels energy self-sufficient, friendly to nature and the environment.

**Keywords:** Photovoltaic systems, Energy self-sufficiency, Isolated houses, Environmental sustainability.

## Índice general

Índice general.....	8
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras.....	15
CAPÍTULO I.....	18
1.1 Introducción.....	18
1.2 Antecedentes .....	19
1.3 Justificación.....	24
1.4 Objetivos .....	25
1.4.1 Objetivo General.....	25
1.4.2 Objetivos Específicos.....	25
1.5 Alcance de la tesis.....	26



CAPÍTULO II .....	27
2.1 Marco teórico referencial .....	27
2.1.2 Eficiencia de las fuentes de Energía Renovable del sector eléctrico ecuatoriano	27
2.2 Energía solar .....	30
2.2.1 Radiación solar .....	31
2.3 Energía solar fotovoltaica.....	34
2.3.1 El efecto fotovoltaico .....	35
2.4 Celdas fotovoltaicas .....	37
2.4.1 Ventajas y desventajas de las celdas Monocristalinas y Policristalinos .....	39
2.5 Materiales semiconductores .....	40
2.6 Regulador de carga .....	41
2.7 Baterías de ciclo profundo.....	42
2.8 Inversor de voltaje .....	43
2.9 Tipos de inversores solares.....	44
2.10 Rectificadores .....	45
2.11 Circuito rectificador de media onda.....	46
2.12 Circuito rectificador de onda completa .....	47
2.13 Dispositivo Ethernet.....	47
2.14 Cable fotovoltaico .....	48

2.15 Instalación fotovoltaica en viviendas aisladas .....	49
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>51</b>
3.1 Grado de electrificación de una vivienda.....	51
3.1.1 Grado de electrificación básica.....	51
3.2 Suministro monofásico en grado de electrificación básica .....	54
3.3 Instalaciones interiores para vivienda.....	55
3.3.1 Número de circuitos, sección de los conductores y de las caídas de tensión .....	55
3.4 Grados de electrificación para las viviendas aisladas en el sector Guayabal.....	57
3.5 Marco legal ecuatoriano con respecto al sistema eléctrico .....	59
3.5.1 resolución de la microgeneración fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica.....	61
3.6 Expectativas de los moradores del sector con respecto al sistema fotovoltaico .....	62
3.6.1 Resultados obtenidos de las encuestas .....	63
3.7 Conclusión de los resultados obtenidos .....	69
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>70</b>
4.1 Diseño de un sistema fotovoltaico para viviendas aisladas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas .....	70
4.1.1 Irradiación Solar Global Horizontal.....	70
4.1.1.1 Información geográfica fotovoltaica (FV) del cantón San Lorenzo .....	71

4.1.1.2 Rendimiento de un sistema fotovoltaico autónomo en el cantón San Lorenzo .....	71
4.1.1.3 Producción estimada para un sistema fotovoltaico autónomo .....	72
4.1.2. Evaluación estimada de energía para los aparatos que serán abastecidos de electricidad a través del diseño de un sistema fotovoltaico .....	73
4.1.2.1 Optimización del uso de los paneles solares para el diseño fotovoltaico en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo .....	75
4.1.3 Elementos necesarios para el diseño de un sistema fotovoltaico aislado .....	77
4.1.3.1 Cálculos para la capacidad de acumulación de la batería.....	78
4.1.3.1.1 Baterías necesarias para el diseño del sistema fotovoltaico.....	79
4.1.3.1.2 Regulador de carga .....	80
4.1.3.1.3 Cálculo de la intensidad máxima de carga.....	80
4.1.3.2 Inversor de carga.....	81
4.1.3.3 Rectificador de carga.....	83
4.1.3.4 Cables para sistemas fotovoltaicos.....	86
4.1.4. Características de los materiales propuestos para el diseño fotovoltaico.....	87
4.1.4.1 Panel fotovoltaico REC 24W 24V .....	87
4.1.4.2 Características de las baterías de ciclo profundo .....	88
4.1.4.2 Características del inversor solar .....	88
4.1.4.3 Características del regulador de carga solar MPPT .....	89

4.1.5 Cálculos técnicos para el estudio de carga de una vivienda aislada en el sector Guayabal .....	90
4.1.5.1 Potencia de cada circuito .....	90
4.1.5.2. Consumo diario de cada circuito.....	91
4.1.5.3 Potencia total instalada .....	91
4.1.5.4 Consumo diario de la vivienda .....	91
4.1.6 Cálculo del consumo total del sistema .....	92
4.1.7 Dimensionamiento del panel solar .....	92
Conclusiones .....	95
Recomendaciones.....	97
Bibliografía .....	98

## Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas del sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas. .....	22
Tabla 2. Producción Nacional de Energía Eléctrica por tipo de Tecnología de Generación al 2012 .....	28
Tabla 3. Ventajas y desventajas de las celdas Monocristalinas y policristalinas.....	39
Tabla 4. Tipo de inversores solares.....	44
Tabla 5. Requisitos de construcción según norma UL-4703 para cables fotovoltaicos.....	49
Tabla 6. Grados de electrificación básica. ....	52
Tabla 7. Suministro monofásico de electrificación básica con 5750 W con contadores totalmente centralizados ( $\Delta V \leq 1\%$ ). ....	54
Tabla 8. Componentes que forman parte de la fórmula para el cálculo del valor de intensidad de corriente. ....	55
Tabla 9. Desglose de la asignación específica de cada uno de los circuitos descritos.....	56
Tabla 10. Reglamento de los puntos mínimos dentro de los parametros de utilización. ....	57
Tabla 11. Suministro monofásico de electrificación básica con 5750 W para una vivienda en el sector guayabal, con contadores totalmente centralizados ( $\Delta V \leq 1\%$ ). ....	58

Tabla 12. Regulación eléctrica para la instalación de sistemas fotovoltaicos. ....	61
Tabla 13. Tiempo que habitan las familias en el sector Guayabal .....	63
Tabla 14. Existencia de energía eléctrica en el sector Guayabal. ....	63
Tabla 15. Expectativas de los habitantes del Guayabal con respecto a la necesidad de energía eléctrica.....	64
Tabla 16. Conocimiento sobre las energías renovables.....	65
Tabla 17. Conocimiento sobre las propiedades del sol. ....	65
Tabla 18. Conocimiento sobre los sistemas fotovoltaicos.....	66
Tabla 19. Propiedades de los sistemas fotovoltaicos.....	67
Tabla 20. Posibilidades de instalar sistemas fotovoltaicos en el sector Guayabal .....	67
Tabla 21. Expectativa ciudadana.....	68
Tabla 22. Mejoras en las condiciones de vida. ....	69
Tabla 23. Resumen del rendimiento promedio de un sistema fotovoltaico autónomo. ....	72
Tabla 24. Cálculo de los consumos estimados de los equipos a utilizar. ....	74
Tabla 25. Elementos a considerar para el diseño de un sistema fotovoltaico. Elaborado por el autor. .....	77
Tabla 26. Cables y terminales recomendados para la instalación fotovoltaica.....	81
Tabla 27. Características de la protección magnetotérmica.....	82
Tabla 28. Parametros en rectificadores de onda completa.....	84
Tabla 29. Cable fotovoltaico seleccionado .....	86
Tabla 30. Características del panel fotovoltaico REC 240W 24 V .....	87
Tabla 31. Características de batería deseada para la instalación.....	88
Tabla 32. Características del inversor solar 2KVA de 24V .....	88

Tabla 33. Especificaciones del inversor solar 2KVA de 24V.....	89
Tabla 34. Características del regular de carga solar.....	89
Tabla 35. Ficha técnica del regulador de carga.....	90
Tabla 36. Circuitos derivados para una vivienda aislada .....	93
Tabla 37. Presupuesto de la propuesta.....	94

## **Índice de figuras**

Figura 1. Infraestructura de CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas.....	20
Figura 2. Infraestructura eléctrica de CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas.....	20
Figura 3. Ubicación GPS del sector Guayabal del cantón San Lorenzo.....	22
Figura 4. Familia moradora del sector Guayabal, acompaña el autor del presente trabajo.....	23
Figura 5. Viviendas ubicadas en el sector Guayabal. Fuente: .....	23
Figura 6. El Sol y sus principales componentes.....	30
Figura 7. Espectro electromagnético de la radiación solar.....	32
Figura 8. Energía radiada por el sol y la tierra.....	33
Figura 9. Esquema del efecto fotovoltaico.....	35
Figura 10. Estructura básica de una celda solar.....	36
Figura 11. Célula de Silicio Monocristalino .....	38
Figura 12. Célula de Silicio Policristalino .....	38
Figura 13. Semiconductores de tipo P y de tipo N respectivamente.....	40
Figura 14. Regulador de carga solar.....	41
Figura 15. Batería de ciclo profundo .....	42
Figura 16. Inversor Solar POWEST 1KVA.....	44

Figura 17. Circuito rectificador de Media Onda. ....	46
Figura 18. Esquema circuital básico del rectificador de Media Onda.....	46
Figura 19. Circuito rectificador de Onda Completa. ....	47
Figura 20. Cable Ethernet .....	48
Figura 21. Cable para instalaciones fotovoltaicas .....	48
Figura 23. Componentes de una instalación fotovoltaica. ....	50
Figura 23. Implicaciones del nuevo reglamento de la baja tensión en vivienda.....	52
Figura 24. Componentes tierra, fase y neutro del grado de electrificación básic .....	53
Figura 25. Esquema de instalación $\mu$ SFV.....	62
Figura 26. Tiempo que habitan en el sector las familias encuestadas.....	63
Figura 27. Existencia porcentual de energía eléctrica dentro del sector Guayabal. ....	64
Figura 28. Necesidad energética de los moradores de Guayabal. ....	64
Figura 29. Conocimiento sobre las energías renovables. . ....	65
Figura 30. Propiedades del sol. ....	66
Figura 31. Sistemas fotovoltaicos. ....	66
Figura 32. Propiedades de los sistemas fotovoltaicos. ....	67
Figura 33. Posibilidades de instalar sistemas fotovoltaicos en el sector Guayabal. ....	68
Figura 34. Expectativas ciudadanas. ....	68
Figura 35. Mejoras en las condiciones de vida. ....	69
Figura 36. Irradiación solar global horizontal en el Ecuador.....	70
Figura 37. Ubicación geográfica del cantón San Lorenzo con relación a la incidencia fotovoltaica. .....	71



Figura 38. Producción energética y energía no capturada de un sistema fotovoltaico autónomo.	72
Figura 39. Ubicación de los 6 paneles solares con un ángulo de inclinación de 35°.	76
Figura 40. Modelo 2KVA trabajando con banco de batería de 24 V.	81
Figura 41. Interruptor magnetotérmico.	82
Figura 42. Eficiencia frente a potencia.	83
Figura 43. Esquema de la instalación de cables fotovoltaicos TOPSLAR PV H1Z2Z2 1,571,5 /1,8) Kv DC.	86

# CAPÍTULO I

## 1.1 Introducción

La energía eléctrica es considerada como uno de los factores determinantes para impulsar el desarrollo y el progreso de toda la humanidad en su conjunto, constituyéndose en una de las prioridades investigativas a nivel científico, político, económico y social, dado que su implementación y utilización genera enormes repercusiones positivas para toda la sociedad.

La sustentación energética dentro de cada territorio a nivel mundial se ha convertido en un enorme desafío para todos los países, volcando el interés de toda la comunidad científica, desde la experimentación y el empirismo, logrando establecer de forma paulatina y progresiva fuentes alternas de energía eléctrica, tales como la energía solar, la eólica, la hidroeléctrica, la mareomotriz, la geotérmica, entre otras, que han logrado paliar de cierto modo la falta de desabastecimiento de este servicio y permitirles a cientos de miles de familias ubicadas en sectores irregulares provisionarse de electricidad en sus hogares.

El incremento poblacional ha determinado que se expanda la demanda habitacional en las diferentes regiones del Ecuador, trayendo consigo la imperiosa necesidad de abastecerse de los servicios básicos más indispensables, como lo son el agua y la electricidad, ocasionando severas dificultades de planificación estratégica para los gobiernos de turno, ya que no se logra abastecer de estos servicios tradicionales de manera efectiva y eficiente a toda la población en general.

En el Ecuador, “El consumo de energía eléctrica a nivel nacional, alcanzó para lo que va del año 2021 los 21.908,51 GWh, representando una participación del 87,06% de la energía disponible del servicio eléctrico” (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2021),

## 1.2 Antecedentes

En la provincia de Esmeraldas se ubica CNEL EP unidad de negocio que lleva el mismo nombre de la provincia mencionada, existe un área de prestación del servicio eléctrico de 15.526 km<sup>2</sup>, que representaría el 98% del total, ya que el restante 2% no pertenece a dicha localidad. Dicha Unidad de negocio cuenta con una infraestructura estipulada a continuación en las siguientes figuras:

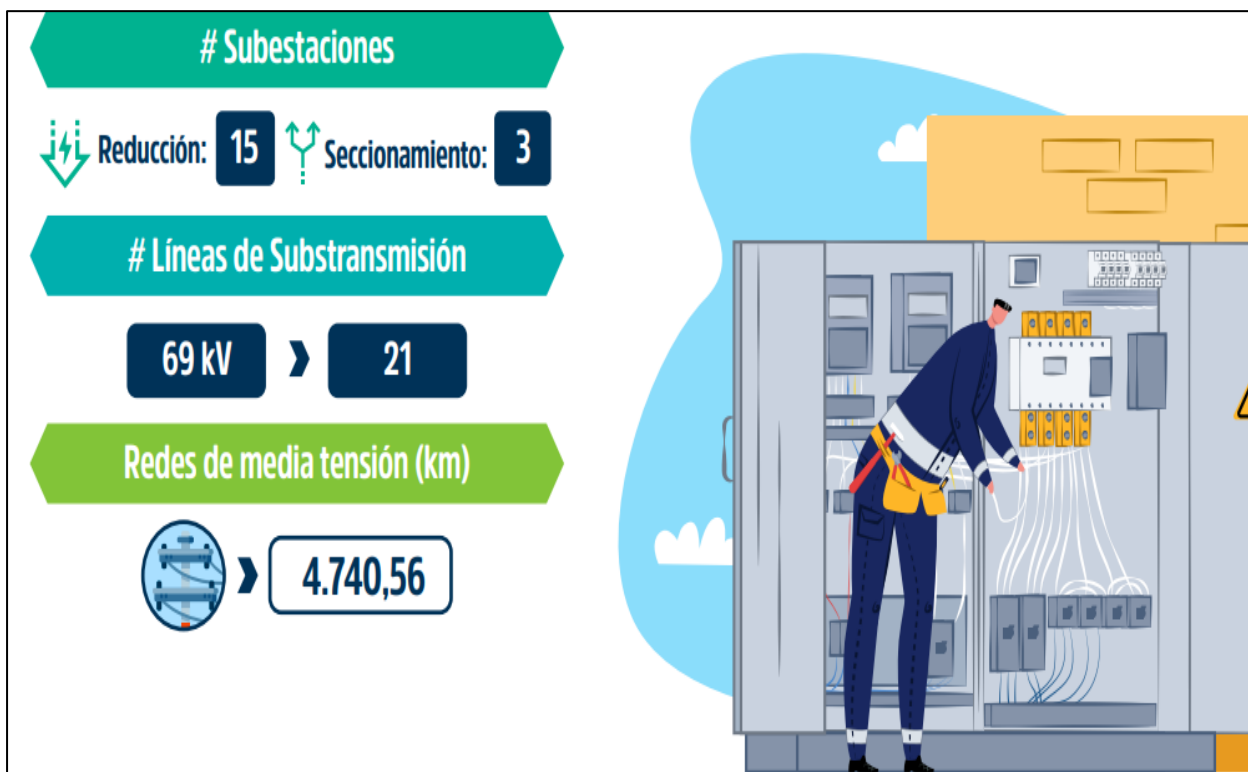


Figura 1. Infraestructura de CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas. Fuente: tomado del Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020. (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021).

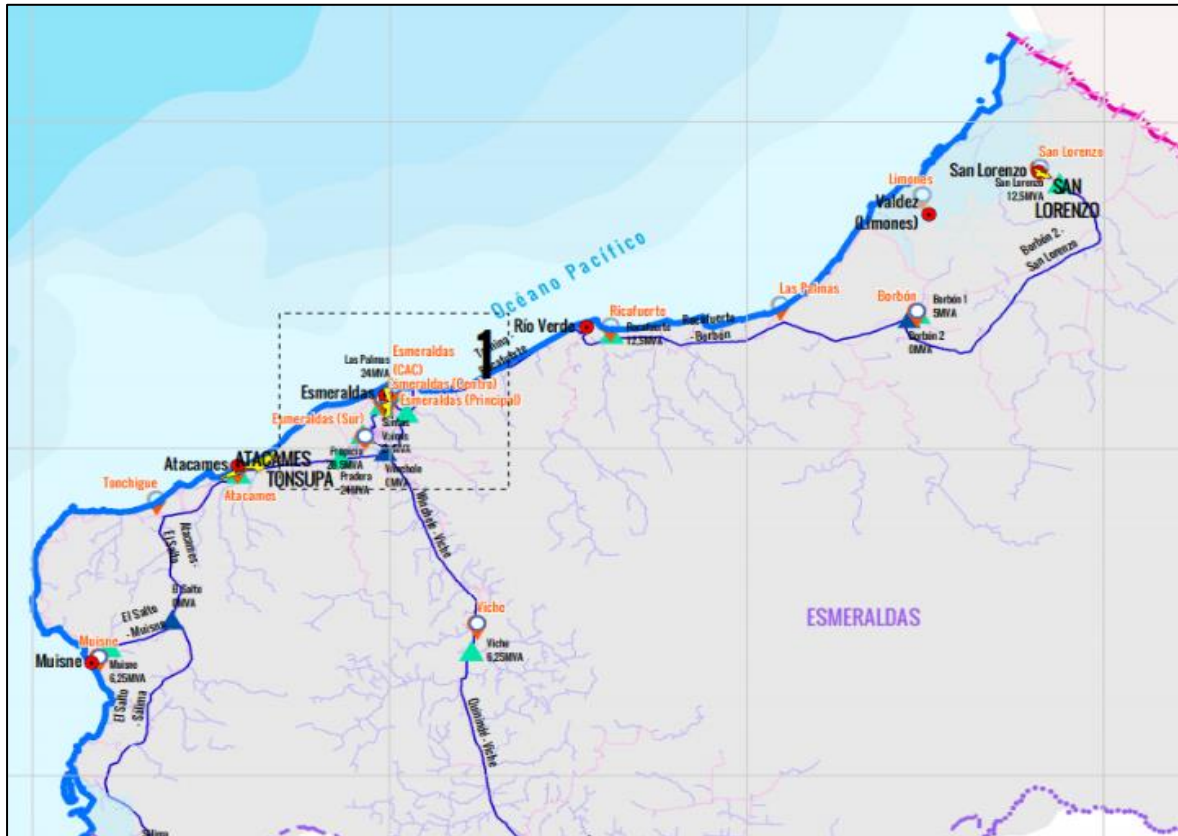


Figura 2. Infraestructura eléctrica de CNEL EP Unidad de Negocio Esmeraldas. Fuente: Tomado del Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2020. (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021).

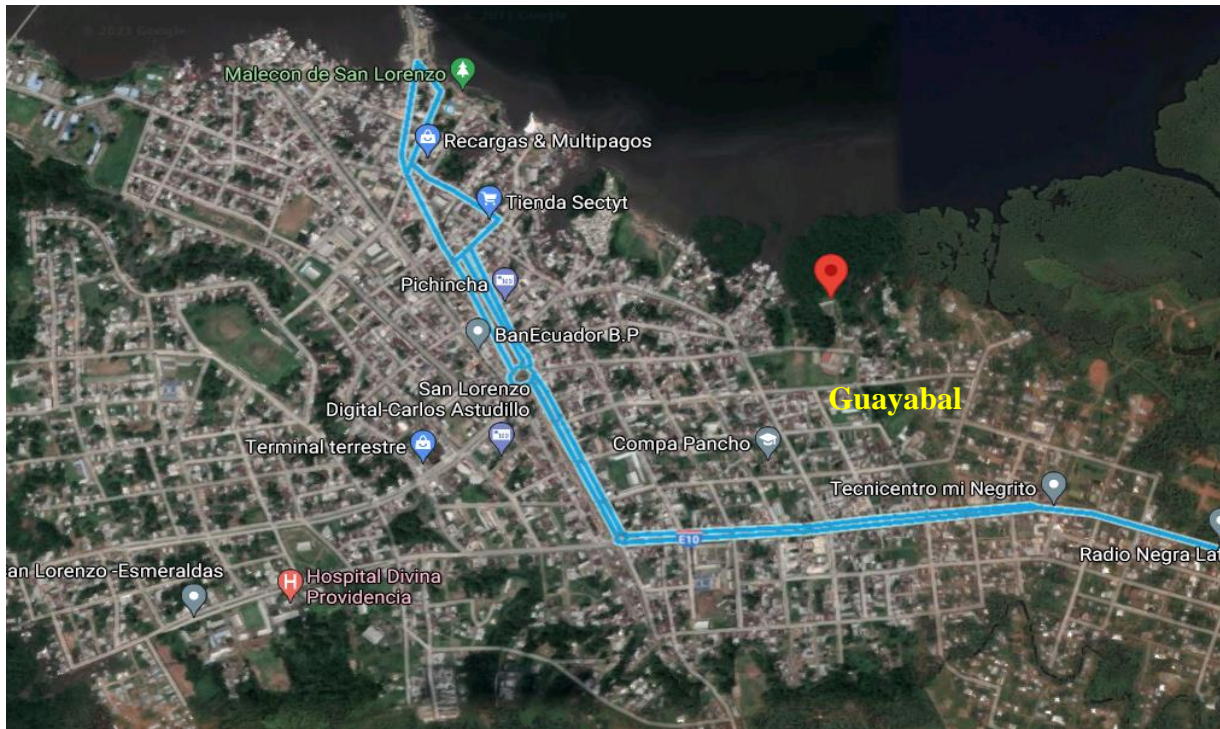
Puede observarse en la figura dos que las redes de media tensión alcanzan los 4.740,56 km de distancia en toda la provincia, abasteciendo a gran parte de las ciudades que conforman el lugar, mientras que la figura seis muestra que el cantón San Lorenzo tiene una capacidad de transformadores de potencia de 12.5 MVA, los cuales fueron implementados con la finalidad de adecuar satisfactoriamente las necesidades de transmisión y distribución de energía eléctrica en

dicha ciudad, sin embargo, esta capacidad instalada de transformación no logra cubrir áreas boscosas, repercutiendo negativamente a los habitantes del Guayabal, ya que, dada su condición de establecimiento irregular no logra acceder al servicio tradicional de electricidad que ofrece la CNEL EP Unidad de Negocios Esmeraldas, Subestación San Lorenzo, por lo que en la actualidad y desde su establecimiento no han disfrutado de los beneficios del servicio energético; incluso y según testimonio de sus moradores, tres viviendas de dicho sector con ayuda de cables y astucia habían logrado robar energía para sus hogares, pero al poco tiempo de dicho acontecimiento fueron descubiertos y multados por el desmán cometido, ofreciendo un panorama desalentador para sus aspiraciones de contar con este servicio básico esencial para su desarrollo integral.

El sector Guayabal se encuentra ubicado a unos 10 minutos del cantón San Lorenzo y aproximadamente a unos 148 Km de la ciudad de Esmeraldas. es un poblado dentro de un bosque, desprovisto de electrificación, pavimentación, alcantarillado, con casas en su gran mayoría de caña y techos de zinc, sitio ocupado desde hace 2 años por 10 familias; en la actualidad hay un total de 15 (1 vivienda por familia) en donde existen 18 hombres y 20 mujeres, y una descendencia de 15 niñas y 8 niños, pese a que en dicho cantón posee electricidad, en este sector existe un conjunto de viviendas edificadas en asentamientos de forma irregular, no accede al servicio energético tradicional, acarreando que no logren desarrollarse integralmente, tanto social como económicamente, etc.

<b>Coordenadas del cantón San Lorenzo, donde se encuentra ubicado el sector Guayabal</b>
Coordenadas 1°17'12.8" N, 78°49'39.9" W En decimal 1.286898°, -78.827735° UTM 142287 740877 17N

**Tabla 1.** Coordenadas del sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas.



**Figura 3.** Ubicación GPS del sector Guayabal del cantón San Lorenzo. **Fuente:** <https://www.google.com/maps/@1.2851378,-78.8357394,2530m/data=!3m1!1e3?hl=es>





**Figura 4.** Familia moradora del sector Guayabal, acompaña el autor del presente trabajo.



**Figura 5.** Viviendas ubicadas en el sector Guayabal. Fuente: Foto tomada por el autor.

Dadas estas necesidades realmente urgentes, se propone el diseño de un sistema de tecnologías fotovoltaicas, que brinde el servicio de funcionalidad y calidad de energía al sector en estudio, dotándolo de un servicio fundamental para poner en actividad sus aparatos electrónicos y que a su vez generen resultados positivos, tanto desde el aspecto de bienestar social y económico, ya que al ser un servicio generado por energía solar, los costos en que se incurran serán considerablemente bajos en contraste a los que son suscitados por la energía tradicional (a través de combustibles fósiles), y como beneficio adicional, la naturaleza gozará de energía no contaminante para sus recursos y el medio ambiente, como es conocido, la contaminación ambiental que se provoca por los combustibles fósiles en su proceso de combustión generan a corto, mediano y largo plazo, cargas contaminantes al medio ambiente “El incremento de efectos invernadero“, produciendo impactos ambientales adversos a la naturaleza, como el incremento del

nivel del mar, temperatura, tormentas más intensas, aumento de sequias, entre otros”. (Red de árboles, 2018),

La propuesta que se plantea en el presente proyecto de investigación está basada en un estudio de campo enfocada en un sistema fotovoltaico que favorezca a su población con los mismos beneficios de una planta eléctrica, con la ventaja de que se usará tecnología innovadora y recursos naturales, que ofrezcan un sistema ecológico libre, que no obstruya su limpidez dentro de su estructura visual física, como lo muestra las redes de tendido eléctrico.

Para la implementación del sistema se ahorrará espacios físicos por trayecto en postes y permisos de regularización para su instalación y funcionalidad de servicio, así como los permisos de otras operadoras que brindan servicios tales como operadoras celulares y empresas de cable.

Esta instalación fotovoltaica para viviendas aisladas lleva la premisa de renovar el concepto del siniestro de energía convencional por un servicio energético limpio, renovable, económico, viable y sostenible en el tiempo.

### **1.3 Justificación**

Es sumamente vital acceder a “Energía eléctrica viable dentro de toda sociedad, para permitirles la posibilidad de potenciar su desarrollo integral y la mejora de la calidad de vida de todos sus habitantes” (Salamanca, 2017), por tal motivo, es factible considerar los nuevos paradigmas energéticos que se han implementado para generar energía eléctrica por medio de los recursos naturales existentes, en donde, se propenda el cuidado del medio ambiente y la disminución de consumo de combustibles fósiles, por ende, y en base a los parámetros dependientes que son conocidos como estrategias fotovoltaicas, se pretende con la propuesta,



diseñar un sistema de respaldo de energía solar, dado que, el sol emite cerca de  $3.8 * 10^{23}$  KW, de los cuales se estima que  $1.8 * 10^{14}$  KW son interceptados por nuestro planeta, lo que implicaría utilizar la energía solar aprovechando la fuerza que tiene el sol, transformando directamente la radiación solar en electricidad por medio de paneles fotovoltaicos, dado que, al incidir la radiación del sol sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica (que conforman los paneles) “Se producirá una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras, lo que determinaría que los electrones salten de un lugar a otro, generando así corriente eléctrica”. (Acciona, 2020).

A través del diseño de este sistema dentro del sector Guayabal del cantón San Lorenzo en la provincia de Esmeraldas se pretende implementar el servicio energético dentro del lugar y lograr abastecer de electricidad a sus 15 viviendas con 75 habitantes aproximadamente, quienes se beneficiarán con energía limpia, renovable, económica y de calidad.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- ✚ Diseñar un sistema de tecnología fotovoltaica aislada que abastezcan de energía eléctrica a un grupo de viviendas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- ✚ Analizar la problemática existente en cuanto al desabastecimiento de energía eléctrica del sector Guayabal-Esmeraldas.
- ✚ Determinar el grado de electrificación que se desea alcanzar en las viviendas aisladas del sector Guayabal del cantón San Lorenzo.

- ✚ Diseñar el sistema eléctrico de tecnología fotovoltaica que suministre de energía eléctrica en relación al volumen de viviendas ubicadas en el sector el Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas.

### **1.5 Alcance de la tesis**

La proyección de la presente trabajo de investigación se desarrollará en un periodo de 6 meses, que abarcará desde abril hasta septiembre del 2021, periodo en el cual se realizará la investigación documental, que determinará la importancia de la energía solar, a través de tecnología fotovoltaica, como vía alternativa que permita transformar de manera directa parte que es recibida de luz solar en electricidad, permitiéndole a los habitantes del sector Guayabal abastecerse de ese servicio indispensable dentro de sus viviendas, cumpliendo los estándares técnicos que son requeridos para que un sistema de esta magnitud pueda entrar en funcionamiento, el levantamiento de información física, presupuesto, correcciones y aprobación del trabajo de titulación.

La propuesta del presente trabajo de titulación delimita su alcance dentro del sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas, a un aproximado de 15 viviendas establecidas en el sitio, y que no cuentan con energía eléctrica, con la finalidad de que por medio de proponer la utilización de energías renovables se logre abastecer de energía a los moradores del mencionado sector, ya que, como se ha descrito en líneas anteriores, el Guayabal no cuenta con sistema de electrificación, de allí se parte para proponer el diseño de sistema fotovoltaico aislado para este conjunto de viviendas, y dotarlo de energía eléctrica y con base en ello, suplir la necesidad de electricidad a sus habitantes.

## **CAPÍTULO II**

### **2.1 Marco teórico referencial**

La energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene del sol y con la que se pueden generar calor y electricidad. Existen varias maneras de recoger y aprovechar los rayos del sol para generar energía que dan lugar a los distintos tipos de energía solar: la fotovoltaica (que transforma los rayos en electricidad mediante el uso de paneles solares), la fototérmica (que aprovecha el calor a través de los colectores solares) y termoeléctrica (transforma el calor en energía eléctrica de forma indirecta).

#### **2.1.2 Eficiencia de las fuentes de Energía Renovable del sector eléctrico ecuatoriano**

Dentro de las aspiraciones existentes a nivel mundial con respecto la generación de energías limpias y amigables con el medio ambiente se posiciona el uso de Energías Renovables como una alternativa viable para frenar paulatinamente el excesivo consumo de combustibles fósiles y con ello “Mitigar los efectos contaminantes de las tecnologías de generación eléctrica, repercutiendo de manera positiva en el medio ambiente y la naturaleza, logrando que se direcciona la producción de electricidad de forma sostenible y sustentable” (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos & Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013, pág. 56), situación que en Ecuador ha recibido toda la atención por los gobiernos de turno, con la finalidad de que en el país se gesten el cambio de la matriz energética, y gracias a un plan estratégico se permita introducir, diseñar y emplear de manera efectiva y eficiente energía renovable dentro del sector eléctrico de la nación, por consiguiente, se presenta a continuación la producción nacional de energía eléctrica por cada tipo de tecnología de generación:

**Tabla 2. Producción Nacional de Energía Eléctrica por tipo de Tecnología de Generación al 2012**

Origen de la energía eléctrica	Tipo de tecnología	Energía producida	
		(GWH)	Porcentaje (%)
Producción a partir de fuentes de Energía Renovable	Hidráulica	12237,72	53,56%
	Eólica	2,4	0,011%
	Solar	0,33	0,0014%
	Térmica Turbovapor	296,35	1,30%
Producción a partir de fuentes de Energía No Renovable	Térmica MCI	5481,45	23,99%
	Térmica Turbogas	2337,05	10,23%
	Térmica Turbovapor	2492,42	10,91%
Total		22847,72	100%

*Información tomada del Plan Maestro de Electrificación 2013-2022. Elaborado por: (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos & Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013).*

Si se considera exclusivamente la producción a partir de fuentes de Energía Renovable (ER) de la tabla presentada se puede determinar que el 54,97% de la participación del sector energético pertenece a la ER, mostrando que el 45,03% pertenece a la Energía No Renovable (ENR), develando con claridad que la energía hidráulica tiene una mayor participación en la generación de energía, lo que implica que existe una mayor dependencia del recurso hídrico en relación a la energía fotovoltaica y la eólica, lo que implica que es sumamente valioso potenciar la energía solar como fuente alternativa generadora de electricidad en el Ecuador, en la actualidad tan solo se ha explotado el 0,0014% (0,33 GWh) de su producción, y dicha explotación ha generado beneficios asombrosos en los sectores en donde se la ha aplicado, como por ejemplo en la Amazonia, en Islas en el Golfo de Guayaquil y lugares apartados en la serranía, “Recalcando que éste tipo de tecnología fotovoltaica pueden lograr eficiencias de conversión de entre el 25% hasta el 40%, lo que implicaría tener paneles de potencias comprendidas entre 250W/m<sup>2</sup> y 400 W/m<sup>2</sup>” (Universo, 2017, párr. 3-8), lo que permite tener una visión mucho más clara con relación al desarrollo sustentable del sector, y con base en ello, asociar la factibilidad de que se pueda incrementar y diversificar el uso de fuentes de energía solar a través de sistemas fotovoltaicos en sectores específicos dentro del

Ecuador, dado que, los niveles de radiación solar son positivamente altos, “La Irradiación Global Horizontal (GHI) anual varía desde los 2,9 kWh/m<sup>2</sup> día a 6,3 kWh/m<sup>2</sup> día” (Vaca Revelo & Ordoñez, 2020, p. 9), lo que implica que, implementar proyectos fotovoltaicos en territorio ecuatoriano es positivamente viable.

Cabe destacar que la implementación de sistemas fotovoltaicos al ser abastecidos por los rayos del sol directamente se genera energía de forma continua, esto repercutiría a que su uso se extienda por algunas horas del día, logrando que puedan acumularse en las baterías instaladas para dicho propósito, lo que resultaría beneficioso para un determinado sector aislado, ya que esta acumulación de energía puede usarse durante las horas nocturnas.

Por tal motivo, y en vista de la inmensa necesidad de energía eléctrica para poner en funcionamiento diferentes aparatos tecnológicos, iluminación y electrodomésticos, se busca en base a la propuesta y gracias a la energía solar dotar de electricidad a este conjunto de 15 viviendas establecidas en el sector ya mencionado.

La propuesta basa su desarrollo en el diseño de un sistema de tecnología fotovoltaica (energía solar) que permita dotar de energía eléctrica a este conjunto de viviendas aisladas del sector Guayabal del cantón San Lorenzo, por ende, y en connotación con las pretensiones del presente proyecto de investigación, se esboza la referida fuente de energía como punto de partida.

## 2.2 Energía solar

Es conocido que el “Sol es la fuente de energía que mantiene vivo al planeta Tierra, emitiendo interminablemente una potencia de 62 mil 600 kilowatts por cada metro cuadrado de su superficie” (Arancibia Bulnes & Best y Brown, 2010, p. 10), lo que hace referencia de que es una fuente inagotable o ilimitada de energía, “Llegando incluso a superar a cuanta reserva de petróleo, gas y carbón existente en la tierra, con una equivalencia que bordea 60 veces el consumo anual de la sociedad humana” (Arancibia Bulnes & Best y Brown, 2010, p. 10), lo que ya presenta una determinante impresionante, dado que, la energía del Sol puede llegar a cubrir la demanda total energética del mundo, tal y como lo conocemos.

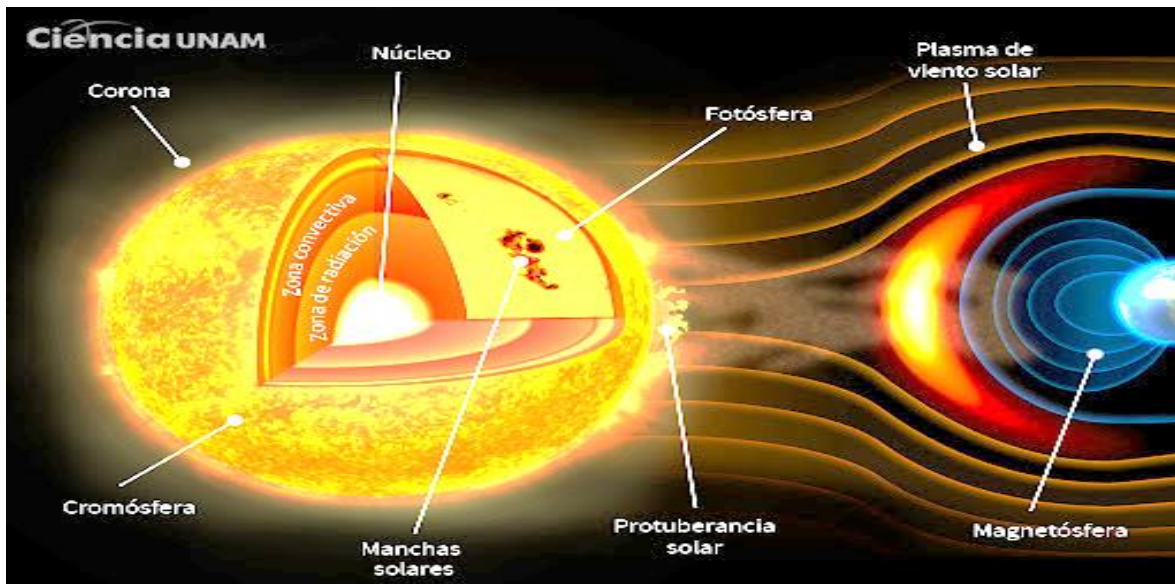


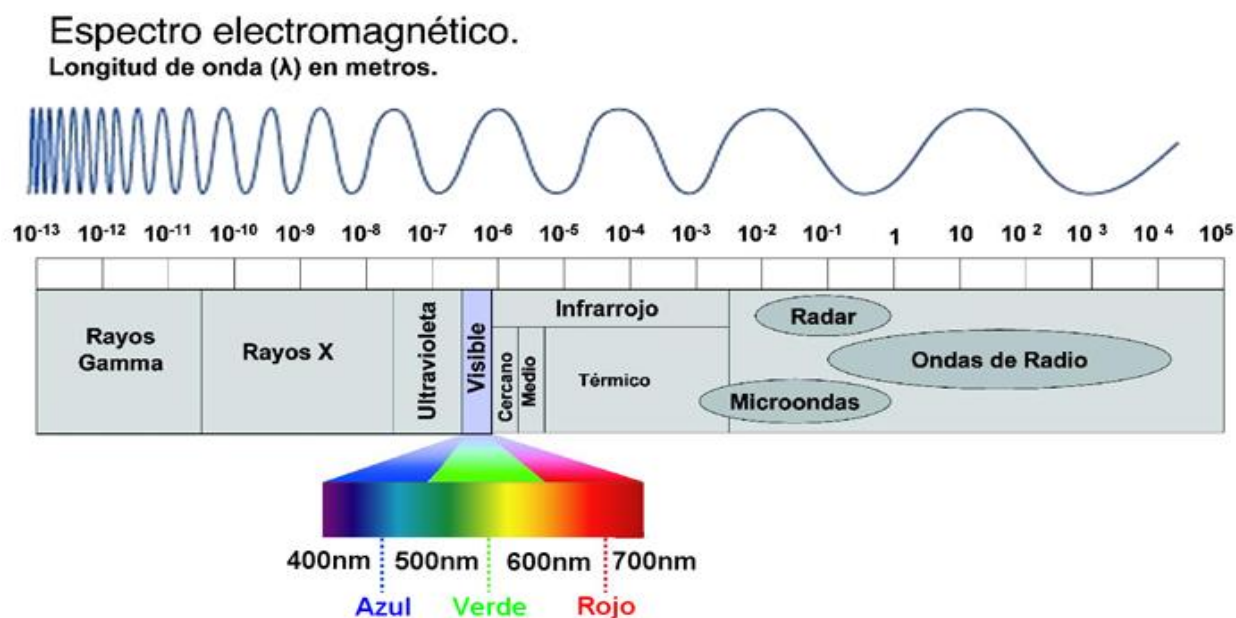
Figura 6. El Sol y sus principales componentes. Fuente: Ciencia UNAM (Universidad Autónoma de México, 2021, 00:50 am).

Como puede observarse en la figura seis el Sol se compone de un Núcleo, en donde alberga su zona de radiación y su zona convectiva, lo que le permite segundo a segundo transformar más de cuatro millones de toneladas de materia en energía.

### **2.2.1 Radiación solar**

Para describir la validez que podría tener la implementación de un sistema fotovoltaico en viviendas aisladas en el sector Guayabal es preciso develar la importancia que tiene el sol y su radiación desde su núcleo hacia nuestro planeta, dado que, La radiación solar es la energía emitida por el sol que se irradia en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas” (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014). Por consiguiente, la radiación solar se convierte en “El motor energético que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima” (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014), y en los cuales se basan los sistemas fotovoltaicos para generar de manera natural energía eléctrica en sitios desprovistos de este invaluable recurso.

En la figura siete que se presenta a continuación podrá observar la radiación electromagnética de forma ordenada y en diferentes longitudes de onda, como las longitudes de onda corta, que se presentan en frecuencias muy elevadas (billonésimas de metro) tomando el nombre de rayos gama, hasta las longitudes de onda larga, que presentan muchos kilómetros (frecuencias demasiado bajas), como por ejemplo las ondas de radio, recalcando concretamente que, “Al no tener límites establecidos, es inversamente proporcional a su longitud de onda, por consiguiente, a menor longitud de onda mayor contenido energético” (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014):



**Figura 7.** Espectro electromagnético de la radiación solar. Fuente IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014).

Bajo las características que presenta la radiación solar puede asociarse diferentes campos o rangos de acción que comprometen positiva y negativamente su interacción dentro del planeta tierra, entre las cuales pueden destacarse de forma negativa las implicaciones en la salud, como el cáncer, la deshidratación de los alimentos, entre otros, en tanto que en las acciones positivas sobresalen la estimulación de la síntesis de vitamina D, la circulación sanguínea y la generación alternativa de electricidad.

En la figura 8 que se presenta a continuación puede observarse que del 100% de la radiación solar el 99% que llega a la superficie de la tierra está comprendida entre el 0,2 y 0,3  $\mu\text{m}$ , en tanto que la de mayor radiación de onda larga está dentro del rango de los 35 y 50  $\mu\text{m}$ , entre tanto que las ondas en el intervalo de 0,25  $\mu\text{m}$  a 4,0  $\mu\text{m}$  se denomina espectro de onda corta, y de las cuales se desencadena una serie de propósitos, en los que destaca la implementación de cedas



fotovoltaicas, utilizadas para la generación de electricidad en sitios aislados desprovistos del suministro energético tradicional.

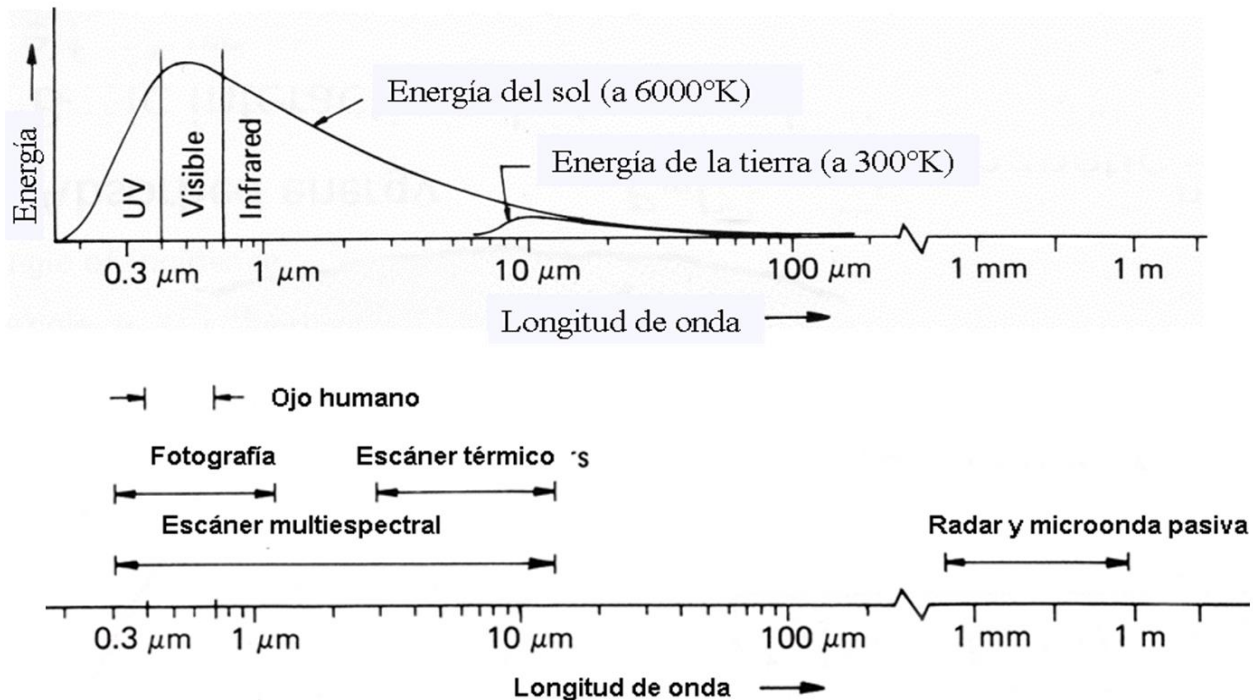


Figura 8. Energía radiada por el sol y la tierra. Fuente: IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014).

Se logra sedimentar la importancia de la energía solar y el impacto de radiación positiva que puede ofrecer a la población en el planeta, destacando su aplicación en proyectos de energías renovables y limpias, muy necesarias en los actuales momentos, dado el alto grado de contaminación ambiental por parte de los combustibles fósiles, de modo tal que, buscar implementar una alternativa viable para la generación de electricidad es íntimamente beneficiosa para toda sociedad, en especial en los habitantes del sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas.

Precisamente el presente trabajo de investigación plantea como alternativa viable para abastecer de electricidad al grupo de viviendas aisladas en este sector, diseñar un sistema de energía

fotovoltaica que permita a sus moradores democratizar el autoconsumo de energía y con base en ello, producir su propia electricidad para su consumo, por consiguiente, se desarrolla el proceso y los requerimientos indispensables para su implementación y ejecución.

### **2.3 Energía solar fotovoltaica**

Este tipo de energía permite “Transformar la luz y calor del sol a partir de la radiación solar en electricidad, gracias a la instalación de paneles o celdas solares fotovoltaicas” (Factor Energía, 2021, párr. 9), convirtiéndose en un tipo de tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores que, “Al ser irradiados por un haz de fotones directamente a las celdas o elementos fotovoltaicos de manera individual, se genera una potencia eléctrica que es la encargada de suministrar de electricidad al lugar asignado para su habilitación” (Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, 2002, pág. 2).

Según datos aportados por el Programa de Sistemas de Energía Fotovoltaica de la Agencia Internacional de la Energía citado por Energías Renovables (2019), destacó que a finales del 2018 “La energía solar fotovoltaica instalada en el mundo llegó por vez primera a los 500 GW, convirtiéndose en la primera fuente de energía eléctrica en capacidad desplegable a nivel global” (párr. 1).

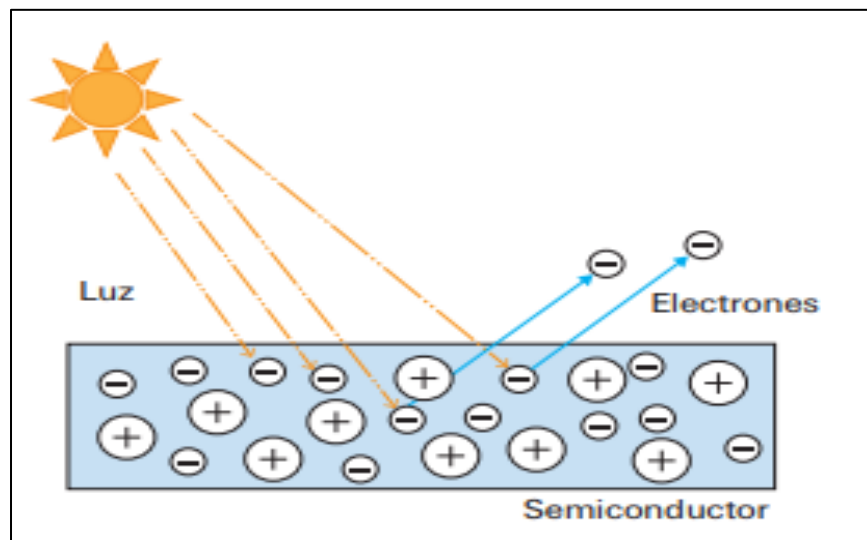
La energía solar tiene una connotación extremadamente valiosa para toda la sociedad en su conjunto, ya que es una fuente energética renovable, lo que implica que puede explotarse ilimitadamente sin agotarse el recurso pese a ser explotado de manera constante y continua, y su aprovechamiento deriva de diferentes maneras, ya que puede fácilmente producir electricidad con la implementación de sistemas fotovoltaicos, lo que favorece de manera concreta a sectores en la tierra o en el espacio con abastecimiento pleno de energía, en el caso concreto del sector Guayabal

del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas, si se logra diseñar acertadamente un sistema fotovoltaico podría acabarse la necesidad de electricidad en este grupo de viviendas aisladas, beneficiando directa e indirectamente a sus moradores.

Por consiguiente, es preciso que se conozca los efectos que se producen al establecer un diseño de sistema fotovoltaico en un determinado lugar o espacio físico dentro de un territorio determinado, y toda la estructuración necesaria para poner en marcha tan noble y productivo proyecto. A continuación, se desarrollan los siguientes aspectos:

### 2.3.1 El efecto fotovoltaico

Como antecedente preliminar se detalla que en el año 1839 “El físico francés Alexander Bequerel descubrió el efecto fotovoltaico, definiéndolo como el fenómeno en el cual al incidir en la luz (los fotones) sobre la superficie de un material semiconductor, se liberan electrones que pueden generar una corriente eléctrica” (Rodríguez Rosales, De Moure Flores, & Quiñones Galván, 2020, pág. 2).



**Figura 9.** Esquema del efecto fotovoltaico. Fuente: tomado de *Novedades Científicas*. Autores: (Rodríguez Rosales, De Moure Flores, & Quiñones Galván, 2020).

Puede observarse en la figura nueve la energía que emana del sol se direcciona de manera uniforme hacia los semiconductores logrando que los electrones logren una mejor capacidad de movimiento, constituyendo el proceso generador de una corriente eléctrica.

Ahora bien, cabe recalcar que indispensablemente para que logre gestarse el efecto fotovoltaico no basta con liberar electrones únicamente, sino que es fundamental la presencia de “Un voltaje para que los electrones liberados puedan ser direccionados” (Rodríguez Rosales, De Moure Flores, & Quiñones Galván, 2020), y con base en ello, se pueda conseguir el efecto generador de energía eléctrica fotovoltaica logre ejecutarse de forma positiva.

Para ejemplarizar de forma sencilla el procedimiento que debe realizarse para lograr el cometido deseado se describe que:

Al unir dos semiconductores en características electrónicas diferentes, uno de los semiconductores debe tener exceso de electrones (denominado tipo n) en tanto que el otro debe presentar una deficiencia de electrones (de tipo p), logrando que la unión de los semiconductores descritos (n y p) formen una celda solar:

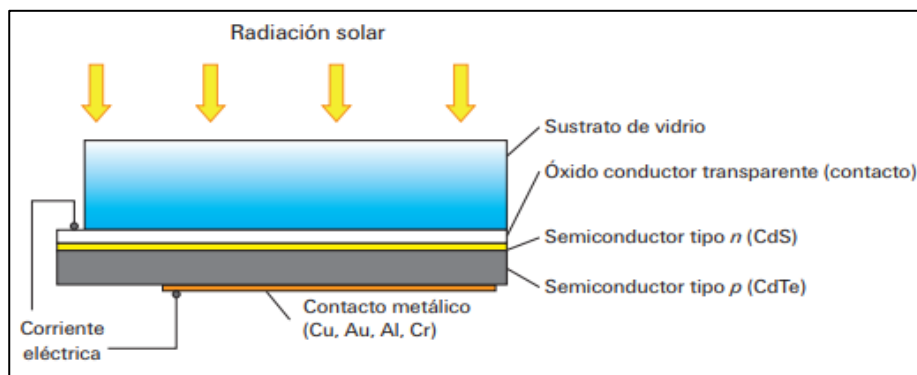


Figura 10. Estructura básica de una celda solar. Tomado de *Novedades Científicas*. Elaborado por: (Rodríguez Rosales, De Moure Flores, & Quiñones Galván, 2020).

Los sistemas fotovoltaicos son dispositivos que pueden producir energía eléctrica a partir de la insolación y gracias a la implementación de ciertos elementos aumenta la incidencia del reflejo solar, y a través de estos procesos convertir la luz del sol en energía eléctrica, limpia y renovable. A continuación, se detallan los elementos necesarios.

## **2.4 Celdas fotovoltaicas**

Las celdas fotovoltaicas son conocidas como “Sistemas tecnológicos que disponen de energía fotovoltaica para transformar directamente parte de la luz solar en electricidad” (Salazar Peralta, Pichardo S., & Pichardo S., 2016). Ciertos materiales en su forma más sencilla presentan una propiedad implícita dentro de ellos, a los cuales se les llama “Efecto fotoeléctrico, que se compone de un ánodo y un cátodo recubierto de un material fotosensible” (Salazar Peralta, Pichardo S., & Pichardo S., 2016). Se conoce que la luz solar que se refleja o incide sobre dichos materiales, en el primer caso, sobre el cátodo y libera electrones que son atraídos por el ánodo, de carga positiva, dando origen a un “Flujo de energía o corriente proporcional a la intensidad de la radiación proveniente del sol, ocasionado que estas absorban fotones de luz y emitan electrones” (Salazar Peralta, Pichardo S., & Pichardo S., 2016).

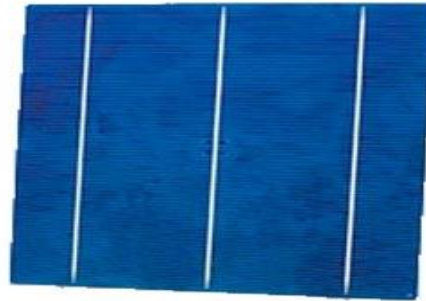
Después de dicho procedimiento estructurado, “Los electrones mencionados son capturados, dando como resultado una corriente eléctrica, que puede ser utilizada tranquilamente como electricidad” (Salazar Peralta, Pichardo S., & Pichardo S., 2016).

Estas celdas fotovoltaicas mencionadas pueden ser fabricado o producidas específicamente de un material llamado silicio, que a su vez puede desglosarse en dos estructuras: Silicio Monocristalino y Silicio Policristalino, recalado que el segundo elemento se puede encontrar en

mayor abundancia en la corteza terrestre. Se muestra a continuación los dos tipos de células de Silicio:



*Figura 11. Célula de Silicio Monocristalino*



*Figura 12. Célula de Silicio Policristalino*

Es sumamente valioso que se tenga como premisa fundamental que, dichas laminas o células de Silicio (ambas) son semiconductoras y que, al recibir un tratamiento adecuado, forman un campo electrónico, que tendrán un polo positivo y otro negativo, y en el momento de que la luz (energía solar) refleje sobre dicha célula, los electrones se excitan, y en ese momento son extraídos de los átomos del material semiconductor, y al disponer conductores eléctricos en forma de rejilla que cubre las dos caras del semiconductor, los electrones se disponen y circulan formando una corriente de tipo eléctrica, que bajo esas características se “Encargará de aportar energía, que puede ser utilizada para alimentar aparatos eléctricos y electrónicos” (Salazar Peralta, Pichardo S., & Pichardo S., 2016).

Por lo tanto, el modulo fotovoltaico, puede ser comercializado y aplicado en determinados sectores para dotar de energía eléctrica bajo una adecuada aplicación, es decir, conectarlos en serie para obtener de ellos tensiones y corrientes que den potencia adecuada para abastecer del sistema eléctrico a estos sitios desprovistos de energía convencional.

#### 2.4.1 Ventajas y desventajas de las celdas Monocristalinas y Policristalinos

La implementación de sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica por medio de la radiación solar sugiere y/o estipula se utilice un determinado tipo de celda de silicio, sean estas Monocristalinas o Policristalinos, dependiendo las necesidades existentes dentro del sector que desee utilizar este tipo de diseño para alimentarse de electricidad, por ende, se presentan las ventajas y desventajas de ambos modelos, y con base en ello, tomar la decisión que mejor se acople a las posibilidades de los habitantes del sector Guayabal del cantón San Lorenzo:

Tabla 3. Ventajas y desventajas de las celdas Monocristalinas y policristalinas

Celdas de Silicio	Ventajas	Desventajas
Monocristalinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Silicio de alta pureza.</li> <li>✚ Su color negro le brinda más eficiencia al 20%</li> <li>✚ Vida útil entre 25 y 50 años.</li> <li>✚ Buen comportamiento en baja exposición lumínica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Costos elevados.</li> <li>✚ Requiere más silicio.</li> <li>✚ Derivan perdidas de material durante el proceso de fabricación.</li> </ul>
Policristalinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Se utiliza menos silicio</li> <li>✚ Producción de menor coste</li> <li>✚ Evita perdidas de silicio en la fase de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ No recomendado en zonas abiertas</li> <li>✚ Tiene un máximo 16% de eficiencia.</li> <li>✚ Menor tolerancia al calor.</li> <li>✚ Vida útil de 20 a 25 años.</li> </ul>

Información adaptada de EcoInventos. Elaborado por: (EcoInventos green technology, 2019, párr. 1-9).

Se destaca que en la actualidad las células de silicio Policristalino puede producir alrededor de 280(Wp) por una medición de este material del 1\*1,65 mts, y 330 (Wp), dependiendo si son de 60 o 72 células, en cambio las células Monocristalinas gracias a su mayor eficiencia pueden producir mucha más energía en espacios más reducidos, llevando un rango entre los 330 [Wp] si la placa es de 60 células (~ 1,65 [m2]) y 450 [Wp] si es de 72 células (~ 2,00 [m2]).

## 2.5 Materiales semiconductores

Los materiales semiconductores son conocidos como elementos poco conductores de energía, como el silicio (Si) y el germanio (Ge), dado que sus electrones están muy sujetos a su núcleo, lo que representará que es necesario obtener enormes cantidades de energía para lograr que la conductividad eléctrica sea eficiente. (Sebatían, 2018). Por consiguiente, es indispensable “Agregar a estos semiconductores (Si & Ge) otro tipo de materiales químicos, como el fósforo (P), el antimonio (Sb), el arsénico (As), el boro (B) o el galio Ga), para convertirlos en material semiconductor de electricidad” (Sebatían, 2018).

Dichos materiales poseen un nivel de conductividad localizados entre los extremos de un dieléctrico y de un conductor, y que unidos a los materiales intrínsecos mencionados dotan de mejores condiciones a la fabricación de dispositivos semiconductores, estos tipos de materiales químicos o intrínsecos son conocidos como de tipo “p” y tipo “n”.

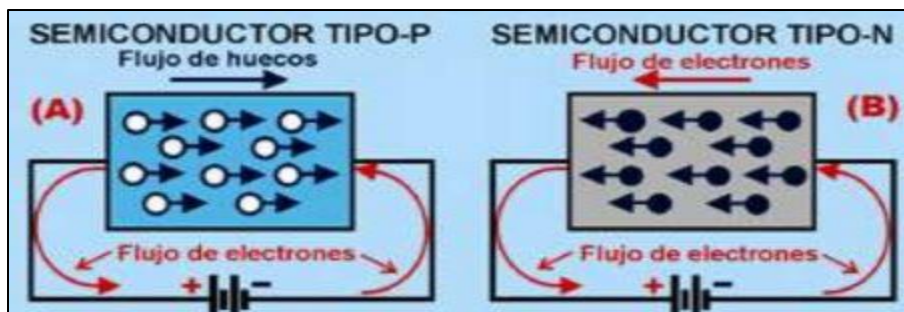


Figura 13. Semiconductores de tipo P y de tipo N respectivamente. Fuente: (Sebatían, 2018).



## 2.6 Regulador de carga

Se conoce como regulador de carga a un “Equipo que se predispone a controlar y regular el paso de corriente eléctrica desde los módulos fotovoltaicos hacia las baterías” (López Ruiz, 2015). Su funcionalidad está encaminada a que se logre bajo su utilización cargar la batería, logrando con ello que no se produzcan sobrecargas, y “Permitiendo que se limite la tensión de la batería a valores idóneos para su funcionamiento” (López Ruiz, 2015).

Este tipo de dispositivos deben estar dimensionados para soportar la intensidad máxima de corriente generada en el sistema, tanto para la línea de entrada al regulador procedente de los generadores fotovoltaicos, como en la línea de salida hacia las cargas que alimenta.



*Figura 14. Regulador de carga solar*  
*Fuente: Pedro López Ruiz (2015) (López Ruiz, 2015)*

Es válido indicar que una vez que se haya instalado el regulador de corriente este deberá ser adecuadamente protegido, frente a “Posibles cortocircuitos que se puedan producir en la línea de

consumo de la vivienda, o a posibles accidentes que desconecten de manera involuntaria la batería mientras los paneles solares están generando energía” (López Ruiz, 2015).

## 2.7 Baterías de ciclo profundo

Las baterías de ciclo profundo, “Están compuesta de plomo, diseñadas para abastecer de energía sostenida durante un periodo prolongado, de forma segura, hasta ir perdiendo la carga en un 80% o más, momento el cual debe volver a cargarse” (Crown Battery, 2019). Sin embargo, es recomendable no descargarlas por debajo del 45%, con la finalidad de que la vida útil de la batería sea más prolongada.



Figura 15. Batería de ciclo profundo  
Fuente: Crow Battery (2019) (Crown Battery, 2019)

Este tipo de baterías pueden ser utilizadas para la “Instalación de paneles solares, con el propósito de almacenar energía, de modo que, las fuentes de corriente eléctrica la recarguen a través de la instalación fotovoltaica” (Led Solar, 2017). Dado que, una o más celdas electroquímicas consiguen “Transformar la energía química almacenada en electricidad” (Led Solar, 2017). Con la finalidad de suministrar la energía producida a un sistema o varios aparatos electrónicos y/o tecnológicos cuando sea requerido, en el caso del presente trabajo, dotar de este servicio energético a las viviendas localizadas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo.

## **2.8 Inversor de voltaje**

Tal como describe su nombre, “Los inversores de voltaje transforman la corriente continua (CC) de baja tensión (12V, 24V, 32V, 36V 0 48V) en corriente alterna (CA) de alta tensión (110V, 220V)” (Morán Gorozabel, 2015). Y bajo estas proporcionalidades se pueda “Convertir la corriente continua que es generada gracias a los paneles solares en corriente alterna, y con base en ello, se logre suministrar de la energía necesaria a los diferentes aparatos eléctricos” (Morán Gorozabel, 2015).

En el caso concreto de la propuesta realizada en el presente trabajo, será imprescindible contar con un inversor solar, ya que permitirá “Convertir corriente, la cual se encargará de transformar la energía producida por las placas solares en energía útil para el consumo cotidiano” (Ojeda, 2021). Por consiguiente, este inversor de voltaje logrará “optimizar la producción fotovoltaica de la instalación solar, consintiendo alcanzar el máximo beneficio de cada uno de los paneles solares del sistema de autoconsumo fotovoltaico” (Ojeda, 2021), cabe destacar que los paneles solares transforman la energía solar en corriente continua, y es precisamente en este procedimiento que interviene el inversor fotovoltaico, ya que a ciencia cierta se conoce que la corriente continua no es válida para el consumo eléctrico, por este motivo, “el convertidor de corriente adecua su onda y la frecuencia y la convierte en corriente alterna y proporciona su habilitación para ser utilizado en el menester requerido” (Ojeda, 2021).

## 2.9 Tipos de inversores solares

En la siguiente tabla se determina los tipos de inversores solares idóneos para la instalación de sistemas fotovoltaicos:

*Tabla 4. Tipo de inversores solares*

Tipo de instalación	Modelo de inversor
Con conexión a red	Inversor tipo cadena (string)
	Microinversores
	Optimizadores de potencia
Instalaciones con baterías y aisladas	Aisladas
	Inversor cargador
	Inversores híbridos

*Fuente: Guillermo Ojeda (2021) (Ojeda, 2021)*

Para el presente trabajo de titulación se propone se utilice un inversor solar 2 KVA, que es un inversor híbrido con controlador de carga mppt 60A, el cual permitirá desarrollar de manera idónea el cometido que se tiene diseñado para poner en funcionamiento el suministro de energía fotovoltaica dentro del sector Guayabal en el cantón San Lorenzo.





Figura 16. Inversor Solar POWEST 1KVA.  
Fuente: Guillermo Ojeda (2021) (Ojeda, 2021)

Se considera como inversor solar un aparato híbrido, dadas las capacidades que posee, ya que utiliza la red eléctrica convencional y la combina con el uso de la batería, permitiéndole en una parte, aprovechar de manera conjunta diversas fuentes de energía alternativa (en el caso del presente proyecto, utilizará la energía fotovoltaica) y por otra parte, “Almacenar la energía de manera eficiente, certificando con ello que el sistema se desarrolle de forma segura, impidiendo que se presente algún tipo de inconveniente en su funcionamiento” (Sanz, 2020). Vale recalcar que debido a las características que se mencionan de los aparatos híbridos, es posible dimensionar adecuadamente los recursos empleados en su funcionamiento y aprovecharlos al máximo, “Sin necesidad de desperdiciar siquiera 1 vatio de energía, dado que, la energía que no es utilizada quedará almacenada” (Sanz, 2020).

## **2.10 Rectificadores**

“Los rectificadores son circuitos elaborados con diodos, capaces de cambiar la forma de onda de señal que reciben en su entrada” (Mhd education, Párr. 1), se utilizan en gran medida en las fuentes de alimentación de los equipos electrónicos, considerando que “Dichos equipos funcionan de manera interna con corriente continua, y aunque regularmente se conecta a la red eléctrica (230V de corriente alterna a 50Hz) la fuente de alimentación se encarga de convertir esa corriente alterna en corriente continua” (Mhd education, Párr. 1).

Existen dos tipos de rectificación:

-  Rectificación de Medio onda
-  Rectificación de Onda Completa

## 2.11 Circuito rectificador de media onda

Este circuito genera una “Señal de c.c. a partir de una señal de c.a. truncando a cero todos los semiciclos de una misma polaridad en la señal c.a. y dejando igual a los semiciclos de la polaridad contraria” (Páginas Física, s.f.).

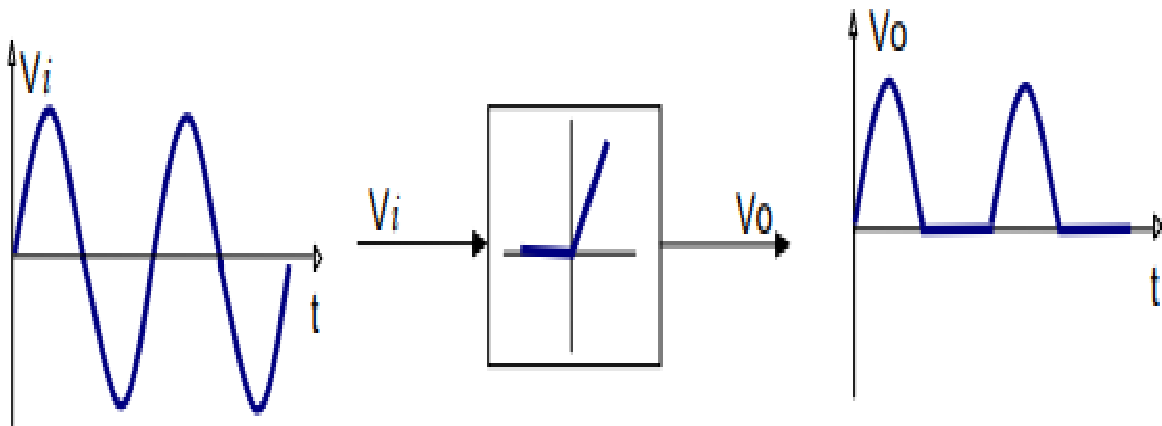


Figura 17. Circuito rectificador de Media Onda.  
Fuente: Páginas Físicas Uson (Páginas Física, s.f.)

El esquema circuital básico para este tipo de rectificación se representa de la siguiente manera:

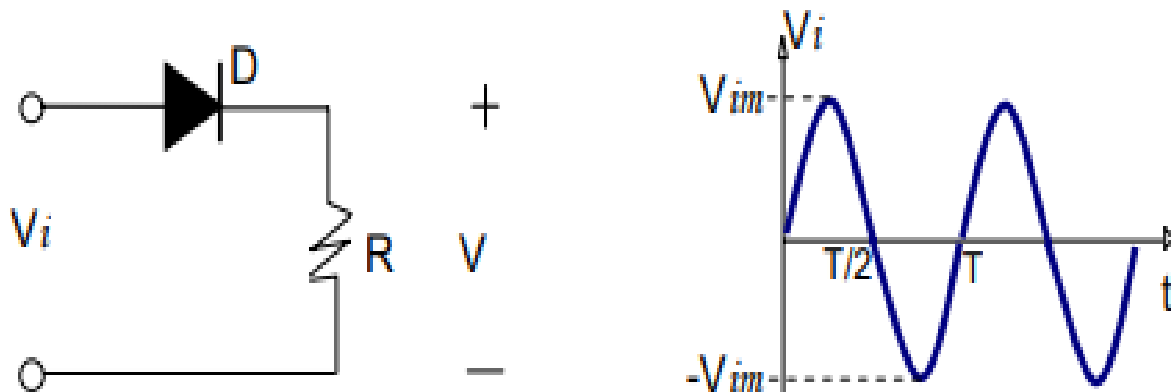


Figura 18. Esquema circuital básico del rectificador de Media Onda  
Fuente: Páginas Física Uson (Páginas Física, s.f.)

## 2.12 Circuito rectificador de onda completa

Este tipo de circuito genera una “Señal de c.c. a partir de una señal de c.a. con todos los semiciclos de la señal de esta señal, invirtiendo todos los semiciclos de una misma polaridad para igualarlos a la otra” (Páginas Física, s.f.).

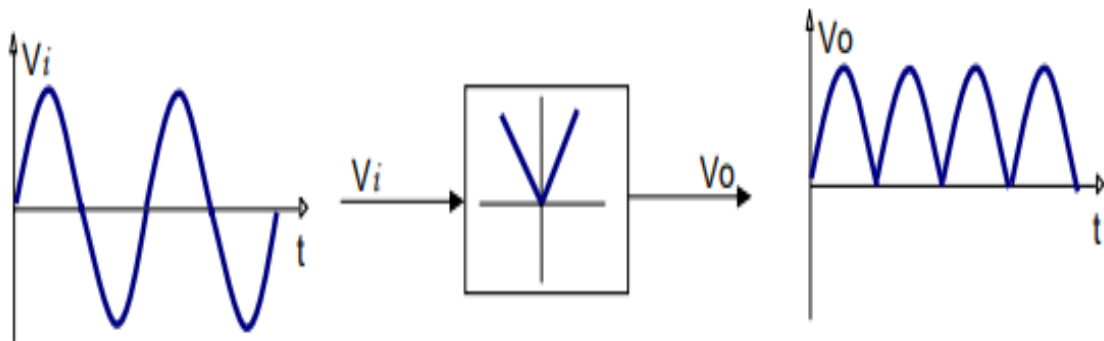


Figura 19. Circuito rectificador de Onda Completa.  
Fuente: Páginas Física Uson (Páginas Física, s.f.)

## 2.13 Dispositivo Ethernet

Este tipo de tecnología conocida como tradicional es utilizada para “Conectar dispositivos en una red de área local cableada (LAN) o una red de área amplia (WAN) permitiéndoles comunicarse entre sí a través de un protocolo (conjunto de reglas o un lenguaje de red común)” (Chai, Irei, & Burke, 2020). Este tipo de dispositivo se aplica para que se pueda vincular “Conectores en una misma red y permita la interconectividad en sectores específicos, es utilizado por su alta velocidad, seguridad y fiabilidad” (Chai, Irei, & Burke, 2020).

Se ha determinado que “Durante los últimos años han mejorado sus versiones y hoy por hoy pueden admitir operaciones de hasta 400gigabites por segundo (Gbps)” (Chai, Irei, & Burke, 2020).



Figura 20. Cable Ethernet

#### 2.14 Cable fotovoltaico

Este tipo de cable conocido también como cable PV, es un cable conductor utilizado para conectar los paneles de un sistema de energía eléctrica fotovoltaica, dado que, “Los módulos fotovoltaicos operan a temperaturas muy elevadas y se exponen a una serie de variedades climáticas, y es necesario que los cables conectores brinden la resistencia y seguridad requerida para su adecuado funcionamiento” (Anixter, 2020).



Figura 21. Cable para instalaciones fotovoltaicas



Este tipo de cable debe cumplir requisitos concretos para poder ser utilizado, estar bajo la norma UL-4703 y tener las características de construcción siguientes:

**Tabla 5.** *Requisitos de construcción según norma UL-4703 para cables fotovoltaicos.*

<b>Descripción</b>	<b>Requisito</b>
Calibre conductor	18 AWG hasta 2000 kcmil.
Material conductor	Cobre; aluminio revestido de cobre, aluminio.
Aislamiento	XLPE, EPR.
Tensión	600 V, 1Kv, 2Kv.
Resistencia	Debe resistir la luz solar.
Temperatura de operación	90°C en ambiente húmedo; y 105°C Y 150°C en ambiente seco.
Opción para enterramiento	De forma directa.
Opciones adicionales	USE-2, RHW-2
Construcción	Conductor simple, sin voltaje

*Fuente: Anixter (2020) (Anixter, 2020)*

### **2.15 Instalación fotovoltaica en viviendas aisladas**

El presente trabajo de investigación plantea el diseño de sistemas fotovoltaicos para que se logre generar electricidad en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas, dadas las condiciones actuales de los habitantes del sector (no cuentan con conexión eléctrica a la red de distribución) se busca con este proyecto beneficiar a este grupo de viviendas

aisladas para que puedan abastecerse de electricidad de forma autosuficiente y sin necesidad de dependencia de alguna comercializadora de este servicio básico.

Es preciso presentar la instalación fotovoltaica en una vivienda para que pueda observarse el desarrollo que se debe implementar para que se logre el cometido propuesto: el de instalar un sistema fotovoltaico para generar energía eléctrica en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo.

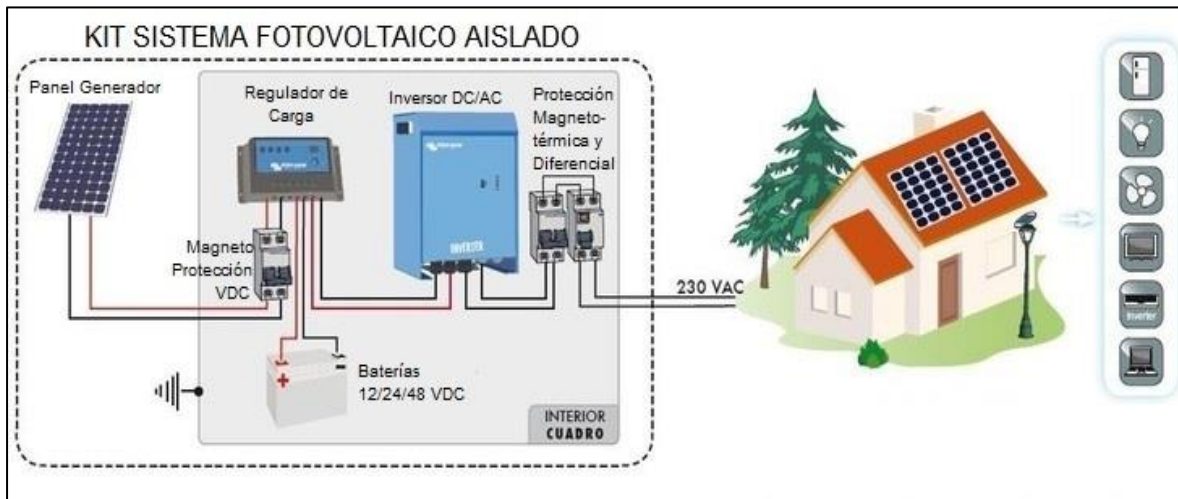


Figura 22. Componentes de una instalación fotovoltaica.

## **CAPÍTULO III**

### **3.1 Grado de electrificación de una vivienda**

Se conoce que el grado de electrificación es la potencia eléctrica recomendada para que pueda ejecutarse el funcionamiento de un determinado número de aparatos receptores de energía eléctrica que se utilizaran dentro de una vivienda, recalando que existen dos grados de electrificación, que dependiendo la cantidad de instalaciones y aparatos que desee utilizarse dentro de una vivienda pueden ser: grado de electrificación básica y grado de electrificación elevado. Dado que, se pretende diseñar un sistema fotovoltaico para viviendas aisladas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas, es preciso determinar el grado de electrificación indispensable para una vivienda, por consiguiente, y al revisar las dimensiones del proyecto de investigación se determinó que el grado idóneo es de electrificación básica.

#### **3.1.1 Grado de electrificación básica**

Este tipo de electrificación plantea la utilización mínima en el interior de una vivienda aislada, teniendo como objetivo primordial el abastecer de energía eléctrica básica y necesaria para el funcionamiento de algunos aparatos eléctricos, con la premisa de que no es necesario que se realice otro tipo de adecuación en lo futuro.

El grado de electrificación básico se plantea como el sistema mínimo, a los efectos de uso, de la instalación interior de las viviendas en edificios nuevos. Su objeto es permitir la utilización de los aparatos electro-domésticos de uso básico sin necesidad de obras posteriores de adecuación.

En este grado de electrificación se consideran circuitos internos que se desglosan detalladamente en los lugares destino en donde se pretende instalar los alimentadores o puntos

dentro de la vivienda aislada. A continuación, se detalla los circuitos referentes al grado básico de electrificación:

Tabla 6. Grados de electrificación básica.

Circuitos	Detalle
C1	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación.
C2	Circuito de distribución interna, se destina a tomas de corriente de uso general y frigorífico.
C3	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno.
C4	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar lavadora, lavaplatos y termo eléctrico.
C5	Circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares del cuarto de cocina.

Tomado de (Miceti, 2021, párr. 1-5).

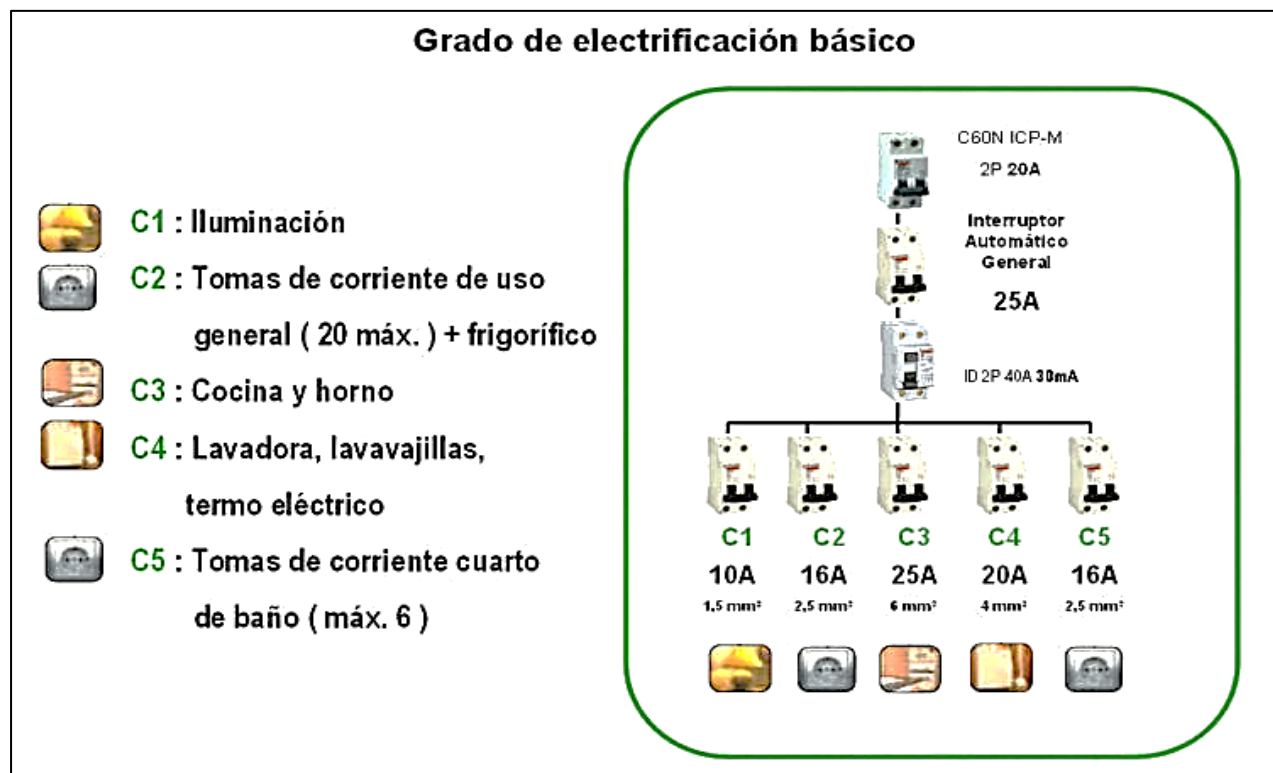


Figura 23. Implicaciones del nuevo reglamento de la baja tensión en vivienda. Fuente: (Miceti, 2021, párr. 1-5)

Puede observarse al detalle las implicaciones reglamentarias del grado de electrificación básica para viviendas, En este sentido, la instalación eléctrica de una vivienda con grado de electrificación básica solo podría soportar una potencia de suministro no inferior de 5750 W a 230 V” (Ingemecánica, 2021), lo que representaría un Calibre de Interruptor General Automático (IGA) de 25 A, destacando que esta capacidad de electrificación es la recomendada independientemente de la potencia eléctrica que se contrata con el servidor local de electricidad local y no debe pasar de los 7360 W de potencia y un IGA de 32 A.

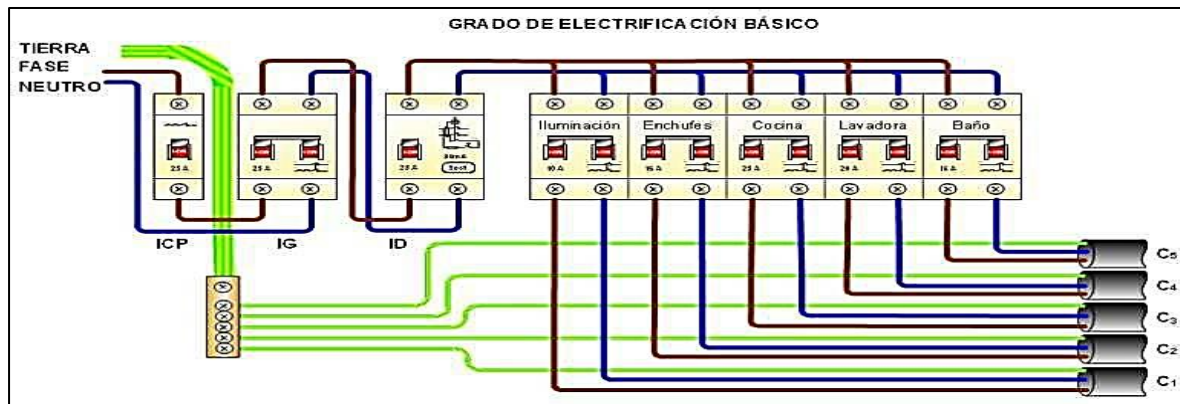


Figura 24. Componentes tierra, fase y neutro del grado de electrificación básica para una vivienda. Fuente: (Miceti, 2021, párr. 1-5)

En la siguiente gráfica puede observarse el cableado que referencia a la instalación eléctrica, en donde se puede observar los términos: Tierra, Fase y Neutro, en donde la Tierra “Hace referencia al conductor que lleva la función de proteger y conducir posibles sobretensiones a tierra” (ONULEC, 2019), destacando que este no es un cable que conduzca corriente eléctrica; la Fase, que “Hace referencia al conductor activo, indicando que este si es un conductor que transporta la corriente eléctrica de forma normal desde la red hasta un conector, enchufe o interruptor, ya sea de una vivienda o de una oficina” (ONULEC, 2019); y por último se presenta al Neutro, el cual es un “Conductor potencial 0, cuya función principal es crear un desequilibrio, es decir, un diferencial de potencial que permita la existencia de corriente eléctrica por el conductor fase” (ONULEC,

2019), recalando que sin el Neutro es imposible que se produzca corriente eléctrica, salvo el caso que dicho diferencial de potencial se genera al utilizar de forma directa la Tierra. Se destaca que dentro del cableado que alimenta a cada circuito existe la protección correspondiente por medio del “Interruptor automático de corte omnipolar, con accionamiento manual (PIA) y por los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos” (Ingemecánica, 2021), situación que brinda la intensidad nominal establecida según el tipo de circuito y su aplicación.

### 3.2 Suministro monofásico en grado de electrificación básica

Se presenta en las tablas 8 y 9 los suministros monofásicos de contadores totalmente centralizados, que se sitúan en un mismo lugar dentro de la vivienda, partiendo de la longitud de la línea que forma la derivación individual (DI).

*Tabla 7. Suministro monofásico de electrificación básica con 5750 W con contadores totalmente centralizados ( $\Delta V \leq 1\%$ ).*

Cable		450/750 V		0,6/1kV (3 unipolares)		0,6/kV (1 tripolar)	
Longitud DI (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	ϕ tubo (mm)	S* efectiva canal (mm <sup>2</sup> )	ϕ tubo (mm)	S* efectiva canal (mm <sup>2</sup> )	ϕ tubo (mm)	S* efectiva canal (mm <sup>2</sup> )
≤14	6	40	236	40	560	40	618
≤23	10	40	388	40	744	40	789
≤38	16	40	551	40	975	50	1.179
≤59	25	50	874	50	1.283	50	1.558

\*Sección efectiva mínima de la canal o del compartimiento de la canal en donde su ubica la DI

Se ha desglosado los suministros monofásicos en los grados de electrificación básica con la finalidad de argumentar el suministro de energía de la corriente alterna (CA) requerida para la electrificación de una vivienda en su interior y los beneficios que posee este tipo de suministro a la hora de su implementación.

### 3.3 Instalaciones interiores para vivienda

#### 3.3.1 Número de circuitos, sección de los conductores y de las caídas de tensión

A continuación, se determinará los valores y las características eléctricas de los circuitos según las Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento Electrónico de Baja Tensión (ITC-BT 25) en este caso concreto.

Se recuerda que cada sección tiene un “Mínimo de circuitos, que está delimitada por un limitado número de puntos de utilización, en caso de necesitar aumentar el número de puntos a utilizar, deberán instalarse circuitos adicionales” (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2021, p. 163), destacando que cada componente “Tendrá asignada una corriente, que no debe ser mayor al valor de la intensidad prevista del receptor o receptores a conectar” (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2021, p. 163), en donde, la fórmula para el cálculo del valor de corriente y su respectiva intensidad predicha es la siguiente:

$$I = n * I_a * F_s * F_u$$

En donde:

*Tabla 8. Componentes que forman parte de la fórmula para el cálculo del valor de intensidad de corriente.*

<b><i>I</i></b>	Valor de la intensidad.
<b><i>n</i></b>	Número de tomas de receptores.
<b><i>I<sub>a</sub></i></b>	Intensidad prevista por toma o receptor.
<b><i>F<sub>s</sub></i></b>	Factor de simultaneidad, relación de receptores conectados simultáneamente sobre el total.
<b><i>F<sub>u</sub></i></b>	Factor de utilización, factor medio de utilización de la potencia máxima del receptor.

*Tomado de (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2021, p. 163)*

La tabla 8 permitió apreciar los valores de los circuitos eléctricos indispensables para la instalación eléctrica dentro de una vivienda, recalando que los tubos a utilizar sugeridos para este menester deben ser de cobre y que la caída de tensión alcance un nivel máximo del 3%.

*Tabla 9. Desglose de la asignación específica de cada uno de los circuitos descritos*

<b>Numeración</b>	<b>Detalle</b>
(1)	La tensión considerada es de 230 V entre fase y neutro
(2)	La potencia máxima permisible por circuito será de 5.750 W.
(3)	Diámetros externo según ITC-BT-19
(4)	La potencia máxima permisible por circuito será de 2.300 W
(5)	Este valor corresponde a una instalación de dos conductores y tierra de aislamiento de PVC bajo tubo empotrado en obra
(6)	En este circuito exclusivamente, cada toma individual puede conectarse mediante un conductor de sección 2,5 mm <sup>2</sup> que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm <sup>2</sup> .
(7)	Las bases de toma de corriente de 16 A 2p+T serán fijas del tipo indicado en la figura C2a y las de 25 A 2p+T serán de tipo indicado en la figura ESB-25-5ª, ambas de la norma UNE 20315
(8)	Los fusibles o interruptores automáticos no son necesarios si se dispone de circuitos independientes para cada aparato, con interruptor automático de 16 A en cada circuito.
(9)	El punto de luz incluirá conductor de protección
(10)	La potencia prevista por toma, los tipos de bases de toma de corriente y la intensidad asignada del interruptor automático para circuito C <sub>13</sub> se especifican en la ITB-BT-52.

*Tomado de (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2021, p. 164)*

En la tabla 9 se detalló los circuitos de utilización de los componentes de potencia, simultaneidad, utilización, puntos de utilización, tipos de toma, conductores y tubos según su diámetro que se permiten utilizar en instalaciones eléctricas de baja tensión dentro una vivienda, con la finalidad de estructurar eficientemente cada punto de utilización en cada lugar específico dentro de la vivienda, y con base en ello, poder determinar el grado de electrificación que será utilizado para el diseño de sistemas fotovoltaicos en viviendas aisladas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas.



Por consiguiente, en la siguiente tabla se detalla los puntos de utilización mínimos y necesarios para abastecer de electricidad cada segmento que tiene una vivienda.

*Tabla 10. Reglamento de los puntos mínimos dentro de los parametros de utilización.*

N° mínimo	Detalle
(1)	En donde se prevea la instalación de una toma para el receptor de TV, la base correspondiente deberá ser múltiple, en este caso se considerará como una sola base a los efectos del número de puntos de utilización de la tabla
(2)	Se colocarán fuera de un volumen delimitado por los planos verticales situados a 0,5 m del fregadero de la encimera de la cocina
(3)	La potencia prevista por toma, los tipos de base de toma de corriente, la intensidad asignada del interruptor automático para el circuito C <sub>13</sub> se especifican en la ITC-BT-52

*Tomado de (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2021, p. 163).*

Se establecieron y determinaron los parametros regulares que se requieren para definir el grado de electrificación para un tipo de vivienda, por consiguiente, se llega a la conclusión de que en las viviendas aisladas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas se debe instalar un grado de electrificación básico dadas sus características y necesidades.

### **3.4 Grados de electrificación para las viviendas aisladas en el sector Guayabal**

En los apartados anteriores se desglosó los grados de electrificación existentes y la carga eléctrica indispensable y funcional para instalaciones interiores en una vivienda, y con base en ello, se dispone las siguientes tablas que mostraran el tipo de uso, el grado de comodidad y las

necesidades energéticas que se requieren para dotar de electricidad a las viviendas ubicadas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo.

*Tabla 11. Suministro monofásico de electrificación básica con 5750 W para una vivienda en el sector guayabal, con contadores totalmente centralizados ( $\Delta V \leq 1\%$ ).*

Cable		450/750 V		0,6/1kV (3 unipolares)		0,6/kV (1 tripolar)	
Longitud DI (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	$\phi$ tubo (mm)	S* efectiva canal (mm <sup>2</sup> )	$\phi$ tubo (mm)	S* efectiva canal (mm <sup>2</sup> )	$\phi$ tubo (mm)	S* efectiva canal (mm <sup>2</sup> )
$\leq 14$	6	40	236	40	560	40	618
$\leq 23$	10	40	388	40	744	40	789
$\leq 38$	16	40	551	40	975	50	1179

*Elaborado por el autor.*

Las tablas 13 presenta las especificaciones del suministro monofásico de electrificación básica con 5750 W (lo requerido para viviendas con dimensiones menor a los 160m<sup>2</sup>) y los elementos que se prevé serán suficientes para que el sistema de electricidad pueda ponerse en funcionamiento, mientras que en la tabla 16 se determina el número de circuitos, tomas previstas, sus factores de simultaneidad, utilización y sus puntos toma que se utilizaran para proporcionar la corriente eléctrica básica que pondrá en ejecución los diferentes aparatos electrónicos y electrodomésticos indispensables para una mejora en la calidad de vida de os habitantes del sector Guayabal. En la siguiente tabla se presentará el número de lugares que se pretende abastecer con energía eléctrica y los mecanismos y la superficie que puede ser cubierta.

La especificación que determinaron la elección del grado de electrificación básica del suministro monofásico, las características eléctricas y los puntos de utilización fue dada debido al sector y la infraestructura de las viviendas aisladas, ya que, el terreno donde están asentadas las casas es irregular y pedregoso (invasiones en sector aislado de la urbe), su construcción es de madera y zinc y no cuentan con electricidad mínima, tan solo se abastecen con baterías para carro,

que les permite cargar algún aparato eléctrico y encender un televisor o una nevera (tan solo en dos casas hay nevera y televisor), utilizan el candil para iluminar la oscuridad y cada casa tiene una medida de 6\*8 m<sup>2</sup> separados por una distancia de 2 mts entre vivienda y vivienda, por lo tanto, el grado de electrificación determinado (básico) satisface todas las necesidades energéticas en el interior de cada hogar.

### **3.5 Marco legal ecuatoriano con respecto al sistema eléctrico**

La normativa ecuatoriana es categórica al referirse al sistema de electrificación y aprovisionamiento de este servicio en todo el territorio nacional, tal como lo reza el artículo 15 de la Constitución de la República del Ecuador al normar como ley la provisión tanto para el sector público como el privado “El uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto” (Gobierno de la República del Ecuador, 2008, pág. 12), dejando estipulado que la generación del servicio eléctrico es un patrimonio inalienable de todos los habitantes del país, sea cual sea su condición monetaria, social y lugar de residencia. El art 314 en su párrafo 2 fortalece esta ley dejando estipulado que el “Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad” (Gobierno de la República del Ecuador, 2008, pág. 98), situación que brinda la protección integral de los ecuatorianos con respecto a los servicios básicos como la energía eléctrica, sin embargo, en lugares aislados como es el caso del sector Guayabal en el cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas no se da esta protección estatal.

En la ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica en el Título I dentro de las disposiciones fundamentales el art. 1 tiene como objetivo y alcance “Garantizar que el servicio

público de energía eléctrica sea distribuido de forma equitativa, sostenible y eficaz a todas las viviendas dentro del territorio ecuatoriano de forma responsable, planificada, regulada, controlada y administrada por parte del Estado ecuatoriano” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2015, pág. 5a), lo cual deja establecido que la soberanía energética es un derecho nacional y que puede promover vías alternativas de gestionar fuentes de energías renovables siempre y cuando sean establecidas en base a los mecanismos de eficiencia de electrificación.

El artículo 2 especifica en su punto 5 que es importante “desarrollar mecanismos de promoción incentivando el aprovechamiento técnico y económico de recursos energéticos, con énfasis en las fuentes renovables” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2015, pág. 5b), logrando con ello que se fortalezcan sistemas de energía alternativa como la propuesta en el presente trabajo (energía fotovoltaica). El art 3 en la sección 9 solidifica el art 2 literal 5 recalando que las energías renovables que pueden considerarse son la hidráulica, eólica, **SOLAR**, geotérmica, biomasa, mareomotriz, nuclear, entre otras.

El art 26 y 30 acentúan la responsabilidad del Estado con respecto a las energías renovables no convencionales determinando la promoción del uso de tecnologías limpias y energías alternativas, permitiendo con ello respaldar la propuesta planteada en el presente trabajo de investigación con respecto al diseño de sistemas fotovoltaicos en viviendas aisladas del sector Guayabal en el cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas.

El art 63 que hace referencia al programa de energización rural “Dispone de forma prioritaria e inmediata el financiamiento y promoción de proyectos de desarrollo de la electrificación rural, en especial en zonas aisladas de los sistemas de distribución convencional” (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2015, pág. 19), avalando que el financiamiento de los valores anuales

de ese tipo de proyectos sean gestionados por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables ante el Ministerio de Finanzas, brindando con esta ejecución que las personas que habiten este tipo de sectores puedan acceder al servicio de electricidad de forma constante y eficiente.

### 3.5.1 resolución de la microgeneración fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica

Tabla 12. Regulación eléctrica para la instalación de sistemas fotovoltaicos.

Regulaciones	Descripción
Objetivo	Establecer las condiciones para el desarrollo, implementación y participación de consumidores que cuenten con sistemas de microgeneración fotovoltaica de $\mu$ SFV hasta 100kW de capacidad nominal instalada, ubicados en techos, superficies de viviendas (...)
Alcances	Esta regulación es aplicable (...), que decidan, previo al cumplimiento de requisitos, instalar un sistema de microgeneración fotovoltaica $\mu$ SFV con una capacidad nominal instalada de hasta 100 kW en medio y/o bajo voltaje, que operen en sincronismo con la red, cuya producción sea autoconsumida en sus propias instalaciones y aporten eventuales excedentes a la red de distribución, en caso de que existan.
Sistema de microgeneración fotovoltaica $\mu$ SFV	Conjunto de equipos, compuesto generalmente por paneles fotovoltaicos, inversores, reguladores de carga y con o sin baterías o sistemas acumuladores, que permiten la captación de la energía solar para su conversión en energía eléctrica.
Características generales para consumidores que tengan interés en instalar $\mu$ SFV	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El proyecto debe conectarse con las redes de bajo o medio voltaje de la empresa de distribución, según el esquema en figura 32.</li> <li>2. El interesado debe ser dueño del inmueble.</li> <li>3. El diseño del <math>\mu</math>SFV tiene como objetivo reducir el consumo de energía de la red.</li> <li>4. La instalación <math>\mu</math>SFV está condicionada a la emisión de factibilidad de conexión de la empresa distribuidora.</li> <li>5. La capacidad nominal instalada del <math>\mu</math>SFV no podrá ser mayor a 100Kw.</li> </ol>

Tomado de (ARCONEL, 2018, pp. 2-3-4-5)

La resolución del directorio de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) permite a los ciudadanos que por determinada circunstancia (en este caso concreto por la falta de abastecimiento eléctrico) optar por la instalación de sistemas fotovoltaicos, que les

permita dotarse de electricidad en sus viviendas y abonen valores económicos inferiores al tarifario tradicional del sistema de electrificación pública.

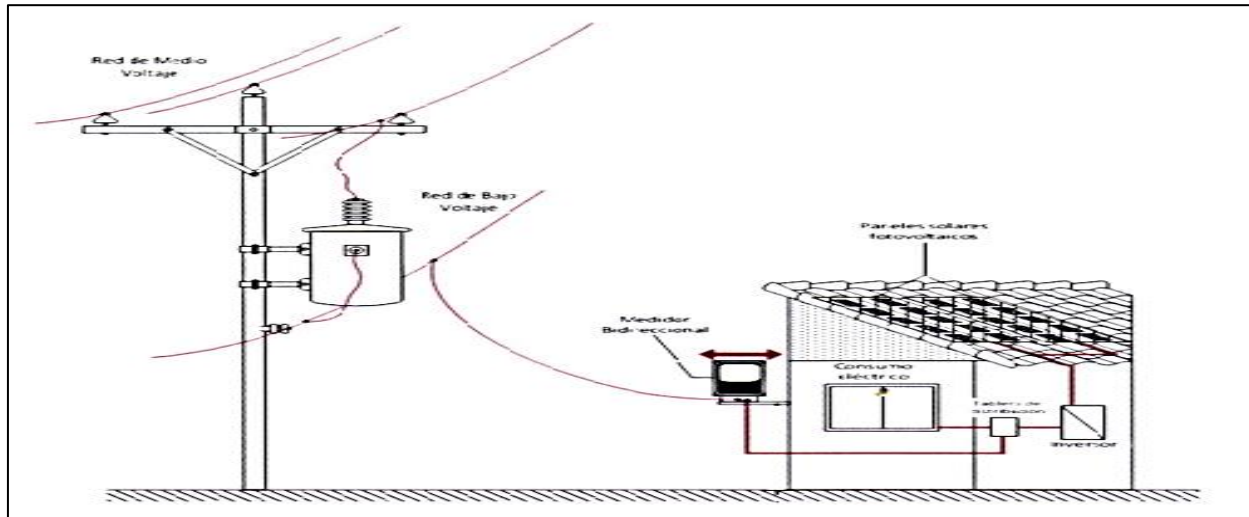


Figura 25. Esquema de instalación  $\mu$ SFV. Tomado de (ARCONEL, 2018, pp. 2-3-4-5)

### 3.6 Expectativas de los moradores del sector con respecto al sistema fotovoltaico

Luego de que se determinó el grado de electrificación idóneo para que pueda implementarse en el interior de cada vivienda en el sector Guayabal las instalaciones eléctricas con sus respectivos circuitos válidos para que pueda soportar la corriente eléctrica del proveedor de energía (se pretende que sea el sol que provea de energía cada vivienda), se realizó en el sector una investigación de campo basada en la metodología descriptiva no experimental Transeccional de desarrollo cuantitativo y cualitativo recogiendo por medio de encuestas las expectativas que tienen los moradores con respecto a la propuesta planteada en el presente trabajo de investigación de incorporar dentro de la zona sistemas fotovoltaicos (energía solar) que les permita abastecerse de tan preciado servicio, que en la actualidad y desde que se conformaron como sector dentro del cantón San Lorenzo no logran tener acceso a sus beneficios.

### 3.6.1 Resultados obtenidos de las encuestas

Tabla 13. Tiempo que habitan las familias en el sector Guayabal

1. ¿Hace cuantos años habita en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo?	Encuestados	Porcentaje
No más de 1 año	5	33,33%
De 1 a 2 años	10	66,67%
De 2 años en adelante	0	0,00%
Total	15	100,00%

Elaborado por el autor

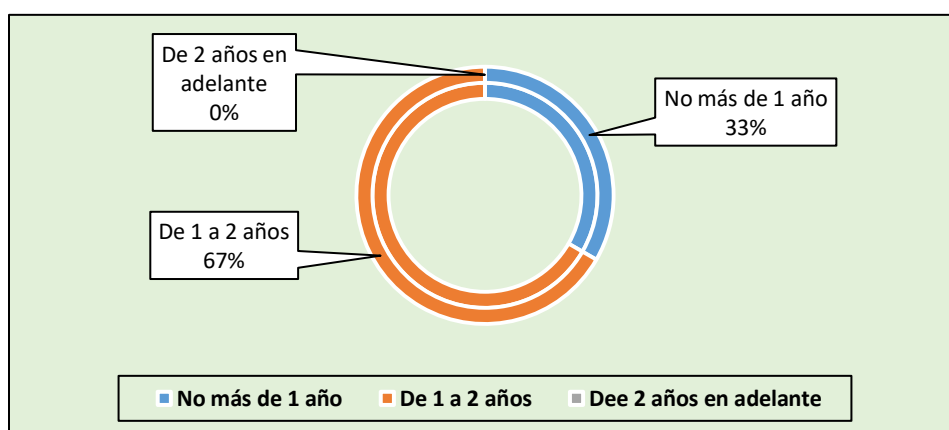


Figura 26. Tiempo que habitan en el sector las familias encuestadas

Se determina en la figura 26 que el 67% de los encuestados habita en el sector Guayabal entre 1 y 2 años, el 33% indicó que lleva menos de 1 año viviendo en el sector, mientras que el 0% tiene más de 2 años habitando en el sector.

Tabla 14. Existencia de energía eléctrica en el sector Guayabal.

2. ¿Cuenta con energía eléctrica dentro de su vivienda?	Encuestados	Porcentaje
Sí	0	0,00%
No	15	100,00%
Total	15	100,00%

Elaborado por el autor

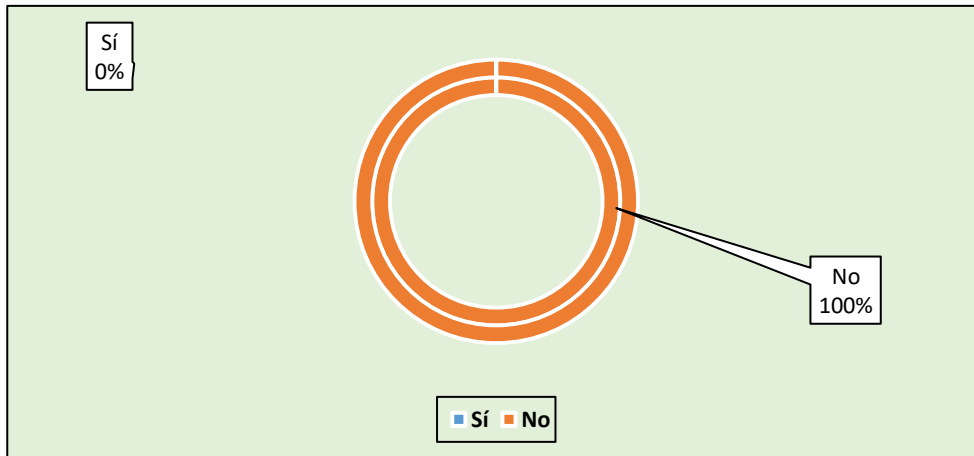


Figura 27. Existencia porcentual de energía eléctrica dentro del sector Guayabal. Elaborado por el autor

Puede apreciarse en la figura 27 el 100% de los encuestados respondió que dentro del sector no existe energía eléctrica.

Tabla 15. Expectativas de los habitantes del Guayabal con respecto a la necesidad de energía eléctrica.

3. ¿Desearía que en su vivienda exista abastecimiento de energía eléctrica?	Encuestados	Porcentaje
Sí	15	100,00%
No	0	0,00%
Total	15	100,00%

Elaborado por el autor.

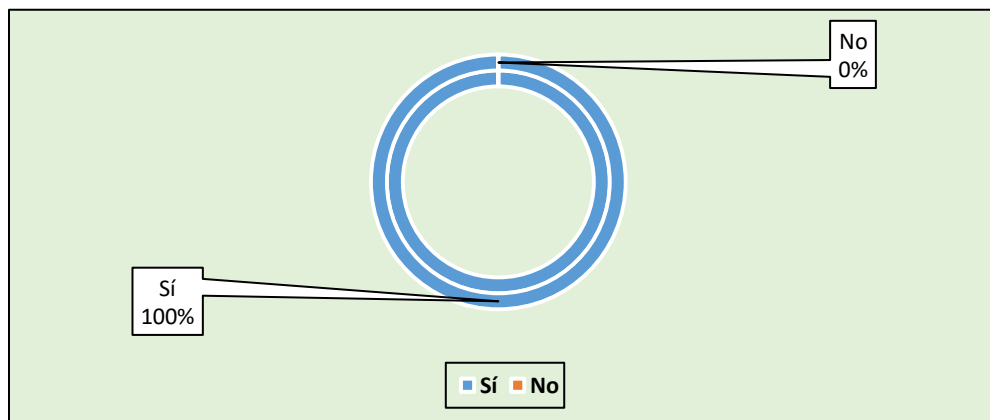


Figura 28. Necesidad energética de los moradores de Guayabal. Elaborado por el autor



La respuesta ofrecida por los moradores del sector Guayabal en el cantón San Lorenzo en la figura 28 permite observar que el 100% de los encuestados desea que en su sector exista abastecimiento de energía eléctrica.

Tabla 16. Conocimiento sobre las energías renovables.

4. ¿Ha escuchado sobre energías renovables?	Encuestados	Porcentaje
Sí	5	33%
No	9	60%
Algo he escuchado	1	7%
Total	15	100%

Elaborado por el autor.

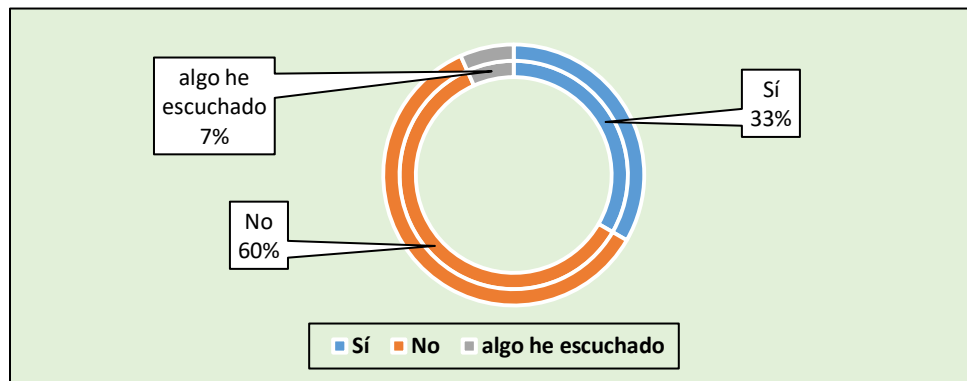


Figura 29. Conocimiento sobre las energías renovables. Elaborado por el autor.

En la figura 29 puede apreciarse que un 60% de los encuestados no conocía sobre las energías renovables, el 33% aseguró que, si tenía conocimiento, mientras que el 7% aseveró que algo había escuchado sobre las energías renovables.

Tabla 17. Conocimiento sobre las propiedades del sol.

5. ¿Usted sabía que el sol podría abastecer de energía eléctrica una vivienda?	Encuestados	Porcentaje
Sí	4	27%
No	11	73%
Total	15	100%

Elaborado por el autor.

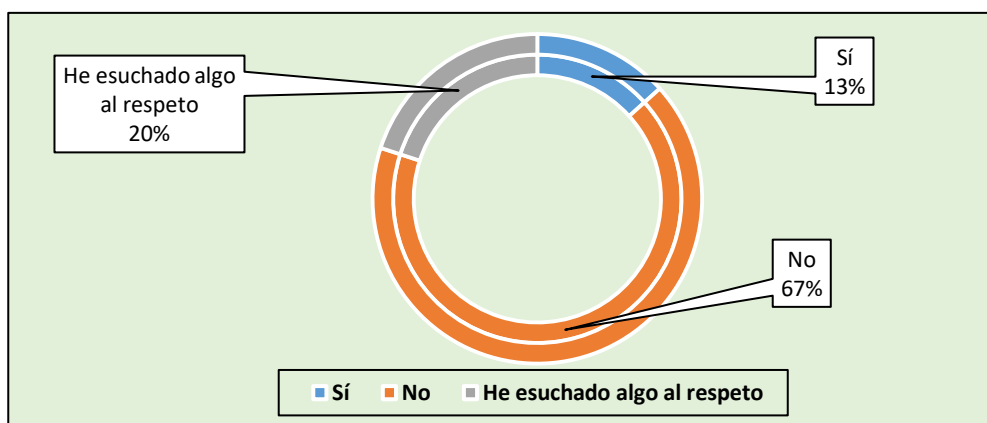


Figura 30. Propiedades del sol. Elaborado por el autor.

Puede observarse en la figura 30 que el 67% de los encuestados no conocía que el sol podría abastecer de energía eléctrica a una vivienda, el 20% contestó que habían escuchado al respecto de esta propiedad del sol, en tanto que el 13% respondió que sí han escuchado de estas propiedades del recurso sol.

Tabla 18. Conocimiento sobre los sistemas fotovoltaicos.

6. ¿Ha escuchado sobre sobre los sistemas fotovoltaicos?	Encuestados	Porcentajes
Sí	2	13%
No	10	67%
Algo he escuchado	3	20%
Total	15	100%

Elaborado por el autor.

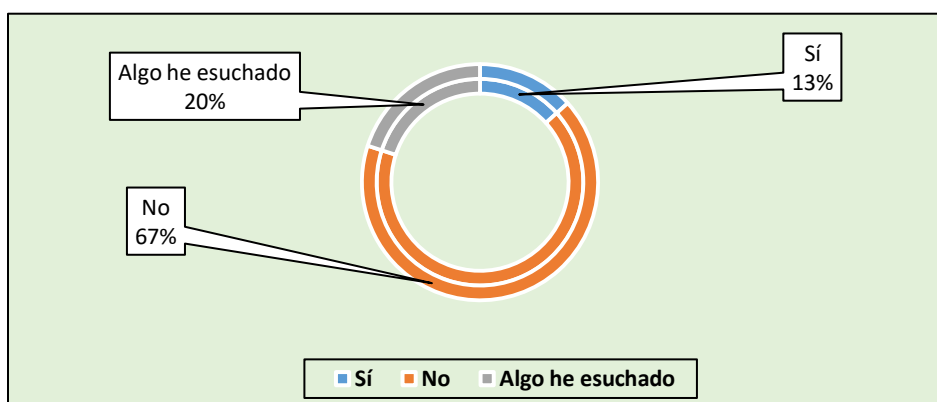


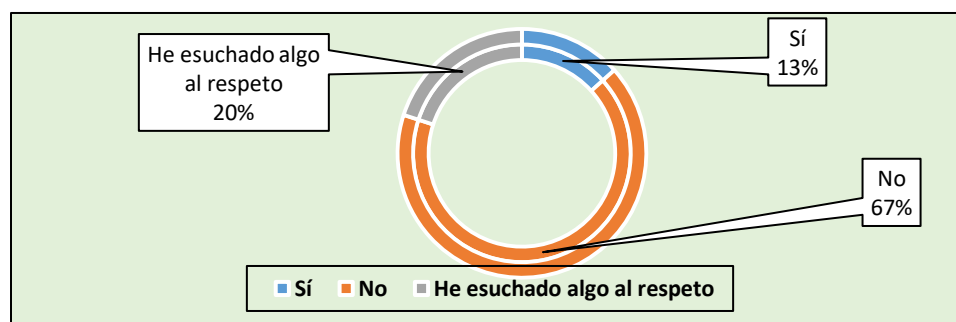
Figura 31. Sistemas fotovoltaicos. Elaborado por el autor.

Se puede observar en la figura 31 que del 100% de las personas encuestadas el 67% no conocía acerca de los sistemas fotovoltaicos, el 20% respondió que algo conocían y el 13% supo indicar que si tenían conocimiento de los sistemas fotovoltaicos.

*Tabla 19. Propiedades de los sistemas fotovoltaicos.*

7. ¿Conocía que este tipo de sistema fotovoltaico podría abastecer de energía eléctrica una vivienda gracias a la ayuda del sol?	Encuestados	Porcentaje
Sí	2	13%
No	10	67%
He escuchado algo al respecto	3	20%
Total	15	100%

*Elaborado por el autor.*



*Figura 32. Propiedades de los sistemas fotovoltaicos. Elaborado por el autor.*

La figura 32 permite observar que el 67% de los encuestados no tiene conocimiento sobre las propiedades de los sistemas fotovoltaicos, un 20% aseguró que, si ha escuchado sobre ellos, en tanto que un 13% si conoce de sus propiedades.

*Tabla 20. Posibilidades de instalar sistemas fotovoltaicos en el sector Guayabal*

8. Si existiera la posibilidad que dentro de su sector se instalara este tipo de sistema fotovoltaico para que pueda abastecerse de energía eléctrica ¿Estaría de acuerdo que se instalen en su vivienda?	Encuestados	Porcentaje
Completamente de acuerdo	13	87%
Medianamente de acuerdo	1	7%
No estoy de acuerdo	1	7%
Total	15	100%

*Elaborado por el autor*

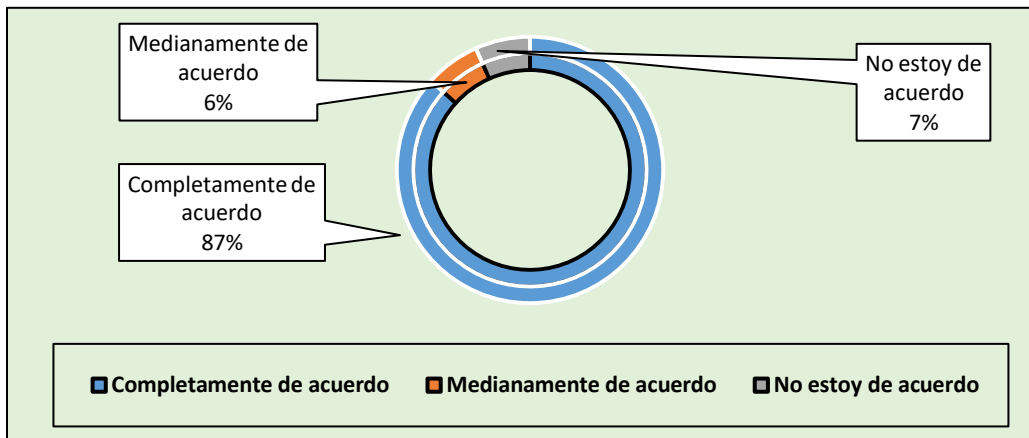


Figura 33. Posibilidades de instalar sistemas fotovoltaicos en el sector Guayabal. Elaborado por el autor.

Los resultados que muestra la figura 33 develan que un 87% de los moradores que habitan en el sector Guayabal están completamente de acuerdo que se instalen este tipo de sistemas fotovoltaicos en su sector, el 7% no está de acuerdo y el 6% confiesa estar medianamente de acuerdo.

Tabla 21. Expectativa ciudadana

9. ¿Usted cree que este tipo de proyectos deba ser implementado por las autoridades municipales	Encuestados	Porcentaje
Sí	13	87%
No	2	13%
Total	15	100%

Elaborado por el autor.

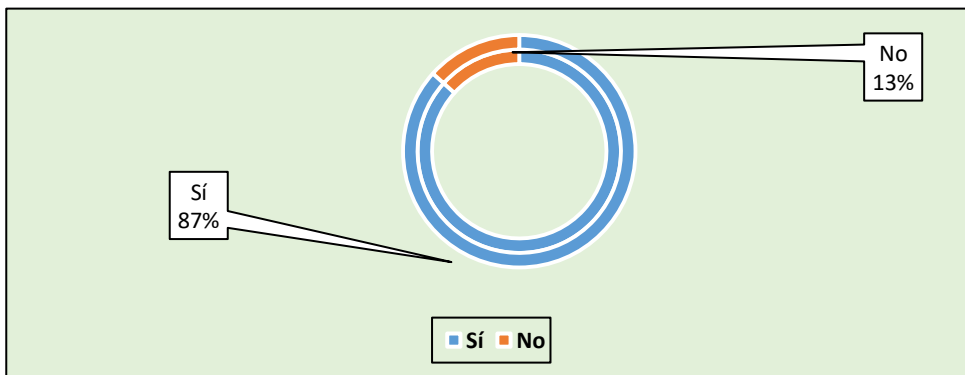


Figura 34. Expectativas ciudadanas. Elaborado por el autor.

Puede apreciarse en la figura 34 que los moradores del sector Guayabal están seguros en un 87% que las autoridades municipales deberían apoyar con este tipo de proyectos, en tanto que 31 13% no está de acuerdo con esta posibilidad.

Tabla 22. Mejoras en las condiciones de vida.

¿Cree usted que al contar con energía eléctrica dentro de su hogar podría mejorar sus condiciones de vida?	Encuestados	Porcentajes
Si lo creo	13	87%
No lo creo	2	13%
Total	15	100%

Elaborado por el autor.

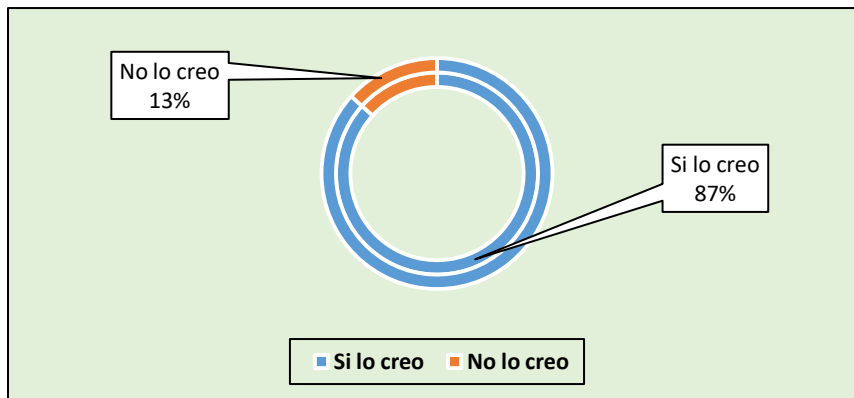


Figura 35. Mejoras en las condiciones de vida. Elaborado por los autores.

### 3.7 Conclusión de los resultados obtenidos

Una vez que se determinó el grado de electrificación óptimo y necesario para que se logre obtener un sistema eléctrico que permita transportar electricidad por medio de un sistema fotovoltaico, se puede asegurar que existe la base indispensable para continuar a la siguiente fase del proyecto, y empezar a diseñar un sistema fotovoltaico para viviendas aisladas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas. Con respecto a las encuestas realizadas a los 15 moradores cabezas de hogar dentro del Guayabal, se logró determinar que es indispensable que las viviendas aisladas en dicho sector puedan contar con el abastecimiento de electricidad, dadas las condiciones de vulnerabilidad en las que viven hasta la actualidad.

## CAPÍTULO IV

### 4.1 Diseño de un sistema fotovoltaico para viviendas aisladas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas

Se empieza con la identificación de la incidencia solar en el Ecuador y su respectiva irradiación solar global Horizontal (GHI) anual, con la finalidad de determinar el valor de kWh/m<sup>2</sup> con el que se trabajará durante los 12 meses del año para garantizar que el diseño de sistema fotovoltaico logre cubrir con eficiencia y eficacia la demanda requerida de electrificación.

#### 4.1.1 Irradiación Solar Global Horizontal

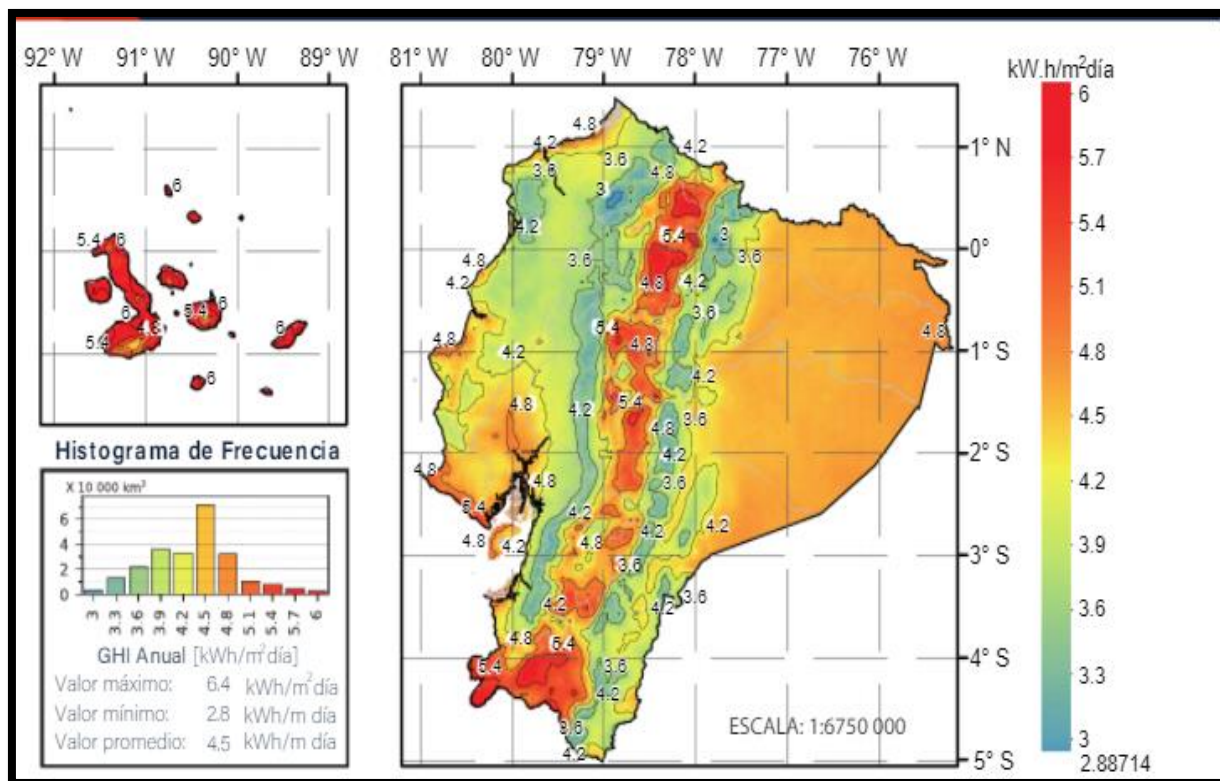


Figura 36. Irradiación solar global horizontal en el Ecuador. Tomado de Mapa Solar del Ecuador (Ingeniería Verde, 2019).

Puede apreciarse que la GHI Anual ( $\text{kWh}/\text{m}^2\text{día}$ ) tiene un valor máximo de  $6,4 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{día}$  y un valor mínimo de  $2,8 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{día}$ , dando como resultado promedio el  $4,5 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{día}$ , de incidencia solar al año. Como puede observarse en el mapa solar la provincia de Esmeraldas tiene una GHI entre  $4,2$  y  $4,8 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{día}$ , lo que representaría un promedio de  $4,5 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{día}$ , por consiguiente, la propuesta del diseño de un sistema fotovoltaico será trabajada con el valor promedio establecido.

#### 4.1.1.1 Información geográfica fotovoltaica (FV) del cantón San Lorenzo

En el siguiente apartado se presenta la referencia geográfica fotovoltaica que presenta el cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas en relación al rendimiento de un sistema FV autónomo. A continuación, se presente la ubicación geográfica del cantón San Lorenzo:

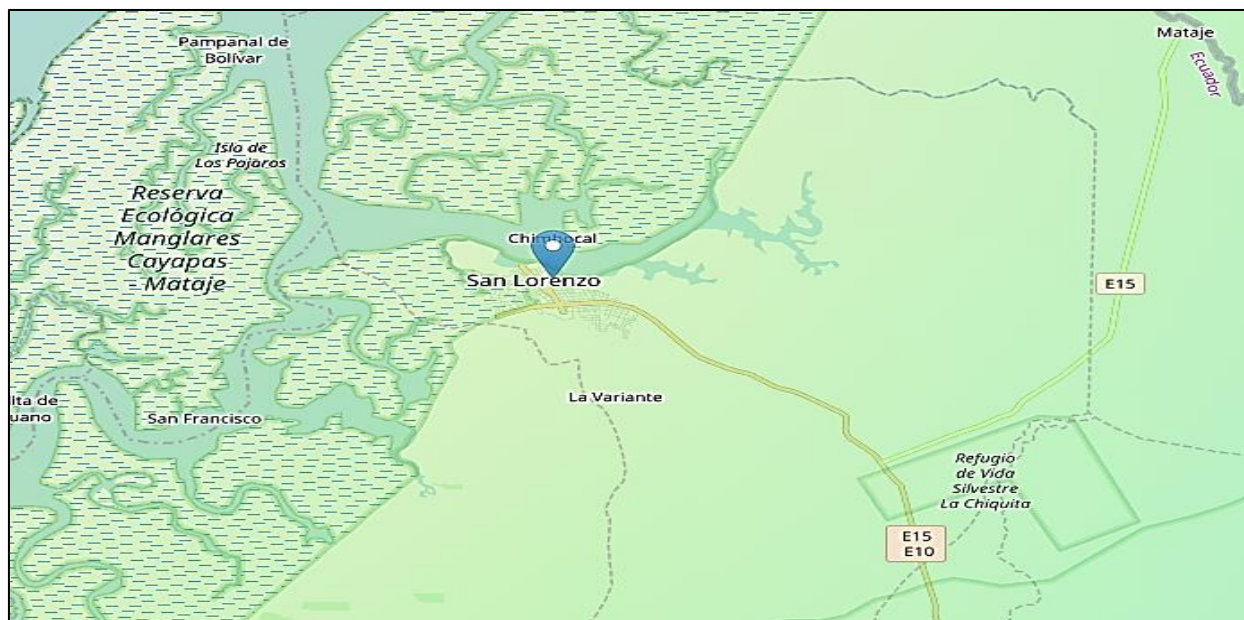


Figura 37. Ubicación geográfica del cantón San Lorenzo con relación a la incidencia fotovoltaica. Tomado de (European Commission, 2019).

#### 4.1.1.2 Rendimiento de un sistema fotovoltaico autónomo en el cantón San Lorenzo

Se muestran en la siguiente tabla los resultados obtenidos del rendimiento de un sistema fotovoltaico autónomo como punto de referencia promedio para establecer el rendimiento

promedio que puede obtenerse al diseñar un sistema fotovoltaico en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo:

Tabla 23. Resumen del rendimiento promedio de un sistema fotovoltaico autónomo.

Datos proporcionados:	
Localización [Lat/Lon]:	1.288, -78.833
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-NSRDB
FV instalada [Wp]:	50
Capacidad de la batería [Wh]:	600
Limitador de descarga [%]:	40
Consumo diario [Wh]:	300
Ángulo de inclinación [°]:	35
Orientación de los módulos [°]:	0
Resultados de la simulación:	
Porcentaje de la batería cargada [%]:	0
Porcentaje de la batería descargada [%]:	99.95
Energía media no capturada [Wh]:	0
Energía media que falta [Wh]:	168.97

Tomado de (European Commission, 2019)

#### 4.1.1.3 Producción estimada para un sistema fotovoltaico autónomo

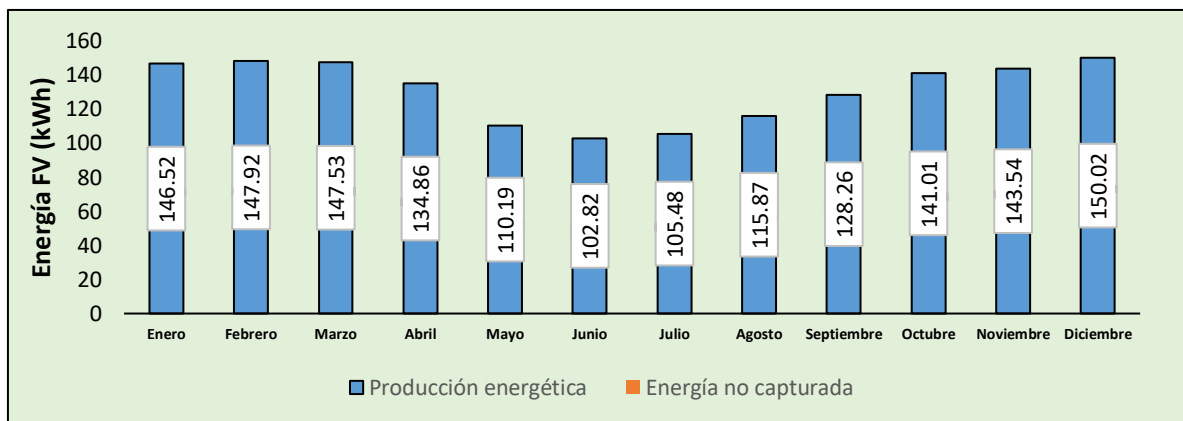


Figura 38. Producción energética y energía no capturada de un sistema fotovoltaico autónomo. Tomado de (European Commission, 2019).

En la figura 44 puede observarse el rendimiento de un sistema FV autónomo y los resultados obtenidos mensualmente, donde claramente se destaca que existe un 0% kWh de energía no



capturada en este tipo de sistemas fotovoltaicos, proporcionado con ello un mejor desempeño del abastecimiento puro de energía solar a un tipo de viviendas aisladas.

#### **4.1.2. Evaluación estimada de energía para los aparatos que serán abastecidos de electricidad a través del diseño de un sistema fotovoltaico**

En esta sección se realizó los cálculos estimados de consumo de los aparatos eléctricos que se utilizarán dentro de las viviendas del sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas, por consiguiente, se procede al cálculo del valor de la intensidad que se les asignó a los receptores a conectar:

Fórmula:

$$I = n * I_a * F_s * F_u$$

Determinada la fórmula se procede al cálculo de cada circuito de utilización:

1. C<sub>1</sub>  
Iluminación

$$I = 5 * 200 * 0,75 * 0,50$$
$$I = 375$$

2. C<sub>2</sub>  
Tomas de uso general

$$I = 2 * 3450 * 0,20 * 0,25$$
$$I = 863$$

3. C<sub>3</sub>  
Cocina

$$I = 1 * 5400 * 0,50 * 0,75$$
$$I = 2,025$$

4. C<sub>4</sub>  
Televisor

$$I = 1 * 400 * 0,66 * 0,75$$
$$I = 198$$

- C<sub>4</sub>  
Nevera

$$I = 1 * 200 * 0,66 * 0,75$$

$$I = 99$$

5. C<sub>5</sub>  
Baño

$$I = 1 * 3450 * 0,40 * 0,50$$

$$I = 690$$

Realizados los cálculos previstos para estipular el valor total de la intensidad requerida para los receptores a conectar se logró una evaluación de:

$$It = 375 + 863 + 2.025 + 198 + 99 + 690$$

$$It = \mathbf{4.250}$$

El valor de la intensidad prevista para alimentar los circuitos de alimentación tomó un valor de 4250 A de intensidad. Se procede a calcular los valores estimados de varios equipos de uso básico que se necesitaran implementar dentro de las viviendas aisladas con su respectivo consumo de energía. Se consideró los equipos que los habitantes indicaron son necesarios dentro de sus hogares, bombillas de luz de 100 W, televisor de 70 W, nevera 200 W al 50%, celulares 60 W, radiograbadora 15 W. En primera instancia de consideraron 5 bombillas 1 televisor, 2 celulares, 1 nevera y 1 radiograbadora, en donde, se previó que las bombillas estén encendidas unas 4,6 horas al día, el televisor 4 horas al día, celulares 3 horas de carga al día, la nevera 24 horas y la radiograbadora 4 horas diarias. Habiendo establecido los Wattios, las horas de consumo y el aparato a utilizar se procede a realizar los respectivos cálculos:

*Tabla 24. Cálculo de los consumos estimados de los equipos a utilizar.*

Equipos	Cantidad	Wattios	Horas uso	Total Wh
Bombillas	3	100	4,5	1350
Televisor	1	70	3,5	245
Toma corriente	2	22	5	220
Nevera	1	100	4	400
Radiograbadora	1	15	4	60
Total				2275Wh

*Elaborado por el autor.*

El cálculo efectuado permitió establecer que el consumo estimado diario de todos los de los equipos dentro de la vivienda es de 2275 Wh, que según la referencia teórica no es mayor que el valor calculado de la intensidad, cual dio como resultado 4250.

Se aplicó un 78% de rendimiento previsto de la instalación, con el afán de Calcular la energía idónea para abastecer la demanda de energía eléctrica dentro de cada vivienda. Como el total de consumo diario estimado se estableció en 4200 Wh/día, el total de energía necesaria (Ten) es:

$$Ten = \frac{\text{Total de consumo diario estimado}}{\text{Rendimiento de la instalación}}$$

$$Ten = \frac{2275}{0,78}$$

$$Ten = 3.033Wh/día$$

Para los cálculos respectivos en la determinación de la cantidad de paneles solares se redondeó a 3033 Wh/día total de energía que se requiere para cubrir la demanda de electricidad en cada vivienda del sector Guayabal.

#### **4.1.2.1 Optimización del uso de los paneles solares para el diseño fotovoltaico en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo**

Para determinar la cantidad de paneles solares necesarios en el diseño de un sistema fotovoltaico se debe conocer el valor de la irradiación solar promedio para saber de buena tinta el número de módulos que se recomienda utilizar para instalaciones fotovoltaicas de uso diario, por lo tanto, y a manera didáctica se considerará el valor establecido en el apartado **4.1.1** en donde se registró una ponderación estimada de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>día (HSP) de irradiación solar. En las indiciones

técnicas del presupuesto establecido en la presente investigación se consideraron paneles solares de 150 W de silicio Policristalino, sin embargo, por motivos de rendimiento y calidad se planteará usar módulos de 240 W con un rendimiento de trabajo del 90%, en los primeros 10 años y del 80% a los 25 años, valores que facilitarán la obtención del número de paneles idóneos para las viviendas aisladas del sector Guayabal.

Se aplicará la formula siguiente para instalaciones de uso diario en viviendas aisladas:

$$Nmd = (energía\ necesaria) / (HSP * rendimiento\ de\ trabajo * potencia\ pico\ del\ módulo)$$

Nmd: Número de módulos

HSP: Hora Solar Pico 4,5 kWh/m<sup>2</sup>día

Energía necesaria: 5.750 W

Potencia pico del módulo: 240 W

Rendimiento de trabajo: 0,9

Determinada la ecuación se procede a realizar los cálculos respectivos:

$$Nmd = (5.750) / (4,5 * 0,90 * 240)$$

$$Nmd = (5,750) / (972)$$

$$Nmd = 5,9 = 6\ paneles$$

Realizados los cálculos respectivos, se llegó a la conclusión de que serán necesarios 6 paneles solares de 240 W cada uno.



Figura 39. Ubicación de los 6 paneles solares con un ángulo de inclinación de 35°.

### 4.1.3 Elementos necesarios para el diseño de un sistema fotovoltaico aislado

ITEM	DESCRIPCION	ILUSTRACION
1	6: Panel Solar (240W- Poli cristalino)	
2	1: Rectificador	
3	1: Inversor solar (2KVA de 24V).	
4	1 Batería de Ciclo Profundo 24 Voltios ( 150 Amperios)	
5	10 mts: Cable 3x18 (fotovoltaico) para instalaciones domésticos	
6	Cable ETHERNET	
7	Regulador de carga solar MPPT	

Tabla 25. Elementos a considerar para el diseño de un sistema fotovoltaico. Elaborado por el autor.

En los apartados anteriores se dejó establecido el total de energía necesaria por día, el número de paneles idóneos y el grado de electrificación básico que brinde las comodidades y necesidades energéticas para dotar de electricidad a los aparatos que pueden utilizar los habitantes del sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas, y con base en ello, permitirles abastecerse de este servicio indispensable para su desarrollo integral y comunitario.

A continuación, se fijarán los valores del cálculo de baterías, regulador de carga, la intensidad del consumo, el inversor, el rectificador, la selección de los cables y las terminales para conectar los paneles solares.

#### **4.1.3.1 Cálculos para la capacidad de acumulación de la batería**

Se ha considerado por motivos de abastecimiento, sostenibilidad, seguridad, almacenamiento y precio las baterías de ciclo profundo, dado que, sus características encuadran acertadamente para este tipo de diseños fotovoltaicos, por tal motivo, se presentan los respectivos cálculos para conocer la capacidad de acumulación y autonomía deseada:

Fórmula:

$$CB = (EN * DA) / (V * PDB)$$

En donde:

CB: Capacidad de la Batería

EN: Energía Necesaria

DA: Días de autonomía

V: Voltaje

PDB: Profundidad de descarga de la batería

La energía necesaria para cubrir la demanda diaria quedó determinada en 2275 Wh/día; los días de autonomía que se estiman para el abastecimiento de electrificación de cada vivienda es de 7 días; se evaluó batería de ciclo profundo de 24 V, con una profundidad de descarga del 55%, obteniendo el siguiente resultado:

$$CB = (2275 * 7)/(24 * 0,55)$$

$$CB = 1206 Ah (c100)$$

Se obtuvo una capacidad de acumulación de la batería de 1206 Ah (c100), recalando que este valor c100 indica que se irá suministrando ciclos de carga de 100 horas por la capacidad total de la batería, logrando con ello un mejor rendimiento en la distribución de energía en cada una de las viviendas aisladas del sector Guayabal.

#### **4.1.3.1.1 Baterías necesarias para el diseño del sistema fotovoltaico**

Una vez que se ha realizado los cálculos de la capacidad de la batería en Amperios-hora (Ah) se precisa conocer la cantidad de baterías que se necesitaran para el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico, por tal motivo, se presenta a continuación lo siguiente:

Fórmula:

$$N_b = \frac{C_r}{C_b}$$

$N_b$  = Número de baterías

$C_r$  = Capacidad de energía requerida

$C_b$  = Capacidad de la batería en Ah

En dónde.

$$N_b = 2275/1206$$

$$N_b = 2$$

Se comprueba que la cantidad de baterías que se necesitan para dar un rendimiento óptimo y que el funcionamiento del sistema sea duradero son dos baterías.

#### 4.1.3.1.2 Regulador de carga

Se ha considerado un regulador de carga MPPT, dadas sus características y cualidades al momento de potenciar la extracción de los paneles solares a utilizar, dado que, “El controlador MPPT es capaz de medir la temperatura, resistencia eléctrica e irradiancia” (Auto Solar, 2018, párr. 4), y dadas estas capacidades y aporte superior al resto de reguladores de carga “El controlador de carga MPPT analiza el punto de máxima potencia para registrar la máxima potencia basándose en la detección de aumentos y reducciones de la tensión del generador fotovoltaico” (Auto Solar, 2018, párr. 4).

#### 4.1.3.1.3 Cálculo de la intensidad máxima de carga

Para conocer la Intensidad máxima de carga ( $I_{m\acute{a}x}$ ) se aplica la siguiente fórmula:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{\textit{Potencia total}}{\textit{Tensi3n (V) de la bater3a}}$$

El dise1o del Sistema fotovoltaico propone bater3as de 24 voltios y 6 paneles de 240 vatios, por lo que primero se calcula la potencia total:

*Potencia total = n3mero de paneles \* vatios que tiene el panel*

$$\textit{Potencia total} = 6 * 240$$

$$\textit{Potencia total} = 1440 \textit{ W}$$

Para obtener la Intensidad m3xima de la carga dividimos:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{1440 \textit{ W}}{24 \textit{ V}}$$

$$I_{m\acute{a}x} = 60 \textit{ amperios}$$



#### 4.1.3.2 Inversor de carga

Dado que se utilizará una tensión de 24 VDC (batería de 24 voltios en Corriente alterna), el modelo de inversor a utilizar es el de 2 KVA, que desarrollará las características reflejadas en la siguiente figura:

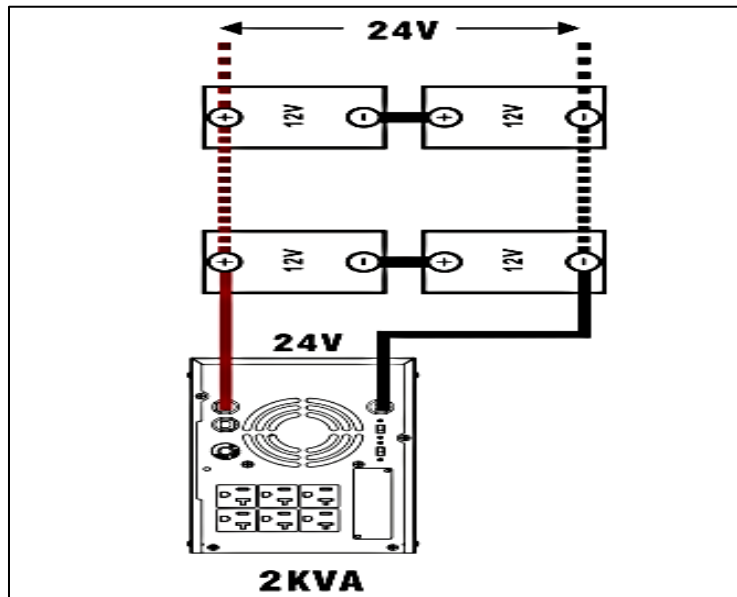


Figura 40. Modelo 2KVA trabajando con banco de batería de 24 V. Tomado de (Xmart by Integra, 2021, 10:37)

Considerando un inversor MPPT de 2KVA de 24 V para el diseño de la instalación fotovoltaica se presenta la equivalencia de la sección de cables:

Tabla 26. Cables y terminales recomendados para la instalación fotovoltaica

Modelo	Amperaje típico	Capacidad batería	Sección cable	Cable mm <sup>2</sup>	Terminal		Torque
					D (mm)	L (mm)	
2KVA 24 V	66 A	100 AH	1*6 AWG	14	6,4	29.2	2 ~ 3 Nm
		200 AH	2*10 AWG	8	6,4	23.8	

Tomado de (Monsolar, P. 6).

Se recomienda de manera precautelaría “Instalar un interruptor magnetotérmico entre las baterías y el inversor antes de conectar las baterías” (Monsolar, P. 6).



Figura 41. Interruptor magnetotérmico.

La implementación de este interruptor permitirá proteger la instalación del inversor cortando la corriente cuando los valores determinados sobrepasen lo establecido.

Tabla 27. Características de la protección magnetotérmica.

Características	Detalle
Corriente Nominal	Valor nominal del circuito
Corriente de disparo	Valor de corriente en el cual el interruptor se acciona. Unidad es el Amperio (A)
Tensión nominal	Es el valor de tensión del circuito
Poder de corte (kA)	Corriente máxima que el dispositivo puede interrumpir sin falla
Número de polos	1,2,3,4. Referente a la topología del sistema
Tipo de montaje	La especificación del interruptor es necesaria para fines técnicos de instalación
2 polos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fase + neutro (monofásico AC) o bien en DC.</li> </ul>
4 polos	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 fases + neutro.</li> </ul>

Tomado de (SesLab, 2015).

Como el diseño de sistema fotovoltaica pretende llevar un control de baja tensión, se recomienda que el interruptor magnetotérmico tenga un estándar IEC 60947-2.

Los inversores de carga permiten obtener una potencia aceptable al momento de su instalación y puesta en funcionamiento, otorgando niveles de eficiencia que satisfagan la demanda con respecto a la potencia requerida de dicho inversor, correlacionando la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada, en donde los valores estandarizados deben encontrarse en un rango entre el 90% y el 97%, en donde, como regla general, se debe considerar que la capacidad de batería mínima para el sistema de 24 V aproximadamente es del 10%.

Bajo estas especificaciones es recomendable que se utilicen inversores de carga que superen el 92% en eficiencia frente a la potencia prevista:

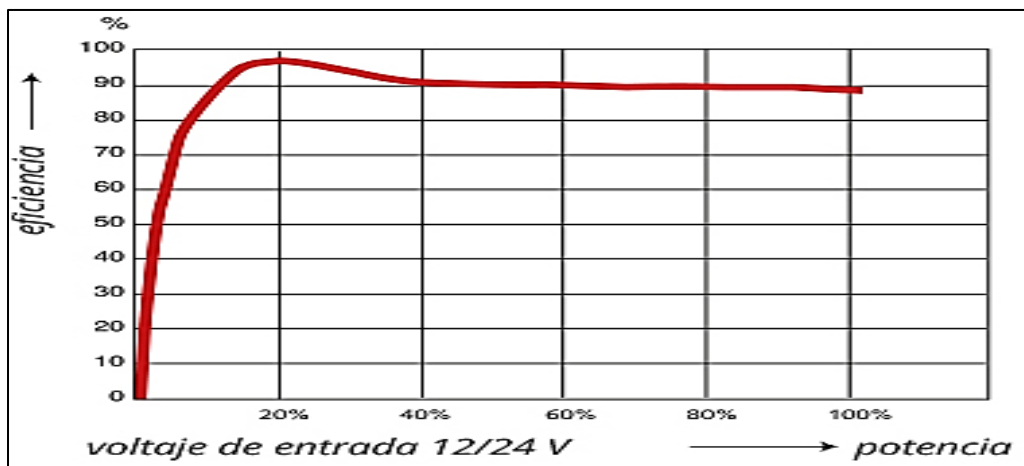


Figura 42. Eficiencia frente a potencia. Tomado de (Mastervolt, 23:54)

#### 4.1.3.3 Rectificador de carga

Dentro del diseño de un sistema fotovoltaico para viviendas aisladas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas se pretende emplear 1 rectificador de carga para que transforme la tensión alterna (AC) en continua (DC), con la finalidad de mantener la carga

de las baterías en condiciones idóneas. En este caso concreto se optará por un rectificador de onda completa, dado que, permitirá a las fuentes de alimentación de los equipos que se instalarán obtener una corriente continua que satisfaga las necesidades de aprovisionamiento de energía.

A continuación, se presentan los parámetros fundamentales en rectificadores de onda completa:

Tabla 28. Parametros en rectificadores de onda completa

Parámetros	Fórmula	Observaciones
Valor medio de la tensión	$V_{med.} = \frac{2 V_{m\acute{a}x.}}{\pi}$	Es la media aritmética de todos los valores instantáneos de la señal comprendidas en un intervalo (en este caso la mitad del período). Si se tiene en cuenta a tensión de la polarización directa del diodo, se tiene: $V_{med} = \frac{2 (V_{m\acute{a}x} - 0,7)}{\pi}$
Valor eficaz de la tensión	$V_{ef.} = \frac{V_{m\acute{a}x.}}{\sqrt{2}}$	Se puede comprobar el valor de tensión con un polímetro
Tensión máxima inversa del diodo	$V_R$	Este valor se obtendrá de la hoja de características del diodo. Debe ser igual, como mínimo. Al doble de la tensión máxima que proporciona el transformador.
Valor medio de la intensidad	$I_{med.} = \frac{V_{med.}}{R}$	Estos valores se obtienen aplicando la ley de Ohm a los valores de tensión. Dependen de la resistencia de carga del rectificador
Valor eficaz de la intensidad	$I_{ef.} = \frac{V_{ef.}}{R}$	

Información tomada de (MHeducación, 9:46).

Considerando los parámetros que se establecieron en la tabla 34 se determinara el valor medio de la tensión:

$$V_{med} = \frac{2 (V_{m\acute{a}x} - 0,7)}{\pi}$$

$$V_{med} = \frac{2 (24 - 0,7)}{3,14} = \frac{46,6}{3,14} = 14,8 \text{ V}$$

Luego de realizar el cálculo respectivo se obtuvo un valor medio de 14,8 V.

Para determinar la intensidad media se aplica la ley de Ohm, pero primero se calculará el valor de R (resistencia del conductor), a través de la fórmula:

$$R = P \frac{L}{A}$$

En dónde:

R: es la resistencia del conductor

P: la resistividad del material de que esta hecho el conductor ( $\Omega \cdot m$ )

L: longitud del conductor (m)

A: área de la sección transversal del conductor ( $m^2$ )

Para el diseño de la instalación del sistema fotovoltaico se considerará al cobre como material conductor, por ende, el coeficiente de temperatura de este material es  $1.72 * 10^{-8}$  (P), la longitud del conductor se toma el valor de 29.2 (L), en tanto que el área de la sección transversal del conductor se calculará de la siguiente manera:

$$A = \pi \frac{d^2}{4}$$

En donde  $d^2$  será:  $6,4^2=40.96$ , por consiguiente, se obtuvo el siguiente valor:

$$A = 3,14 \frac{40,96}{4} = A = 32,15 m^2$$

Una vez que se identificó el valor de (A) se procedió al cálculo del valor de R:

$$R = 1,72 * 10^{-8} \frac{29,2}{32,15} = R = 1,56 * 10^{-8}$$

Una vez que se calculó el valor de R, se procedió a realizar el cálculo del valor medio de la intensidad:

$$I_{med.} = \frac{V_{med.}}{R}$$
$$I_{med.} = \frac{14,8}{1,56 * 10^{-8}} = 0,0008948A$$

El valor de la intensidad media resultó 0,00008948A

#### 4.1.3.4 Cables para sistemas fotovoltaicos

Para el diseño del sistema fotovoltaico se ha estipulado utilizar cables para instalación doméstica, dado que, el trabajo se propone para una vivienda de 6\*8 mts<sup>2</sup>, por lo que se recomienda el cable solar TOPSLAR PV H1Z2Z2 1,571,5 /1,8) Kv DC, dadas sus excelentes características, las cuales se detallan a continuación:

Tabla 29. Cable fotovoltaico seleccionado

Características	Detalle
Prestación eléctrica fotovoltaica	Flexibilidad extrema
Cable solar	Libre de halógenos
Norma Europea	CPR: Cca – s1b, d2, a1
Certificación	TÜV y EN.
Vida útil	30 años a 90°C

Información tomada de (Top Cables, 12:03).

Se muestra un esquema en donde puede apreciarse la utilización del cable fotovoltaico doméstico:

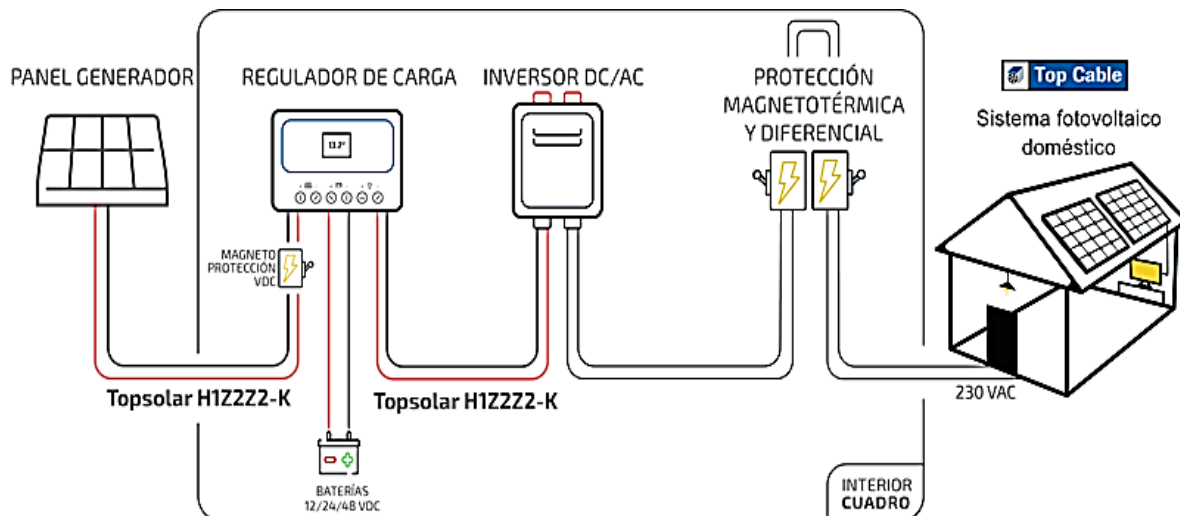


Figura 43. Esquema de la instalación de cables fotovoltaicos TOPSLAR PV H1Z2Z2 1,571,5 /1,8) Kv DC. Tomado de (Top Cables, 12:03).

Habiendo determinado los parámetros principales para el diseño del sistema fotovoltaico en viviendas aisladas en el sector Guayabal del cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas, se procede a desglosar las características de los equipos que se podrán emplear para la instalación fotovoltaica.

#### 4.1.4. Características de los materiales propuestos para el diseño fotovoltaico

##### 4.1.4.1 Panel fotovoltaico REC 24W 24V

Tabla 30. Características del panel fotovoltaico REC 240W 24 V

Características	Detalle
Potencia en Wattios	240W
Voltaje en circuito abierto	(Voc): 37V
Voltaje en el punto de máxima potencia	(Wmp): 29,9 V
Corriente de cortocircuito	(Impp): 8,6 A
Corriente nominal	(Impp): 8,04 A
Sistema de voltaje máximo	1000 VDC
Rendimiento	14,55%
Tolerancia	0%/+5%
Tipo de célula	Policristalino
Número de células	60
Dimensiones	1665*991*38 mm
Peso	18 Kg
Garantía contra defectos de fabricación	5 años
Vida útil	Se aspiran unos 15 a 20 años

Tomado de (Damia Solar, 14:43).

#### 4.1.4.2 Características de las baterías de ciclo profundo

Tabla 31. Características de batería deseada para la instalación

Características	Detalle
Modelo	RITAR dc 12150 12V 150Ah
Tipo de batería	Estacionaria, libre de manteniendo, de ciclo profundo, electrolito tipo AGM, Acido de plomo regulado por válvula VRLA
Aplicación	Fotovoltaica UPS
Peso aproximado	44.5 Kg
Dimensiones	48 (L)*240 (W)*170 (H)
Voltaje nominal	12VDC
Voltaje de flotación	13.6 to 13.8 VCC /unidad promedio a 25°C
Voltaje de ecualización	14,6 a 14,8 VCC/unidad promedio a 25°C
Capacidades nominales	150Ah a velocidad de 10 horas a 25oC
Máxima corriente de descarga	1500 A (5 segundos)
Límite de máxima carga recomendada	45 A
Rango de temperatura de operación	Descarga: -20° ~ 60°C-Carga 0°C ~50°C- Almacenamiento -20° ~60°C
Rango normal de operación	25°C ± 5°C
Autodesarga máxima a 25°C	No mayor al 3% 25°C
Tipo de terminales	F5/F12
Facilidad de transporte	Cada unidad tiene dos asas para manipulación y traslado
Certificado de calidad	ISO9001:2000/IEC
Garantía contra defectos	12 meses
Garantía de vida útil	Entre 84 y 120 meses

Información tomada de (RENOVA energía, 2021 15:51).

#### 4.1.4.2 Características del inversor solar

Tabla 32. Características del inversor solar 2KVA de 24V

Características	Detalle
Inversor de onda	Senoidal pura
Rango de tensión de entrada	Regulable a través de display
Inversor compatible	Con red o con generador
Protección frente a sobrecarga	Exceso de temperatura y corto circuito
Cargador de batería	Diseñado para la optimización del funcionamiento de la batería 20 <sup>a</sup> /30A

Tomado de (DCU Tecnologic, 2021. 10:42)



Tabla 33. Especificaciones del inversor solar 2KVA de 24V

Especificaciones	Detalle
Voltaje de salida	220VAC $\pm$ 5%
Frecuencia de salida	50 Hz o 60 Hz
Protección sobrecarga	5s @ $\geq$ 150% de carga; 10s @ $\geq$ 110% ~150% de carga
Tolerancia picos	2* potencia nominal durante 3 segundos

Tomado de (DCU Tecnologic, 2021, 10:42)

#### 4.1.4.3 Características del regulador de carga solar MPPT

Tabla 34. Características del regular de carga solar

Características	Detalle
Característica principal	Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia. Detección avanzada del punto de máxima potencia en caso de nubosidad parcial Excepcional eficiencia de conversión. Refrigeración por convección natural. Reconocimiento automático de la tensión de la batería. Algoritmo de carga flexible. Protección de sobre temperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Opciones de dimensiones	Adecuados para baterías de distinta tensión. Tensiones de carga desde 10 A hasta 100 A. Máximas tensiones Voc del conjunto FV entre 75V y 250 V. Se pueden usar múltiples cargadores en paralelo,
Opciones de terminal FV	TR. Un borde de tornillo positivo y otro negativo. MC4- 3 pares de conectores MC4 en paralelo

Tomado de (Genera tu propia energía, 2021, 11:08).

A continuación, se presenta la ficha técnica del regulador de carga MPPT:

Tabla 35. Ficha técnica del regulador de carga

Funcionamiento		Tensión de absorción	14,4/28,8 Vcc	Equipamiento y diseño	
Tensión del sistema	12/24 Vcc	Tensión de flotación	13,8/27,6 Vcc	Comunicación	VE Direct
Consumo propio	10 mA	Algoritmo de carga	multi etapa	Terminales	6 mm <sup>2</sup>
Datos de entrada CC		Compensación temp	-16 mV/°C	Grado de protección	IP65/IP22
Max potencia FV 12 V	135 w (15 a 70 Vcc)	Intensidad	10:00 a. m.	Dimensiones	100 x 113 x 40 mm
Max potencia Fv 24 V	270 w (30 a 70 Vcc)	Desconexión consumos bajo voltaje	11,1/22,2 o 11,8/23,6V	Peso	500 gr
Voltaje solar máximo	75 Vcc	Reconexión consumos bajo voltaje	13,1/26,2 V o 14/28 V	Montaje	Vertical s/ pared o interior solamente
Eficiencia pico	98%	Condiciones de uso		Normativa	
Datos de salida CC		Temperatura ambiente	-30 a + 60° C	Seguridad	EN 60335-1
Corriente de consumo	max 15 A	Humedad	100% sin condensación	Compatibilidad electromagnética	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3

Tomado de (Genera tu propia energía, 2021, 11:08)

#### 4.1.5 Cálculos técnicos para el estudio de carga de una vivienda aislada en el sector

##### Guayabal

El estudio realizado en la presente investigación determinó que para poner en funcionamiento un sistema de tecnología fotovoltaica se requiere de los siguientes aspectos:

##### 4.1.5.1 Potencia de cada circuito

$$\text{Potencia total 1} = 3 \times 100\text{w} = 300\text{w}$$

Potencia total 2 =  $2 \cdot 22\text{w} = 44\text{w}$

Potencia total 3 =  $1 \cdot 100\text{w} = 100\text{w}$

Potencia total 4 =  $1 \cdot 70\text{w} = 70\text{w}$

Potencia total 5 =  $1 \cdot 15\text{w} = 15\text{w}$

#### **4.1.5.2. Consumo diario de cada circuito**

Potencia total de circuito 1 =  $300\text{w}$

Número de horas =  $4,5$

Total =  $1350 \text{ w/h}$

Potencia total del circuito 2 =  $44\text{w}$

Número de horas =  $5$

Total =  $220 \text{ w/h}$

Potencia total del circuito 3 =  $100\text{w}$

Número de horas =  $4$

Total =  $400\text{w/h}$

Potencia total del circuito 4 =  $70\text{w}$

Número de horas =  $3,5$

Total =  $245\text{w/d}$

Potencia total del circuito 5 =  $15\text{w}$

Número de horas =  $4$

Total =  $60\text{w/d}$

#### **4.1.5.3 Potencia total instalada**

Potencia total de circuito 1 =  $300\text{w}$

Potencia total del circuito 2 =  $44\text{w}$

Potencia total del circuito 3 =  $100\text{w}$

Potencia total del circuito 4 =  $70\text{w}$

Potencia total del circuito 5 =  $15\text{w}$

#### **4.1.5.4 Consumo diario de la vivienda**

Consumo total del circuito 1 =  $1350\text{w/h}$

Consumo total del circuito 2 = 220w/h

Consumo total del circuito 3 = 400w/h

Consumo total del circuito 4 = 245w/h

Consumo total del circuito 5 = 60w/h

**Consumo total de la vivienda aislada = 2275w/h**

#### **4.1.6 Cálculo del consumo total del sistema**

Se empleará la ecuación 1 para determinar la potencia total del consumo de todo el diseño del sistema fotovoltaico para sistematizar la eficiencia de cada uno de los equipos que serán utilizados en el mismo:

$$L = \frac{Lcc}{nbat} + \frac{Lca}{nbat * ninv} \quad (1)$$

L = Medio de energía diario de consumo

Lcc = Consumo de energía diaria en corriente continua

Lca = Consumo de energía en corriente alterna

nbat = Rendimiento de la batería valores

ninv = Rendimiento del inversor

Se propone una eficiencia de los equipos del 90%, por lo cual se presentó el siguiente resultado.

$$L = \frac{0}{0,9} + \frac{2275}{0,9 * 0,9} \quad (1)$$

$$L = 2809 \text{ w/h}$$

#### **4.1.7 Dimensionamiento del panel solar**

El dimensionamiento para determinar el número de paneles o módulos solares que se necesitarían implementar para que cumpla la función de abastecer a una vivienda aislada del sector Guayabal es el siguiente:

$$Nmd = (energía\ necesaria) / (HSP * rendimiento\ de\ trabajo * potencia\ pico\ del\ módulo)$$

Nmd: Número de módulos

HSP: Hora Solar Pico 4,5 kWh/m<sup>2</sup>día

Energía necesaria: 5.750 W

Potencia pico del módulo: 240 W

Rendimiento de trabajo: 0,90

Determinada la ecuación se procede a realizar los cálculos respectivos:

$$Nmd = (5.750) / (4,5 * 0,90 * 240)$$

$$Nmd = (5,750) / (972)$$

$$Nmd = 5,9 = 6\ paneles$$

Tabla 36. Circuitos derivados para una vivienda aislada

Plantilla de circuitos derivados para las 15 viviendas aisladas								
Módulo	Circuito					Gasto		Servicio
Dato total	Ítem	Descripción	Cant	P.U	P.T	Horas	w/h	
Potencia AC instalada	1	Iluminación	3	100	300	4,5	1350	Alumbrado i. E.
	2	Toma corriente	2	22	44	5	220	Cargador de celular
	3	Nevera	1	100	100	4	400	Alimentación
	4	Televisor	1	70	70	3,5	245	Entretenimiento
	5	Radio grabadora	1	15	15	4	60	Entretenimiento
Cálculo del sistema fotovoltaico								
Consumo en corriente alterna							2275	w/h
Consumo en corriente continua							0	w/h
Eficiencia del inversor							0,9	
Consumo medio total							2809	w/h
Capacidad del sistema de batería							1206	Ah
Voltaje de la batería							24	V
Irradiación solar							4250	Wh/m <sup>2</sup>
Intensidad maxima de carga							60	Amperios
Total de energía necesaria							3033	wh/d

Elaborado por el autor.

Se establece como referencia estándar para todas las demás viviendas ubicadas en el sector las mismas características, dimensiones, cálculos y equipos que se presentaron en el diseño de una vivienda aislada,

Como aspecto fundamental para que se pueda gestar este tipo de proyectos de instalación de sistemas fotovoltaicos considerar los costos en que incurriría su implementación:

Tabla 37. Presupuesto de la propuesta

A	Denominación	Cantidad	Unidad de medida	Costo Unitario(US\$)	Costo Total(US\$)
<b>RECURSOS MATERIALES</b>					
1	Panel Solar (240W- Policristalino)	6	U	\$ 275	\$ 1.650,00
2	Rectificador (30 Amperios)	1	U	\$ 80	\$ 80
3	Inversor 1KVA	1	U	\$ 1200	\$ 1.200
4	4: Baterías de Ciclo Profundo 12 Voltios (120 Amperios)	2	U	\$ 480	\$ 240
5	10 mts: Cable 3x18 (fotovoltaico)	10	mts	\$ 1,95	\$19,50
6	Base o Herraje del Panel Solar	1	U	\$ 195	\$ 195
7	Regulador de carga solar	1	U	\$ 74	\$ 74
8	Ethernet	1	Mts (10)	\$ 30	\$ 30
<b>Sub-Total</b>				<b>Sub Total</b>	<b>\$ 3728,5</b>
				<b>IVA 12%</b>	<b>\$ 447,42</b>
				<b>Total(A)</b>	<b>\$ 4.175,92</b>

*Elaborado por el autor.*

## Conclusiones

La propuesta planteada en el presente proyecto de investigación que hace referencia a un diseño de sistema fotovoltaica en viviendas aisladas del sector Guayabal en el cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas, presentó las siguientes conclusiones:

- ✚ Con respecto a la problemática existente en el sector Guayabal con respecto a la falta del servicio eléctrico en este tipo de viviendas aisladas, se concluye que el lugar está desprovisto de postes de transmisión de energía, lo cual imposibilita el acceso al servicio básico de electricidad tradicional, situación que los ha sumido en diversas dificultades sociales, ya que, al no contar con energía eléctrica no tienen servicio de iluminación, ni conexiones de toma corriente para conectar diversos aparatos eléctricos, impidiéndoles tener visibilidad en la oscuridad, preservar sus alimentos, conectarse a las clases virtuales en las escuelas y colegios públicos, entre otros aspectos. La situación en la que se encuentran los habitantes del sector Guayabal amerita la intervención urgente de programas estatales que puedan paliar la dificultad en la que se encuentran por la falta de energía.
- ✚ La investigación documental permitió determinar los grados de electrificación existentes para proveer de energía a viviendas aisladas, concluyendo que existen dos grados de electrificación: Básica y elevada, después de realizar el estudio técnico de cada uno de ellos, se pudo constatar que para cubrir la demanda de electrificación este tipo de viviendas aisladas ubicadas en el sector Guayabal necesitan un suministro no inferior de 5750 W a 230 V, que permitirá establecer una base de Circuitos que van del C1 al C5, con contadores totalmente centralizados a ( $\Delta V \leq 1\%$ ), con cables de longitud de  $\leq 14$ ,  $\leq 23$ ,  $\leq 38$  de DI en (m), con tubos de 40mm y un máximo S\*efectivo de canal de entre 551 a 1179mm<sup>2</sup> en voltaje de 450/750 V, con 3

unipolares de 0,6/1KV y 1 tripolar de la misma característica, permitiendo pasar al diseño del sistema fotovoltaico de forma adecuada.

✚ Con respecto al diseño de un sistema fotovoltaico en viviendas aisladas del sector guayabal se determinó que cada vivienda necesita un diseño individual, compuesto por 6 paneles solares de 240W de silicio Policristalino, 1 rectificador de carga, 1 inversor solar de 2KVA de 24V, 1 batería de ciclo profundo de 24V (dos baterías de 12V se unifican) de 150 amperios, 1 regular solar MPPT, y un sistema de cables fotovoltaicos de cobre, que permitirán realizar la estructuración de parte del técnico eléctrico normados por las leyes constitucionales del Ecuador y los parámetros establecidos para sistemas fotovoltaicos conectados a red. Dentro del trabajo propuesta se determinaron los cálculos respectivos para la correcta utilización de los equipos y materiales obteniendo que la demanda diaria de energía de sistema fotovoltaico es de 5385,6 Wh/día con una intensidad máxima del 60 Amperios, un valor medio de tensión de 14,8 V, una capacidad de batería de 2864 Ah (c100), con un ángulo de inclinación de 35°, lo que permitiría abastecer de energía eléctrica de forma continua los 7 días de la semana y una vida útil entre los 15 a 20 años.



## Recomendaciones

Habiendo determinado la situación contractual de los habitantes del sector Guayabal con respecto a la falta de servicio de electricidad dentro de su sector y cada una de sus viviendas, se propone lo siguiente:

- ✚ Se recomienda al gobierno central, al GAD municipal de la provincia de Esmeraldas, al Consejo Nacional de Electricidad, los servidores públicos del sistema nacional de electrificación, a los señores de Arconel, a CNEL EP Esmeraldas a todos sus servidores públicos, que tomen medidas urgentes en el cantón San Lorenzo y realicen un levantamiento técnico sobre el abastecimiento de electricidad en todos los sectores del cantón, especialmente al sector Guayabal
- ✚ Se sugiere realizar un estudio de factibilidad para la implantación de sistemas de energía solar o fotovoltaicos que determine el grado de injerencia del sistema de electrificación tradicional y los costos en que se incurrirían si se instala este tipo de servicio en las viviendas aisladas del sector Guayabal.
- ✚ Se recomienda proporcionar toda la información referente a la tramitología que debe seguirse para que se permita instalar sistemas fotovoltaicos en este tipo de sectores aislados por parte de las autoridades competentes, considerando de manera especial la condición de pobre en la que viven dichos moradores del sector.

## Bibliografía

Acciona. (2020). *Energía Solar Fotovoltaica*. (Acciona)

doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.11.025>

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (junio de 2021).

*Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano*. Recuperado el 17 de julio de 2021, de Control de

Recursos y Energía del Gobierno del Ecuador:

<https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp->

[content/uploads/downloads/2021/06/Atlas-2020-baja.pdf](https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/Atlas-2020-baja.pdf)

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (abril de 2021).

*Balance Nacional de Energía Eléctrics*. Recuperado el 27 de junio de 2021, de Control de

recursosy energía: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/balance-nacional-de-energia-electrica/>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (9 de agosto de 2021, p. 163). *Reglamento*

*electrotécnico para baja tensión e ITC*. Obtenido de Boletín Oficial del Estado:

<https://www.plcmadrid.es/rebt/>

Anixter. (2020). *¿Qué es el cable fotovoltaico (FV/OV)?* (Anixter) Recuperado el 27 de abril de

2021, de [https://www.anixter.com/es\\_la/resources/literature/wire-wisdom/pv-](https://www.anixter.com/es_la/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html#:~:text=Los%20cables%20fotovoltaicos%20para%20paneles,y%20clasificados%20a%202%20kV)

[wire.html#:~:text=Los%20cables%20fotovoltaicos%20para%20paneles,y%20clasificados%20a%202%20kV](https://www.anixter.com/es_la/resources/literature/wire-wisdom/pv-wire.html#:~:text=Los%20cables%20fotovoltaicos%20para%20paneles,y%20clasificados%20a%202%20kV).

Arancibia Bulnes, C., & Best y Brown, R. (abril-junio de 2010, p. 10). *Energía del Sol*. Recuperado el 13 de julio de 2021, de Revista Ciencia: [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_2/PDF/EnergiaSol.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf)

ARCONEL. (noviembre de 2018, pp. 2-3-4-5). *Resolución Nr°-042(18*. Recuperado el 2 de septiembre de 2021, de Regulación Eléctrica del Gobierno del Ecuador: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/11/ARCONEL-003-18MICROGENERACION.pdf>

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (16 de enero de 2015). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Recuperado el 1 de septiembre de 2021, de Registro Oficial del Órgano del Gobierno del Ecuador: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Ley-Org%C3%A1nica-del-Servicio-P%C3%BAblico-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrica.pdf>

Auto Solar. (24 de julio de 2018, párr. 4). *Energía Solar*. Recuperado el 2 de septiembre de 2021, de ¿Que controlador de carga necesito para mi instalación solar?: <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/que-controlador-de-carga-necesito-para-mi-instalacion-solar>

Chai, W., Irei, A., & Burke, J. (2020). *Definición Ethernet*. (Searchnet Working Techtarget) Recuperado el 27 de abril de 2021, de <https://searchnetworking.techtarget.com/definition/Ethernet>

Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. (2002, pág. 2). *Energía Solar Fotovoltaica*.

Recuperado el 19 de julio de 2021, de Grupo de Nuevas Actividades Prfoesionales:

<https://www.coit.es/file/4245/download?token=F3kPOsFh>

Crown Battery. (6 de diciembre de 2019). *¿Qué es una batería de ciclo profundo*. (producido por

Crow Battery) Recuperado el 25 de abril de 2021, de

<https://www.crownbattery.com/es/blog/what-is-a-deep-cycle-battery>

Damia Solar. (14:43). *Panel fotovotaico REC 240w 24V*. Obtenido de

[https://www.damiasolar.com/productos/placas\\_solares/panel-fotovoltaico-rec-240w-](https://www.damiasolar.com/productos/placas_solares/panel-fotovoltaico-rec-240w-24v_da0082_16)

[24v\\_da0082\\_16](https://www.damiasolar.com/productos/placas_solares/panel-fotovoltaico-rec-240w-24v_da0082_16)

DCU Tecnologic. (septiembre de 2021. 10:42). *Inversores solares*. Recuperado el 8 de septiembre

de 2021, de DCU Tecnologic: [https://www.dcutec.com/es/inversores-solares/804-](https://www.dcutec.com/es/inversores-solares/804-3742241600fv-8436556988271.html)

[3742241600fv-8436556988271.html](https://www.dcutec.com/es/inversores-solares/804-3742241600fv-8436556988271.html)

EcoInventos green technology. (20 de septiembre de 2019, párr. 1-9). *Diferencia entre paneles*

*solares monocristalinos y policristalinos*. Obtenido de EcoInventos:

<https://ecoinventos.com/diferencia-paneles-solares-monocristalinos-policristalinos/>

Energías Renovables. (17 de abril de 2019). *En el mundo ya hay medio teravatio de energía solar*

*fotovoltacia instalada*. Recuperado el 23 de julio de 2021, de Energías Renovables El

periodismo de las energías limpias: [https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/en-](https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/en-el-mundo-ya-hay-medio-teravatio-20190417)

[el-mundo-ya-hay-medio-teravatio-20190417](https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/en-el-mundo-ya-hay-medio-teravatio-20190417)

European Commission. (15 de octubre de 2019). *Sistema de Información Geográfica*. Recuperado el 28 de agosto de 2021, de Rendimiento de un Sistema FV: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/#PVP)

Factor Energía. (18 de junio de 2021, párr. 9). *Energía solar: todo lo que se tiene que saber*. Recuperado el 19 de julio de 2021, de Factor energía: <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo/energia-solar/>

Genera tu propia energía. (2021, 11:08). *Tienda de Energía Renovable*. Recuperado el 8 de septiembre de 2021, de Genera tu propia energía: <https://www.generatupropiaenergia.es/comprar/regulador-solar-victron-bluesolar-mppt-75-10/>

Gobierno de la República del Ecuador. (20 de octubre de 2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. Recuperado el 1 de septiembre de 2021, de GOB. ec Portal de trámites ciudadanos: <https://www.gob.ec/regulaciones/constitucion-republica-ecuador-2008>

Ingemecánica. (2021). *Ingeniería, Consultoría y Formación*. Recuperado el 13 de agosto de 2021, de Instalación Eléctrica de una Vivienda: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn123.html>

Ingeniería Verde. (2019). *Atlas Solar del Ecuador*. Recuperado el 26 de agosto de 2021, de Mapa Solar del Ecuador: [https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa\\_Solar\\_del\\_Ecuador\\_2019.pdf](https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa_Solar_del_Ecuador_2019.pdf)

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). *Radiación Solar*.

Recuperado el 19 de julio de 2021, de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>

Led Solar. (1 de enero de 2017). *Baterías ciclo profundo para paneles solares*. (Producido por Led

Solar) Recuperado el 25 de abril de 2021, de [https://www.ledsolar.com.mx/baterias-ciclo-profundo-para-paneles-](https://www.ledsolar.com.mx/baterias-ciclo-profundo-para-paneles-solares/#:~:text=Las%20bater%C3%ADas%20ciclo%20profundo%20para,hay%20otra%20fuente%20de%20poder.)

[solares/#:~:text=Las%20bater%C3%ADas%20ciclo%20profundo%20para,hay%20otra%20fuente%20de%20poder.](https://www.ledsolar.com.mx/baterias-ciclo-profundo-para-paneles-solares/#:~:text=Las%20bater%C3%ADas%20ciclo%20profundo%20para,hay%20otra%20fuente%20de%20poder.)

López Ruiz, P. (septiembre de 2015). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el*

*suministro de energía eléctrica de una vivienda aislada*. Recuperado el 25 de abril de 2021, de <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/2317pub.pdf>

Mastervolt. (23:54). *Preguntas frecuentes sobre inversores*. Obtenido de Mastervolt:

<https://www.mastervolt.es/preguntas-frecuentes-sobre-inversores/>

Mhd education. (Párr. 1). *Rectificadores y filtros*. (Mhd education) Recuperado el 26 de abril de

2021, de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171624.pdf>

MHeducación. (9:46). *Rectificadores y filtros*. Recuperado el 7 de septiembre de 2021, de MH

educación: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171624.pdf>

Miceti, Á. (2021, párr. 1-5). *Instalaciones en Viviendas*. Recuperado el 13 de agosto de 2021, de

Grado de Electificación Básico:

[https://angelmicelti.github.io/4ESO/INS/grado\\_de\\_electrificacin\\_bsico.html](https://angelmicelti.github.io/4ESO/INS/grado_de_electrificacin_bsico.html)

Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos & Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (10 de septiembre de 2013). *Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental*. Recuperado el 22 de julio de 2021, de Plan Maestro de Electrificación 2013-2022: <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf>

Monsolar. (P. 6). *Manual de Usuario*. Recuperado el 4 de septiembre de 2021, de Inversor cargador multiple: [https://www.monsolar.com/pdf/manual\\_usuario\\_inversor\\_solar\\_huber.pdf](https://www.monsolar.com/pdf/manual_usuario_inversor_solar_huber.pdf)

Morán Gorozabel, I. D. (Mayo de 2015). *"Diseño e implementación de un sistema de iluminación fotovoltaico de resplado para los laboratorios de Electrónica de potencia y control automático"*. Recuperado el 25 de abril de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10404/1/UPS-GT001450.pdf>

Ojeda, G. (19 de abril de 2021). *¿Qué inversor solar elegir para tu instalación de placas solares?* Recuperado el 25 de abril de 2021, de <https://selectra.es/autoconsumo/info/componentes/inversor-solar>

ONULEC. (2019). *ONULEC Material Eléctrico*. Recuperado el 13 de agosto de 2021, de Diferencia entre fase, neutro y tierra: <https://www.onulec.com/blog/noticias-sector-electrico/219-diferencias-entre-fase-neutro-y-tierra>

Páginas Física. (s.f.). *Circuitos Rectificadores*. (Páginas Físicas Uson) Recuperado el 27 de abril de 2021, de

[http://paginas.fisica.uson.mx/horacio.munguia/aula\\_virtual/Cursos/Instrumentacion%20I/Documentos/Circuitos\\_Rectificadores.pdf](http://paginas.fisica.uson.mx/horacio.munguia/aula_virtual/Cursos/Instrumentacion%20I/Documentos/Circuitos_Rectificadores.pdf)

Red de árboles. (marzo de 2018). *Noticias de Interes*. (Red de árboles) Recuperado el 19 de abril de 2021, de <https://www.reddearboles.org/noticias/nwarticle/273/3/consecuencias-emisiones-dioxido-de-carbono>

RENOVA energía. (septiembre de 2021 15:51). *Batería de ciclo profundo Ritar DC 12150 12V150Ah*. Recuperado el 7 de septiembre de 2021, de RENOVA energía: <https://www.renova-energia.com/productos/bateria-ritar-ra12-150d-12v150ah/>

Rodriguez Rosales, K., De Moure Flores, F. J., & Quiñones Galván, J. G. (julio-septiembre de 2020). *Energía Solar Fotovoltaica*. Recuperado el 22 de julio de 2021, de Novedades Científicas:

[https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/online/X1\\_71\\_3\\_1267\\_EnergiaSolar.pdf](https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/online/X1_71_3_1267_EnergiaSolar.pdf)

Salamanca, S. (agosto de 2017). "Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá,". *Revista Científica*, 30 (3), 263-277. doi:<https://doi.org/10.14483/23448350.12288>

Salazar Peralta, A., Pichardo S., J. A., & Pichardo S., U. (1 de septiembre de 2016). *Revista de Investigación y Desarrollo*. Recuperado el 25 de abril de 2021, de [https://ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion\\_y\\_Desarrollo/vol2num5/Revista\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_y\\_Desarrollo\\_V2\\_N5\\_2.pdf](https://ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Desarrollo/vol2num5/Revista_de_Investigaci%C3%B3n_y_Desarrollo_V2_N5_2.pdf)



Sanz, M. (26 de mayo de 2020). *¿Qué son y para qué se utilizan los inversores híbridos*. (Next city labs) Recuperado el 26 de abril de 2021, de <http://www.nextcitylabs.com/Y164/inversores-hibridos-para-que-se-utilizan>

Sebatían, E. (13 de abril de 2018). *Semiconductor en las células solar fotovoltaica*. Recuperado el 25 de abril de 2021, de <https://eliseosebastian.com/que-es-un-semiconductor-en-las-celulas/>

SesLab. (2015). *Especialización en Sistemas Fotovoltaicos*. Recuperado el 5 de septiembre de 2021, de SesLab: <http://seslab.org/fotovoltaico/index.html>

Top Cables. (12:03). *Cables para instalaciones fotovoltaicas*. Recuperado el 7 de septiembre de 2021, de Cables y consejos eléctricos: [https://www.topcable.com/blog-electric-cable/cables-para-instalaciones-fotovoltaicas/#CABLES\\_FOTOVOLTAICOS\\_PARA\\_INSTALACIONES\\_SOLARES\\_DOMESTICAS](https://www.topcable.com/blog-electric-cable/cables-para-instalaciones-fotovoltaicas/#CABLES_FOTOVOLTAICOS_PARA_INSTALACIONES_SOLARES_DOMESTICAS)

Universidad Autónoma de México. (2021, 00:50 am). *El Sol, la estrella más cercana a la Tierra*. Recuperado el 13 de julio de 2021, de Ciencia UNAM: <http://ciencia.unam.mx/leer/1129/el-sol-la-estrella-mas-cercana-a-la-tierra>

Universo, E. (9 de junio de 2017, párr. 3-8). *La Energía Solar se abre terreno en Ecuador*. Recuperado el 22 de julio de 2021, de La Energía Solar se abre terreno en Ecuador: <https://www.eluniverso.com/tendencias/2017/06/10/nota/6222868/energia-solar-se-abre-terreno-ecuador/>

Vaca Revelo, D., & Ordoñez, F. (enero de 2020, p. 9). *Mapa Solar del Ecuador 2019*. Obtenido de Ingeniería Verde-Scinergy: [https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa\\_Solar\\_del\\_Ecuador\\_2019.pdf](https://www.ingenieriaverde.org/wp-content/uploads/2020/01/Mapa_Solar_del_Ecuador_2019.pdf)

Xmart by Integra. (2021, 10:37). *MANUAL DE USUARIO*. Recuperado el 4 de septiembre de 2021, de Xmart: <http://www.xmart-ups.com/>