



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

TEMA:

“Estudio de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico para una vivienda ubicada en la Urb. Terrasol.”

AUTOR:

Ing. Arevalo Erique Mayra Alejandra.

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de
**MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍA
RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

TUTOR:

Emerita Delgado Plaza, Phd.

Guayaquil, Ecuador

06 de septiembre del 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

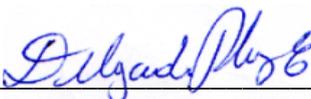
SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **ING. AREVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍA RENOVABLE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**.

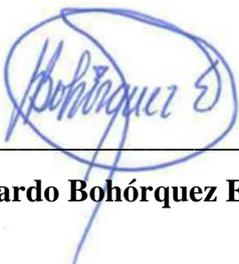
Guayaquil, 06 de septiembre del 2023

TUTOR

f. 

Emérita Delgado Plaza, PHD.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. 

MSc. Bayardo Bohórquez Escobar



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Mayra Alejandra Arévalo Erique

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico para una vivienda ubicada en la urb. Terrasol** previo a la obtención del título de Magister en Energías Renovables Mención Energías Renovables y Eficiencia Energética, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, 06 de septiembre del 2023

EL AUTOR

f. _____

Mayra Alejandra Arévalo Erique



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

Yo, Mayra Alejandra Arévalo Erique

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico para una vivienda ubicada en la urb. Terrasol**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 06 de septiembre del 2023

EL AUTOR

f. _____
Mayra Alejandra Arévalo Erique

INFORME DE URKUND



Document Information

Analyzed document	Tesis Arevalo Erique Mayra Alejandra.pdf (D165016947)
Submitted	4/25/2023 4:12:00 PM
Submitted by	
Submitter email	maestria.electricidad@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	celso.bohorquez.ucsg@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://www.recursoyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuen... Fetched: 4/25/2023 4:13:00 PM	1
W	URL: https://generarenovables.com/ Fetched: 4/25/2023 4:13:00 PM	1
W	URL: https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe... Fetched: 4/25/2023 4:12:00 PM	1
W	URL: https://repositorio.uniautonoma.edu.co/bitstream/handle/123456789/732/T%20IA-P%20200%202022.pd... Fetched: 12/27/2022 6:01:03 AM	3
W	URL: https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/cuales-son-los-componentes-de-una-instalacion-aislada Fetched: 4/25/2023 4:12:00 PM	1

Conclusión: La revisión de coincidencias del resultado de la revisión, considera la desactivación de la información de texto de los formatos de presentación de trabajos de titulación en la UCSG. Se adjunta documento de Reporte URKUND de la Revisión Final en medio digital. Porcentaje de coincidencia final del 3%.

Atentamente,

Emérita Delgado Plaza, PHD
DOCENTE-TUTOR

DEDICATORIA

A mi esposo, Ing. Andrés Gregorio Vera Rivera, a mis padres, Wimper Alejandro Arévalo Izquierdo y Mayra Cecilia Erique Pineda, mi hermana Andrea Daleska Arévalo Erique y mi sobrina Liah Alejandra Santamaría Arévalo, por ser mi motivación constante, por creer en mí y ser mi ejemplo de superación cada día.

Al Ing. Jonathan Ceballos Montenegro, por su ayuda académica y sus consejos de amigo.

Arévalo Erique, Mayra Alejandra

AGRADECIMIENTO

A la Ing. Emérita Delgado, tutora de la tesis de graduación, por su orientación durante el desarrollo de este trabajo.

A mi esposo Andrés Vera, por su apoyo incondicional durante esta etapa de la vida acompañándome en los buenos y malos momentos.

A mis padres por guiarme en todo momento y formarme con buenos hábitos y valores.

A mi hermana y mi sobrina, por ser mi motor para seguir adelante ante los obstáculos de la vida.

A mis amigos y compañeros de estudio, quienes fueron parte fundamental de este proceso de aprendizaje.

A los profesores por transmitirnos su sabiduría en el desarrollo de nuestra formación profesional.

Arévalo Erique, Mayra Alejandra



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.  _____

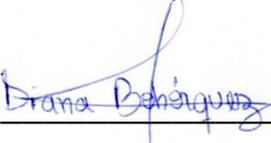
Ph.D. Emérita Delgado Plaza
Tutor

f.  _____

MSc. Bayardo Bohórquez Escobar
Director del Programa

f.  _____

MSc. Gustavo Miguel Mazzini Muñoz
Revisor

f.  _____

MSc. Diana Bohórquez Heras
Revisor

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I	1
1. Introducción	1
1.1 Justificación del problema	1
1.2 Antecedente.....	2
1.3 Definición del problema	2
1.4 Formulación de Problema	3
1.5 Preguntas de investigación.....	3
1.6 Objetivos	3
1.7 Hipótesis	3
1.8 Fundamentos Teóricos.....	4
1.9 Energías renovables en Ecuador	6
1.10 Instalación de energía solar en Ecuador.....	7
1.11 Sistemas Fotovoltaicos para Viviendas	9
1.12 Ley de eficiencia energética del ecuador	9
1.13 Energía renovable	10
1.14 Energía Solar y Criterio de verificación	10
1.15 Sistemas y Tecnología solar.....	10
1.16 Componentes de sistema fotovoltaico	13
1.17 Sistemas fotovoltaicos	16
1.18 Hora solar pico.....	17
CAPÍTULO II	17
2. Marco Referencial.....	18
2.1 Estudios Referenciales	18
2.2 Marco Legal	19
CAPITULO III.....	22
3 Marco Metodológico.....	22
3.1 Metodología	22

3.2	Modelo de Investigación Para Utilizar DPSIR	22
3.3	Métodos.....	23
3.4	Metodología de Trabajo (Técnica, herramienta y procedimiento) ..	25
3.5	Mapa de la irradiación del Ecuador	25
3.6	Datos meteorológicos en el lugar de implementación	26
3.7	Ubicación geográfica de la residencia	27
3.8	Análisis de Datos	29
3.9	Datos de temperatura del área seleccionada	29
3.10	Datos de radiación.....	31
3.11	Consumo energético de la vivienda	33
3.12	Dimensionamiento del Área y cálculos generales para instalación de paneles solares.....	38
3.13	Programa PVsyst.....	39
CAPITULO IV.....		40
4	Análisis, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones	40
4.1	Análisis sobre la ubicación geográfica de la factibilidad del Sistema Solar Fotovoltaico.	40
4.2	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	41
4.3	Análisis de Gatos por consumo energético tradicional Vs consumo energético con sistema fotovoltaico	48
4.4	Análisis con el Programa PVSyst	50
4.5	Análisis de Costo Beneficio.....	58
4.6	Conclusiones y Recomendaciones.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ventajas y desventajas de los sistemas de energía solar</i>	11
Tabla 2 <i>Diferencias entre paneles monocristalinos y policristalinos</i>	15
Tabla 3 <i>Vidas útiles aplicables a cada tecnología de generación eléctrica</i>	20
Tabla 4 <i>Técnicas, Herramientas y Procedimientos</i>	25
Tabla 5 <i>Información geográfica de la vivienda</i>	28
Tabla 6 <i>Referencia de Radiación Solar Anual</i>	32
Tabla 7 <i>Planilla proporcionada por CNEL E.P-GLR</i>	33
Tabla 8 <i>Potencia de equipos eléctricos de la vivienda</i>	34
Tabla 9 <i>Detalle de facturación mensual de la vivienda</i>	37
Tabla 10 <i>Datos Anuales de Hora solar pico</i>	42
Tabla 11 <i>Análisis de geometría solar paneles fotovoltaicos</i>	43
Tabla 12 <i>Temperatura de celda, valores mensuales</i>	45
Tabla 13 <i>Temperatura de celda, porcentaje de temperatura</i>	45
Tabla 14 <i>Análisis de Eficacia de Paneleres Solares</i>	46
Tabla 15 <i>Resumen de datos de potencia de paneles</i>	47
Tabla 16 <i>Producción mensual Fotovoltaica</i>	47
Tabla 17 <i>Consumo Energético de vivienda a través de la red de CNEL EP-GLR</i>	49
Tabla 18 <i>Configuración de entradas para inversor</i>	57
Tabla 19 <i>Análisis técnico comparativo</i>	59
Tabla 20 <i>Presupuesto eléctrico</i>	60
Tabla 21 <i>Simulación de préstamo bancario con tasa de 10%</i>	61
Tabla 22 <i>Tabla TIR/VAN</i>	63
Tabla 23 <i>Incidencia de rayos solares</i>	76
Tabla 24 <i>Temperaturas sobre celdas de panel</i>	77

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1 Planta solar ubicada en Pimampiro.	8
Figura 2 Producción de energía eléctrica año 2018	8
Figura 3 Sistema solar térmico	12
Figura 4 Estructura de la célula solar.....	13
Figura 5 Esquema de sistema fotovoltaico autónomo	14
Figura 6 Configuración de sistema autónomo	17
Figura 7 Mapa de Irradiación Solar del Ecuador	26
Figura 8 Mapa de Irradiación Solar del Ecuador	27
Figura 9 Ubicación de la residencia.....	28
Figura 10 Datos de temperatura del punto a analizar	30
Figura 11 Histograma temperatura mensual	30
Figura 12 Histograma temperatura diaria	31
Figura 13 Radiación Solar mensual	32
Figura 14 Grafica de Curva de consumo anual de energía	33
Figura 15 Software PVsyst	39
Figura 16 Mapa del Cantón Samborondón	40
Figura 17 Ubicación de Paneles solares en cubierta de la vivienda	41
Figura 18 Datos meteorológicos Terrasol.....	51
Figura 19 Angulo de inclinación de modulo solar.....	52
Figura 20 Componentes del sistema fotovoltaico.....	53
Figura 21 Especificaciones panel fotovoltaico	54
Figura 22 Especificaciones inversor	54
Figura 23 Energía diaria a la salida del sistema.....	55
Figura 24 Análisis y resultados.....	56
Figura 25 Horas aprovechables.....	56
Figura 26 Diagrama unifilar sistema fotovoltaico	57
Figura 27 Flujo neto con préstamo bancario.....	64
Figura 28 Proyecto Fotovoltaico Cantón Duran Provincia del Guayas.....	75
Figura 29 Proyecto Fotovoltaico residencial: Plaza real.....	75
Figura 30 Proyecto Fotovoltaico residencial: Plaza real.....	76

RESUMEN

El presente trabajo detalla la factibilidad de instalación de un Sistema Solar Fotovoltaico como fuente de suministro de electricidad para una vivienda ubicada en la Urbanización Terrasol del cantón Samborondón. El trabajo parte del interés de poder presentar una solución a las familias ecuatorianas con respecto a sus gastos por consumo de energía eléctrica, mediante el cual se pretende analizar que el uso de sistemas fotovoltaicos para su aplicación residencial es una alternativa viable para la reducción del costo del suministro eléctrico.

Se toma como referencia inicial para el análisis dimensional, la incidencia solar promedio anual del Cantón Samborondón, siendo de 4,18 kW/ m², dato que ha sido tomado del sistema PVSyst (PVSyst, 2022), alimentado por las estaciones meteorológicas (Meteonorm) del mundo que brindan los parámetros de temperatura y radiación sectorial de distintos países.

Una vez establecidos los parámetros de incidencia de radiación solar se procede con el análisis teórico del dimensionamiento del sistema solar, ubicación de los paneles solares, consumo actual de energía eléctrica de la vivienda, ángulo óptimo de posicionamiento, aprovechamiento de generación mensual del sistema; posteriormente, se procede a realizar el análisis con el programa PVSyst de la factibilidad de la instalación del sistema fotovoltaico, resultando que la potencia a instalar debe ser de 9.27 kWp, con una instalación de 17 paneles solares monocristalinos de 545 W cada uno.

Finalmente, se realiza un balance económico de los gastos que actualmente posee la vivienda por consumo de energía eléctrica que corresponde al proveedor estatal CNEL E.P-GLR, el mismo que equivale a 23,817 kWh al año, representando \$ 5,444.00 dólares americanos/año. Este proyecto pretende reducir el consumo de energía eléctrica de la vivienda, a partir de la utilización complementaria de paneles solares, que contempla una reducción de gastos de \$ 1,943.30 de dólares americanos/año, lo que equivale al 35,69% de ahorro económico.

Palabras claves: Energía solar, dimensionamiento fotovoltaico, meteonorm, PVSyst, estudio de factibilidad.

ABSTRACT

This paper details the feasibility of installing a Photovoltaic Solar System as a source of electricity supply for a house located in the Terrasol Urbanization in the Samborondón canton. The work is based on the interest of being able to present a solution to Ecuadorian families with respect to their expenses for electricity consumption, through which it is intended to analyze that the use of photovoltaic systems for residential application is a viable alternative for reducing the cost of electricity supply.

The initial reference for the dimensional analysis is the average annual solar incidence of Canton Samborondón, being 4.18 kW/ m², data that has been taken from the PVSyst system (PVSyst, 2022), fed by meteorological stations (Meteonorm) in the world that provide the parameters of temperature and sectorial radiation of different countries.

Once the solar radiation incidence parameters are established, we proceed with the theoretical analysis of the sizing of the solar system, location of the solar panels, current electricity consumption of the house, optimal angle of positioning, monthly generation of the system; then, we proceed to perform the analysis with the PVSyst program of the feasibility of the installation of the photovoltaic system, resulting that the power to be installed should be 9.27 kWp, with an installation of 17 monocrystalline solar panels of 545 W each one.

Finally, an economic balance of the expenses that the house currently has for electricity consumption that corresponds to the state supplier CNEL E.P-GLR., which is equivalent to 23,817 kWh per year, representing \$ 5,444.00 U.S. dollars/year. This project aims to reduce the consumption of electricity in the house, from the complementary use of solar panels, which provides a cost reduction of \$ 1,943.30 U.S. dollars / year, equivalent to 35.69% of economic savings.

Key words: Solar energy, photovoltaic dimensioning, meteonorm, PVSyst, feasibility study.

CAPÍTULO I

1. Introducción

A lo largo de la historia de la humanidad, se ha venido evidenciando descubrimientos que han revolucionado la sociedad, dentro del cual, el que de mayor utilidad ha sido es la Energía Eléctrica (Orbegozo & Arivilca, 2010). Se han encontrado varias formas de producción de energía eléctrica para el consumo, ya sea este de manera comercial, residencial o industrial; en la actualidad los sistemas de generación de energía eléctrica están en un auge de actualización constante.

El nacimiento de las energías renovables ayuda a contribuir con el ahorro económico al momento de la generación de energía eléctrica y la misma contribuye con la conservación del medio ambiente, ya que no emite CO₂, el cual afecta al medio ambiente. Esto ha permitido que muchas fuentes de generación eléctrica a combustible sean poco utilizadas (Orbegozo & Arivilca, 2010)

El dimensionamiento de un sistema de energía renovable, como es el caso de los paneles fotovoltaicos para el uso exclusivo de consumo energético de una vivienda, prevé disminuir el consumo de energía eléctrica proporcionada por la empresa estatal, con la finalidad de beneficiar en la economía del hogar, en cuanto a disminuir el presupuesto mensual por concepto de pago de energía eléctrica.

El siguiente proceso de investigación, plantea diseñar un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica, la misma que pretende satisfacer la demanda de energía de una vivienda. Es necesario indicar que la generación de energías renovables ayuda con la conservación del medio ambiente y a su vez al establecer este mecanismo de generación de energía eléctrica contribuirá con la reducción de carga energética sobre las líneas convencionales de la empresa estatal.

1.1 Justificación del problema

El presente trabajo está enfocado en el estudio de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red domiciliaria, que permita la disminución del consumo energético de las redes convencionales que corresponden a CNEL E.P-GLR y que a su vez permita el ahorro económico en gastos de consumo energético de dicha red. En la actualidad existen proyectos de vivienda denominados NET-Zero Home, el cual permite reutilizar el 100% del agua de lluvias y su cubierta, este proceso está compuesto por paneles solares, los mismos que a su vez producen más del 100% de la energía eléctrica que el hogar precisa para

funcionar (Stock, 2022). El uso de sistemas fotovoltaicos es un tema de mucho interés porque permite contribuir en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono siendo uno de los gases que contribuyen en el efecto del cambio climático.

Utilizar esta fuente de energía renovable no solo es una manera de contribuir al ambiente, sino que también, es una inversión financiera inteligente a corto o mediano plazo, el cual reduce los costos energéticos de manera significativa.

1.2 Antecedente

Tomando el análisis de facturación por consumo energético desde abril del año 2021 hasta marzo del año 2022, se ha evidenciado que el costo económico por consumo de energía eléctrica de la vivienda a analizar ubicado en la Urbanización Terrasol en la Localidad residencial de Samborondón, es de \$ 5,444.00 (lo cual equivale a 12 meses), lo que corresponde a 23,817 kWh de energía consumida.

Además, uno de los principales problemas en torno a este sector energético renovable a través de sistemas fotovoltaicos, es que la principal problemática del uso de la energía solar fotovoltaica en nuestro país es que La Ley Orgánica de Eficiencia Energética vigente en el Ecuador que fue publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 449 con fecha 19 de marzo de 2019, solo tiene alcance para los medianos y grandes consumidores energéticos, no para pequeños consumidores. Es decir, las residencias no tendrían incentivos tributarios por parte del estado.

1.3 Definición del problema

La falta de un sistema de generación de energía renovable fotovoltaico y los beneficios de regulaciones generadas por la ex ARCONEL, actual ARCERNNR, hacen que el consumo de energía eléctrica residencial cada vez sea mayor y la sobrecarga sobre la red convencional que pertenece a CNEL E.P.-GLR se incrementa implicando que los costos de utilización de energía eléctrica actualmente sean elevados.

Actualmente la residencia sobre la que se elaboró el diseño de un sistema de energía solar fotovoltaico se encuentra ubicada en un sector de alta plusvalía, por cuanto los impuestos sobre el consumo energético se incrementan mes a mes. Dicha localidad cuenta con un sector inmobiliario y comercial de consumo elevado de energía eléctrica, el cual carga en su totalidad sobre la red nacional eléctrica CNEL E.P.-GLR.

1.4 Formulación de Problema

Del problema anteriormente mencionado, se desprende la siguiente formulación: ¿Es favorable la implantación de paneles Fotovoltaico para una vivienda ubicada en la Urbanización Terrasol ubicado en la Zona residencial de Samborondón?

1.5 Preguntas de investigación

- ¿La incidencia de la radiación solar sobre la zona residencial de Samborondón, son favorables para el aprovechamiento de un sistema solar fotovoltaico?
- ¿Cuánto es el porcentaje de aprovechamiento del potencial energético del sistema fotovoltaico a partir de la incidencia de la radiación solar en la zona?
- ¿En qué medida las alternativas de solución propuestas en la investigación coadyuvan a la generación de energía eléctrica para una vivienda unifamiliar?

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- Realizar el estudio de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico para el abastecimiento eléctrico de una vivienda ubicada en la Urbanización Terrasol utilizando software de simulación técnica PVsyst.

1.6.2 Objetivos específicos

- Analizar el consumo energético actual de la vivienda con la finalidad de poder determinar cuanta energía debe producir el sistema solar fotovoltaico para la satisfacción del consumo que realiza.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico para autoconsumo considerando además el comportamiento de la radiación solar en función de la ubicación de la vivienda.
- Determinar la factibilidad de la instalación solar fotovoltaica mediante el estudio técnico-económico.
- Determinar las ventajas del uso de la energía solar fotovoltaica con respecto al sistema de generación convencional actualmente utilizado en nuestro país.

1.7 Hipótesis

Analizándose correctamente la carga energética actual de la vivienda, dimensionando adecuadamente el sistema fotovoltaico de autoconsumo, valorando el comportamiento de la

radiación solar en función de la ubicación de la vivienda y determinando la factibilidad técnico económica de la instalación se podrá realizar el diseño de un sistema solar fotovoltaico de autoconsumo para el abastecimiento eléctrico de una vivienda ubicada en la Urbanización Terrasol utilizando software de simulación técnica PVsyst.

1.8 Fundamentos Teóricos.

1.8.1 Antecedentes Internacionales

La capacidad de energía de fuentes renovables se establecen como energías que mantienen competencias de generación máxima como es el caso de las hidroeléctricas y/u otras infraestructuras eléctricas en las cuales se generan o se obtiene beneficios de fuentes renovables para poder obtener electricidad en beneficio de la población y actividades productivas en la que se considera que a nivel mundial se mantiene al tanto y en constante actualización de las diferentes tecnologías para poder estar proveer de este recurso a la población año tras año; siendo esta alternativa la más amigable con el medio ambiente el cual también se define como “low cost” al compararse con los costos energéticos de los sistemas convencionales de origen de hidrocarburos los cuales son combustibles caducos y altamente contaminantes los cuales no son fácilmente degradables en el ecosistema y causan un gran impacto en el medio ambiente como es explicado por la Agencia Internacional de Energía Renovables, IRENA (2021). Adicionalmente se expone que esta opción de obtención de energía limpia genera mayor tasa de empleo de mano de obra y de profesionalización en conjunto con el crecimiento económico de una población.

Como indica OTOVO Corp. (2021), una de las más importantes fuentes de energía y de forma natural y sin contaminantes es la energía solar, la cual ha sido desplazada parcialmente por la generación de energía de fuentes de hidrocarburos. Este tipo de energía permite no producir grandes impactos y daños irreversibles a la estabilidad del ecosistema y mantiene a los recursos no renovables de una manera estable sin alterar sus condiciones físico químicos disminuyendo efectos colaterales como la contaminación de fuentes hídricas, la nula producción de gases de invernadero y disminuyendo la huella de carbono, así mismo, disminución del ruido ambiental, y mejora el paisajismo del sector de instalación de las estructuras que captan la energía solar.

Con base en lo expuesto por United Nations Framework Convention on Climate Change (2021) se ha evidenciado el interés mundial en adaptarse a otras fuentes de energías renovables de características limpias y conservacionista con el medio ambiente por medio del

uso de paneles solares y otras tecnologías lo cual se considera con gran expectativa el incremento del uso de este tipo de estructuras, proyección que se data hasta el año 2026 en el que se pronostica que en las grandes naciones exista un cambio en las fuentes de energías en un 95% en aras de buscar eficiencia en la generación del servicio eléctrico para poder obtener una nula emisión de gases contaminantes o de efecto invernadero hasta el año 2050. Sin embargo, se requiere el aporte de accionantes políticos y de la empresa privada para proveer políticas públicas e inversión para poder cumplir con la demanda eléctrica a nivel mundial, siendo el más accesible por su utilidad y fuente de producción es la de energía solar a través de la utilización de paneles solares los cuales por medio de la irradiación estos la convierten en electricidad.

1.8.2 Uso de la energía solar en el Ecuador

En ello se destaca la posibilidad de aprovechamiento de la energía solar. En referencia a lo expuesto en su estudio local en la ciudad de Portoviejo por Rodríguez , Vázquez y Saltos (2017) se determina que la a nivel gubernamental y en las entidades privadas aprovechan la generación de energía por medio de las diversas hidroeléctricas que se encuentran operativas en el país , sin embargo, a nivel nacional se mantiene la cultura de generación eléctrica por medio de la combustión de petróleo y materiales fósiles los cuales producción un impacto en el medio ambiente y el alza de los costos energéticos, por lo que una solución práctica es la integración de los sistema fotovoltaicos para poder obtener de una forma diversa energía limpia y que no aporte en la contaminación del medio ambiente, aprovechando las considerables horas luz o de heliofanía y la intensidad de irradiación por mantenernos en la línea ecuatorial en conjunto con las características meteorológicas favorables para la obtención de la energía solar.

Como nos explica Peláez (2017) a nivel nacional la utilización de la energía solar como fuente de producción eléctrica se encuentran localizadas y no han sido explotadas en su totalidad, sin embargo, se encuentran registradas dentro de las Regulaciones 004 y 009 emitidas por el CONELEC en los que se ampara jurídicamente a estructuras conectadas a instalaciones fotovoltaicas como es el caso de la estructura ubicada en las Islas Galápagos por medio del plan de incentivar al cero uso de combustibles de origen hidrocarburo. Actualmente en esta localidad cuenta con 4 proyectos fotovoltaicos los cuales sirven para abastecer a la población del requerimiento hídrico.

De acuerdo con Constante Segura (2017), el Consejo Nacional de Electricidad promovió que se realicen los proyectos de abastecimiento eléctrico con fuentes renovables

limpias que generen el mínimo impacto en el medio ambiente, ampliando el marco legal vigente, así como sus regulaciones que generarían un tipo de incentivo y seguridad de inversión por parte de la empresa pública y privada. Sin embargo, se ha ido de manera cautelosa fomentando la implementación de este tipo de plantas de generación fotovoltaica que por falta de profesionales para el manejo de infraestructura y desconocimiento técnico de estas diversas tecnologías de generación eléctrica no han podido ser explotadas en su totalidad. Cabe indicar que esta institución realizó estudios a nivel nacional para poder establecer los puntos de mayor irradiación y de ubicación geográfica para la implantación de las plantas de generación eléctricas

1.9 Energías renovables en Ecuador

La implementación de proyectos de energías renovables en Ecuador requiere de una combinación crucial de inversión pública y privada, ya que esto no solo impulsa nuestra economía, sino que también tiene un impacto positivo en la generación de empleo digno y en el desarrollo social. Además, es fundamental adoptar estrategias clave como la incorporación de nuevas tecnologías y fuentes de energía limpia y no convencional, con el fin de diversificar nuestra matriz energética. Es importante destacar que actualmente el 92% de la producción de energía en el país proviene de centrales hidroeléctricas, mientras que el 7% se genera a partir de centrales térmicas y solo el 1% proviene de fuentes no convencionales como la energía fotovoltaica, eólica, biomasa, biogás y geotérmica, entre otras. Esta producción de energía, caracterizada por su amigabilidad con el medio ambiente, no solo abastece la demanda eléctrica nacional, sino que también permite exportar energía a países vecinos como Colombia y Perú (Minas, 2020).

Durante varios años, Ecuador ha dependido principalmente de la energía hidroeléctrica como fuente energética. Uno de los primeros proyectos en este campo fue la construcción de la Central Hidroeléctrica Paute, llevada a cabo entre los años 1976 y 1991. Actualmente, el país ha emprendido la construcción de otros proyectos destacados, como Coca Codo Sinclair, Sopladora, Toachi Pilatón, Minas San Francisco, Delsitanisagua, Manduriacu, Quijos, Mazar Dudas, entre otros. Algunos de estos proyectos aún se encuentran en proceso de ejecución. Todos ellos tienen el objetivo de satisfacer la creciente demanda de energía en el país. En caso de ser completados, estos proyectos podrían duplicar la capacidad instalada de generación hidroeléctrica en Ecuador (ZAMBRANO, 2015).

Hasta julio de 2015, la composición de la matriz eléctrica en Ecuador se caracteriza por una notable predominancia de la energía hidráulica, con una capacidad efectiva de generación de 2,400.94 MW. Esta cifra representa el 43.51% de la capacidad total de generación de energías renovables a nivel nacional. En segundo lugar, se encuentra la energía turbo vapor, que utiliza biomasa como combustible, con una capacidad de 136.40 MW, lo cual equivale al 2.47% de la capacidad nacional. En cuanto a los recursos de energía eólica, se cuenta con una capacidad de 21.15 MW, lo que representa el 0.38% de la producción nacional. Por último, la energía fotovoltaica tiene una capacidad de 26.37 MW, lo que constituye el 0.48% de la capacidad nacional. (ZAMBRANO, 2015)

1.10 Instalación de energía solar en Ecuador

La primera planta fotovoltaica de generación de energía renovable y amigable con el medio ambiente fue instalada en el cantón Pimampiro dentro de Imbabura, esta planta se encuentra interconectada con el Sistema de electricidad del cantón lo cual aporta con la generación eléctrica del sector en el que su aporte es de forma mensualidad.

Esta instalación se la realizó por medio del financiamiento del Gobierno nacional con un rubro de 3,5 millones de dólares las cuales se encuentran invertidas en un área de 30.000 metros cuadrados en donde se encuentran los paneles solares los cuales por medio de sus capas recogen la energía solar por medio de los rayos de sol y este transforma en energía eléctrica la cual es aportada a la red eléctrica del sector. (NACHRICHTEN, 2013)

Como se puede apreciar la Figura 1. proporciona una vista de la planta solar fotovoltaica ubicada en el cantón Pimampiro.

Figura 1

Planta solar ubicada en Pimampiro.

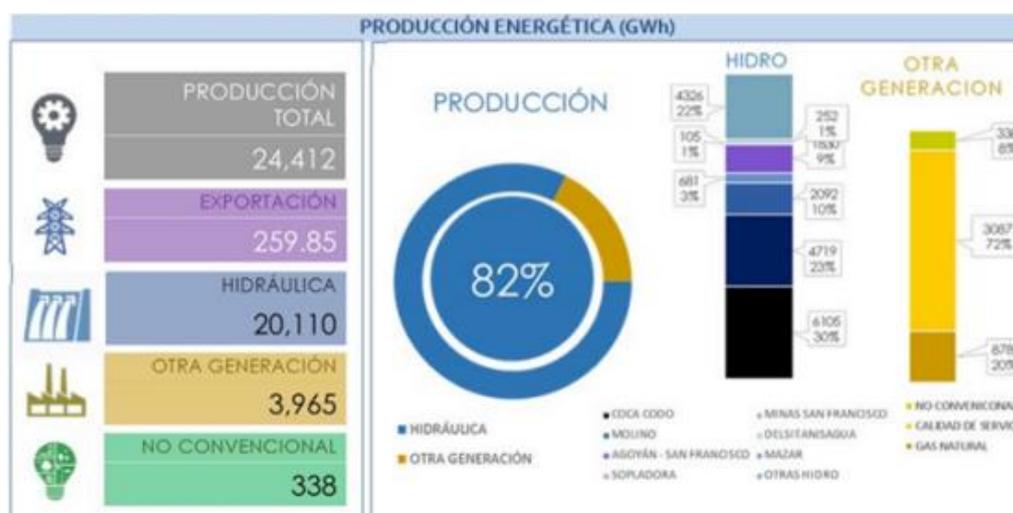


Nota. Tomado de noticias Nachrichten (NACHRICHTEN, 2013)

Con base en lo explicado por el Ministerio de Energía y Minas del Ecuador (2020) la valoración y rango de irradiación directa estándar del Ecuador es de 2.543 Wh/m²/día, lo cual radica con base en las condiciones climatológicas del país en donde son producidas por factores inertes como es la altura, precipitaciones, viento, etcétera. Al estar disponible el recurso solar, aunque sea un recurso intermitente, es aprovechado a partir del uso de tecnologías de módulos fotovoltaicos que permiten captar el recurso solar para convertirlo en energía eléctrica y no tener un resultado adverso o impactos ambientales. En la Figura 2 se muestran los valores de producción de energía eléctrica anual.

Figura 2

Producción de energía eléctrica año 2018



Nota. La imagen muestra la producción energética de las distintas fuentes generadoras de energía. Tomado de (Ministerio de Energía y Minas Ec, 2020)

1.11 Sistemas Fotovoltaicos para Viviendas

Realizando una investigación más profunda de las empresas que realizan instalaciones de sistemas fotovoltaicos en edificaciones, actualmente la empresa GENERA forma parte del Holding Group Equilibratum, tiene más de 16 años trabajando por la sostenibilidad del Ecuador en todos los sectores productivos y en las 24 provincias del país. GENERA es la firma especializada en Energías Renovables y Eficiencia Energética. (GENERA, 2023). Actualmente dicha compañía se dedica a diseñar e instalar sistemas fotovoltaicos para viviendas e industrias; dentro de las cuales se destacan las siguientes:

- Urbanización Isla Mocoví, Samborondón, la Potencia instalada es de: 5.05 kWp (GENERA, 2023)
- Urbanización Rio Grande, Samborondón, la Potencia instalada es de: 5,35 kWp (GENERA, 2023)
- Urbanización Vista al Río, Samborondón, la Potencia Instalada es de: 16 kWp (GENERA, 2023)
- Urbanización Riberas del Batán, Samborondón, la Potencia Instalada es de: 22 kWp (GENERA, 2023)

También se han encontrado más de 6 empresas en el Ecuador que se dedican al diseño e instalación de sistemas fotovoltaicos.

1.12 Ley de eficiencia energética del Ecuador

Dentro de la Ley Orgánica De Eficiencia Energética del Capítulo I dentro de las Disposiciones Fundamentales dispuestas en el Artículo 1 expone su Objeto y ámbito en el que indica que *“La presente Ley tiene por objeto establecer el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética – SNEE, y promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país; al ser más eficiente, aumentar la productividad energética, fomentar la competitividad de la economía nacional, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, aportar a la mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de las personas a vivir en un ambiente sano y a tomar decisiones informadas..”* (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2019)

1.13 Energía renovable

Un recurso natural y de fuentes amigables con el medio ambiente se encuentran las energías renovables los cuales son de fuentes inagotables las cuales proveen recursos que son aprovechados para la generación de energía eléctrica por medio de la transformación química de la energía por medio de formas de captaciones las cuales modifican las características de la energía, produciendo nulos impactos ambientales o producción de dióxido como es explicado por Vega. (2015)

1.14 Energía Solar y Criterio de verificación

Como es indicado por IICA (2017) actualmente se trata de promover por medio de las regulaciones de cada país y por conciencia ambiental la utilización de fuentes energéticas limpias y amigables con el medio ambiente por medio de las fuentes de energías renovables como el agua y la radiación solar, por lo que se trata de implementar prácticas que sean confiables en la traducción de captación de energía y producción de electricidad, adicionalmente aminorando o minimizando el uso del recurso hídrico como generación de electricidad y así irse independizando de estas fuentes no renovables de recursos los cuales actualmente siguen siendo utilizados a gran escala, por lo que se trata de implementar a corto plazo energías de tecnología tipo geotérmica o por medio de intensidad solar para poder aprovecharlo.

1.15 Sistemas y Tecnología solar

Dentro de la obtención de energía a través de fuentes renovables, están pueden ser únicamente aprovechadas para la generación eléctrica a través de la implementación de tecnologías que permitan transformar la energía solar hacia una energía eléctrica a través de procesos fotovoltaicos y por procesos activos y/o pasivos los cuales permiten poder aprovechar kilovatios para una población determinada. Sin embargo, el uso de la energía solar no se limita únicamente para la generación eléctrica sino también para la elaboración de combustible o calefacción en poblaciones que mantienen una demanda de energía fija y variable como lo define el Instituto de Investigación sobre el Impacto del Clima de Potsdam (2018).

De acuerdo a la información dotada por Banco Mundial (2018) y en referencia a la data de SEforALL , Institución que da seguimiento a la base de datos de Energía Sostenible alcance Mundial en el cual participan para la gestión del sector de energía a nivel global por parte de

la participación de la Agencia Internacional de la Energía y el Programa de Asistencia, se indica que el consumo de energía de fuentes renovables y eco amigables como es la de origen fotovoltaico y eólica es de aproximadamente del 16,33% , porcentaje expuesto de los valores referenciales del total de aprovechamiento de energía limpia, por lo que en comparación de los proyectos multipropósitos de generación hidroeléctrica este indicador crece de manera exponencial.

A continuación, se presenta la tabla 1 de ventajas y desventajas que se han determinado por parte de la evaluación de los sistemas de energía solar por parte de Ruiz (2021).

Tabla 1

Ventajas y desventajas de los sistemas de energía solar

Ventajas	Desventajas
No contaminantes	Costo de inversión inicial
No generan residuos a largo plazo	Disponibilidad y almacenamiento
Prosperidad Económica local	Gran espacio para desarrollo
Generación de empleo	Naturaleza difusa
Fuentes inagotables	Impuestos y legislación

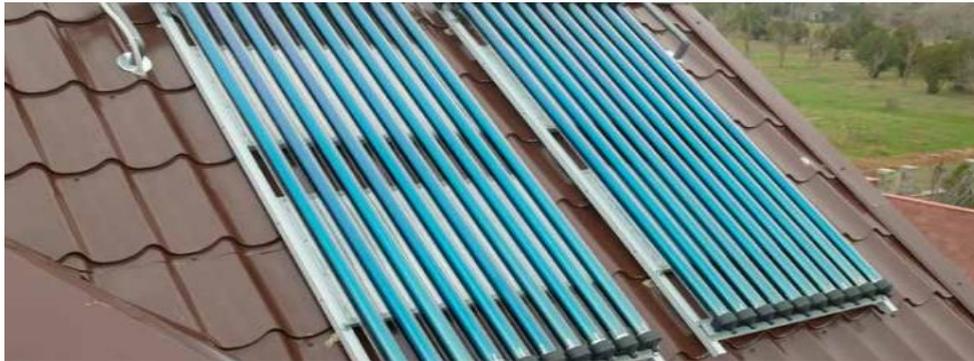
Nota. Fuente: Ruiz (2021)

1.15.1 Sistemas térmicos solares

De acuerdo a SEDIGAS (2018) con base en lo definido en la Guía sobre aplicaciones de la energía solar térmica, las infraestructuras de las bases de paneles solares que se encuentran en mayor capacidad de producción e implementada en una escala de área mayor que otras plantas son las que generan agua caliente de salud pública, pero no es la única implementación que se puede dar uso a este recurso de energía renovable sino también con el aumento de nivelación de piscinas para usos industriales, para generación de cámaras de enfriamiento como es en las empacadoras de frutas de exportación y de calefacción a nivel antropogénico las cuales son las que se mantienen en una mayor oferta y demanda, así como también el uso de energía solar térmica para uso de agua caliente en viviendas como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Sistema solar térmico



Nota. Imagen tomada de la *Guía sobre aplicaciones de la energía solar térmica*. Fuente: (SEDIGAS, 2018)

1.15.2 Sistemas fotovoltaicos

En referencia a lo expuesto por Abella (2020), la implementación de la infraestructura de energía solar es conocida como sistemas fotovoltaicos lo cual permite la captación de la irradiación solar en los periodos de heliofanía y por medio de procesos de conversión , la radiación se convierte en generación de electricidad aprovechable la cual es realizada por medio de los materiales de una célula solar diseñada para la captación y transformación de la energía la cual se permite trabajar por medio de diseños conectados a la red o de sistemas independientes a una conexión de red y que realiza sus actividades por medio del uso de baterías, por lo que se clasifican con base en este indicador y se los conoce como : sistemas fotovoltaicos autónomos y sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

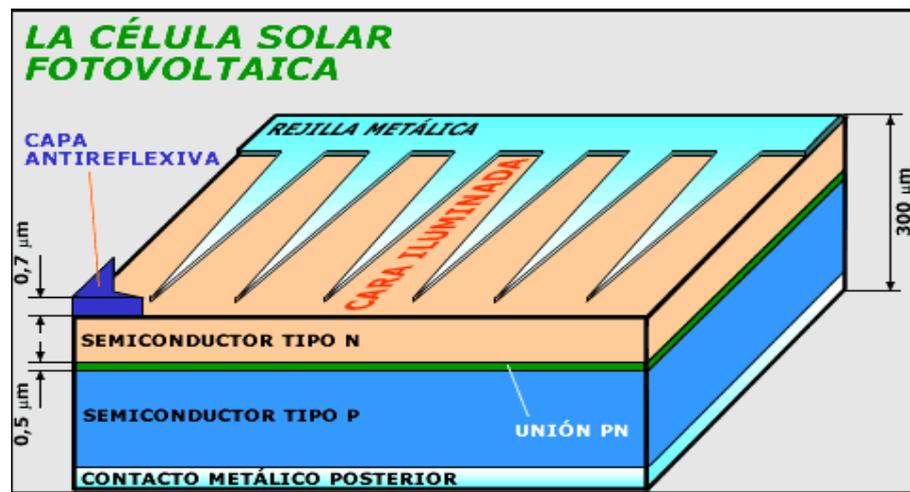
1.15.3 Célula fotovoltaica

Como indica Duarte (2018) la célula fotovoltaica es uno de los componentes más importantes de un sistema fotovoltaico, principalmente el de característica autónomo – independiente en el cual se considera como paneles fotovoltaicos los que permiten transformar la energía captada por la radiación solar y se convierte a través de las celdas a energía eléctrica la cual es acumulada a través de baterías implementadas que son requeridas o gastadas al momento que no exista el recurso a disposición por diversos fenómenos climatológicos posibles, así mismo otro componente importante es el regulador de carga el cual permite proteger a las baterías de acumulación de cualquier descarga eléctrica que exista en el proceso y adicionalmente el Inversor el cual es necesario para dimensionar el sistema sobre la base del paso de la corriente sea continua o alterna.

El efecto fotoeléctrico permite transformar directamente energía solar en cualquiera de sus dos manifestaciones, ya sea directa o difusa en una forma eficiente de energía eléctrica continua, la cual se convierte en una alternativa de amplia difusión en centros urbanos donde apoyan los sistemas eléctricos existentes y en las regiones rurales que por su topografía hacen dificultoso el acceso de las redes eléctricas convencionales. (Mesa, 2019) En la Figura 4 se expone la estructura de una celdular solar fotovoltaica.

Figura 4

Estructura de la célula solar



Nota. Fuente: (Duarte, 2018)

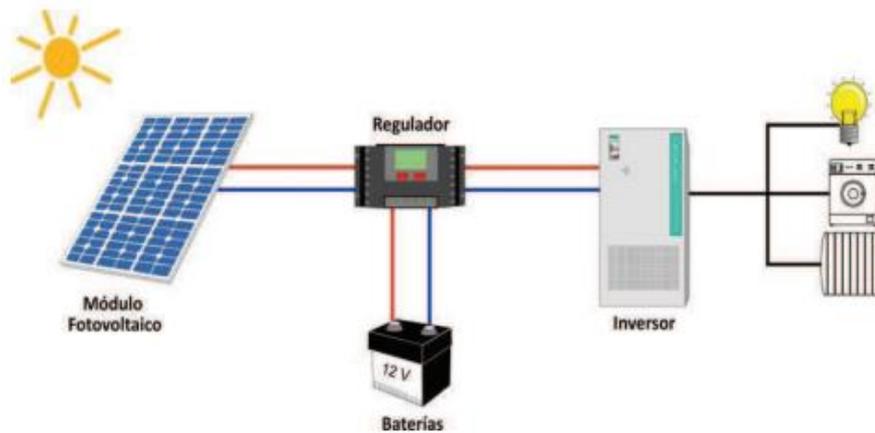
1.16 Componentes de sistema fotovoltaico

Dentro de los componentes de un sistema fotovoltaico sea conectado a red o autónomo, las principales unidades que conforman un sistema aislado son las celdas fotovoltaicas, el regulador de carga, el inversor y las baterías de acumulación de energía. Estos componentes son vitales para la operación del sistema ya que permite captar, derivar y almacenar la carga como energía eléctrica como nos indica Autosolar (2018). Las placas solares son vitales en la funcionalidad de los sistemas fotovoltaicos porque convierte la energía solar en corriente continua y estas se clasifican en dos principales grupos con base en el origen de su material según sean polis o mono cristalinos. El regulador de carga funciona para prevenir daños por medio de los excesos de energía generado por la herramienta fotovoltaica, a su vez, la importancia del sistema de acumulación conformado por baterías que son recargadas con la generación de energía, sin embargo, como el gasto o demanda energética es variable, la energía se queda reservada en esta localidad para ser utilizada cuando sea requerida. Seguido por el inversor quien permite transforma la energía disponible de corriente continua a corriente

alterna la cual es la demandada por los beneficiarios. En la Figura 5 se expone el esquema del sistema autónomo.

Figura 5

Esquema de sistema fotovoltaico autónomo



Nota: Fuente: Autosolar (2018)

1.16.1 Regulador de carga

Dentro del componente de un sistema fotovoltaico es la presencia del regulador de carga solar el cual es un instrumento electrónico el cual lleva el seguimiento constante sobre el estado y carga del sistema de almacenamiento, principalmente de las baterías las cuales deberán mantenerse en un abastecimiento óptimo y así no adelantar su periodo de carencia. Este instrumento es instalado en el campo fotovoltaico y lleva el control de la corriente de energía que va desde los paneles solares hasta el sistema de carga; este instrumento es utilizado en sistemas fotovoltaicos autónomos como es explicado por ENERCITY. (2020)

1.16.2 Baterías acumuladoras

Como indica Energía Now Organization (2017) Las baterías acumuladoras se encuentran asignadas en un bando de baterías que por regla general son conformadas por un grupo de 24 baterías, sin embargo, existen diferentes tipos de batería a utilizarse dentro de los sistemas fotovoltaicos clasificándose principalmente por el tipo de material usado como son las baterías de plomo, baterías de plomo – ácido, baterías tubulares, baterías de níquel-cadmio.

1.16.3 Inversores solares

Con base en lo explicado por Autosolar dentro de los componentes del sistema fotovoltaico se encuentran los inversores solares los cuales se encuentran anexos a las baterías y convierten la energía corriente captada por los paneles solares y permiten que se transmita en forma de corriente continua que es la forma en que la energía puede ser aprovechada por el

consumidor. La característica de los inversores para los sistemas autónomos debe generar ondas senoidales puras para no dañar o presentar imperfectos en los aparatos que se conecten a esa red.

Como indica EMIGUE (2017) los inversores se clasifican generalmente por la potencia de salida que posean, pero adicional se consideran indicadores como el tipo de onda, voltaje de protección, manejo de inversores, estado de las baterías de carga, inversores para sistema conectado a red o sistema autónomo, según el tipo de carga en el que se encuentra el monofásico y trifásico.

1.16.4 Panel solar

De acuerdo con la evaluación de Hill (2021), la clasificación de los paneles solares viene por parte de la implementación de la tecnología del material con el que se fabrican las células fotovoltaicas que son principalmente de Silicio cristalino (mono cristalino y multi cristalino) y Silicio amorfo, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Diferencias entre paneles monocristalinos y policristalinos

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Mono cristalino	24 %	15-18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Poli cristalino	19-20 %	12-14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Nota. Tabla comparativa entre los tipos de paneles solares. Fuente: Hill (2021)

1.16.5 Conexiones entre módulos fotovoltaicos

El tipo de conexiones entre los módulos fotovoltaicos se dan por medio de las conexiones que son determinados por número de paneles solares los cuales se encuentran diferenciados como conexionado en serie, conexionado en paralelo, conexionado mixto. El conexionado en serie permite que la tensión total agrupada sea la sumatoria de las tensiones de cada célula y la corriente total genere energía; mientras que el conexionado en paralelo permite que los paneles se unan por los terminales positivos y negativos respectivamente. Sin embargo, el conexionado mixto en donde interviene la tecnología de serie y de paralelo en el cual se necesitan conseguir corrientes y tensiones de salida determinadas como lo explica la Cooperación Alemana al Desarrollo – GIZ (2018).

En cuanto a la protección contra las descargas atmosféricas explicado por Mora Villagómez (2020) se determinan que este tipo de descargas suelen provocar considerables variaciones en el potencial de los sistemas eléctricos los cuales se encuentran a disposición de los edificios o infraestructura que va a aprovechar la dotación de energía, cuando suceden estos eventos pueden provocarse corrientes considerables en las canalizaciones, por lo que la protección de estructuras es más fuerte que la protección electrónica

Lo que coincide con lo expuesto por Swiss Re Corporate Solutions (2018) en el que se indica que un sistema de protección maneja el resguardo de la estructura por medio de los terminales aéreos más conocidos como para rayos los cuales se encuentran puestos en el suelo con base en las características de estos. Se sugiere agregar supresores que forman un círculo de protección.

1.16.6 Sistema de protección puesta a tierra

Lo explicado por Mora Villagómez (2020) que dentro de un sistema de protección que se encuentra disponible al nivel del suelo, el mismo tiene la funcionalidad de captar al rayo disponible el cual va a conducir y disipar su energía enviándolo por medio del sistema de terminales a tierra.

1.17 Sistemas fotovoltaicos

1.17.1 Autónomos para autoconsumo

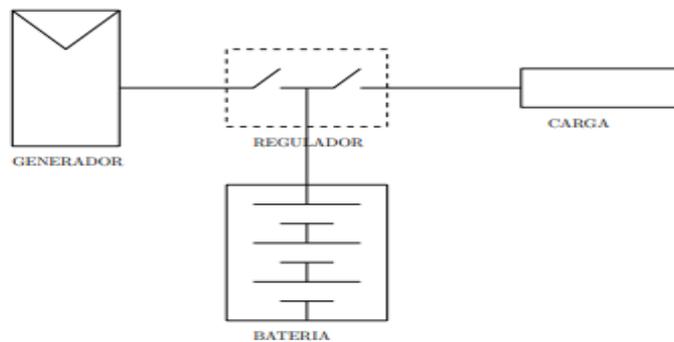
A partir de los sistemas autónomos de autoconsumo se establece un sistema fotovoltaico autónomo el cual a través de procesos de conversión de materia, el mismo, produce energía eléctrica a través de radiación solar y así poder suministrar la demanda energética, las cuales no se encuentran anexadas o configuradas a una red energética principal sino que su

generación es para el abastecimiento de su propia funcionalidad como infraestructura. La Figura 6 muestra el diagrama esquemático de la configuración de un sistema autónomo.

Figura 6

Configuración de sistema autónomo

Configuración SHS



Nota. Fuente (Abella, 2020)

1.18 Hora solar pico

Como definición brindada por Lata (2017) la hora solar pico (HSP) es la unidad con la cual se determine y mida el tiempo de la irradiación solar y su intensidad, se trabaja con las unidades de W/m^2 (energía/área) con la cual se logra calcular unas estimadas horas de irradiación; adicionalmente existe un valor fijo o constante de hora referencial solar pico siendo de $3,6 MJ/m^2$ el cual se emplea la fórmula para el cálculo de la Hora Solar Pico; en nuestro país este valor es dado por Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y el Atlas solar del Ecuador por medio de la aplicación de datos mensuales.

CAPÍTULO II

2. Marco Referencial

2.1 Estudios Referenciales

El presente trabajo de investigación está relacionado con la factibilidad del dimensionamiento de un sistema Solar Fotovoltaico para la generación de energía eléctrica a través de la incidencia de rayos solares, sobre la localidad residencial en el catón Samborondón, en la Urbanización Terrasol. Para poder llevar a cabo el trabajo de factibilidad, se toma como referencia la investigación elaborada por Katherine Rodríguez, Angela Cadena, Andrés Julián Aristizábal, sobre el diseño de sistema energía solar fotovoltaica para uso residencial en Chía, Cundinamarca (Ana Katherine Rodríguez Manrique, 2015).

El objetivo de dicha investigación es presentar un análisis técnico y económico, para el uso residencial de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica pública en la localidad de Chía, Cundinamarca. La evaluación fue realizada para tres tipos de viviendas fabricadas por una constructora, las cuales deben cubrir el 100%, 70%, y 40% de los perfiles de carga de dichas viviendas a construir (Ana Katherine Rodríguez Manrique, 2015).

Los resultados indican que, gracias a las nuevas políticas gubernamentales de la república de Colombia, para incentivar tecnologías de generación no convencionales, permitirían que la recuperación de la inversión del proyecto se puede efectuar hasta los 7 años y medio para el 100% de la demanda residencial analizada (Ana Katherine Rodríguez Manrique, 2015).

Como conclusión los investigadores del Proyecto elaborado en Chia Cundinamarca – Colombia, determinan lo siguiente: La viabilidad técnica depende de manera exclusiva del área disponible para la instalación del sistema solar fotovoltaico. El área disponible para la instalación del sistema solar fotovoltaico se ha determinado con criterio técnico, el mismo que debe ser instalado en el techo plano para poder tener mayor ganancia de generación eléctrica. La regulación actual en Colombia no limita la implementación de energías renovables, pero tampoco muestra incentivos para que estas se efectúen (Ana Katherine Rodríguez Manrique, 2015).

El lugar donde se pretende realizar la factibilidad de sistema solar fotovoltaico está cerca de la ciudad de Guayaquil (zona residencial de Samborondón), donde se ha evidenciado que la incidencia de rayos solares es aceptable para la generación de energía eléctrica (PVSyst, 2022). Es necesario entender que la generación de energía eléctrica a través de sistemas solares

fotovoltaicos se encuentra en su auge, cabe mencionar que en el Ecuador estos proyectos se vienen implementando de forma reiterativa.

Actualmente en el punto de Chanduy Provincia de Santa Elena, existe un proyecto fotovoltaico que satisface a una parte del sector agrícola, el cual tiene 413,4 kWp de potencia instalada, en la cual se usaron 780 paneles, los cuales son de origen alemán de la marca SMA, instalados por la empresa GENERA (GENERA, 2023).

El impacto más importante sobre este proyecto recae en el ámbito ambiental significativo, una gran medida de mitigación de gases de efecto invernadero de mundo Banana, esto hace que la huella de carbono de la finca Don Polo reducirá más de 100 toneladas de dióxido de carbono equivalente por año. (GENERA, 2023).

La viabilidad del estudio que se está realizando, demuestra que el sector de acuerdo con criterios técnicos ambientales y ecológicos son de suma importancia, sin embargo, el impacto ambiental para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos es de mucha importancia, ya que esto ayuda a reducir la contaminación y provoca el incremento de uso de energías renovables para beneficio de todos.

En la Isla Mocolí, ubicado en el sector residencial de Samborondón, dicho sector es el mismo donde se encuentra ubicado el lugar de análisis de esta investigación. En este sitio, se ha ejecutado la instalación de un proyecto de generación de energía fotovoltaica de 5.05 kWp de potencia instalada, el cual presta servicio a una residencia (GENERA, 2023).

Todas estas investigaciones y proyectos dan a evidenciar la viabilidad sobre la factibilidad de un sistema fotovoltaico para uso de residencia, con la finalidad de contribuir con el ejercicio de conservación del medio ambiente y la reducción de gastos por concepto de consumo de energía eléctrica.

2.2 Marco Legal

En las dos últimas décadas, la República del Ecuador a través del Consejo Nacional de Electrificación, permite ejecutar regulaciones sobre la generación de energía eléctrica para el consumo dentro y fuera de la población nacional. Esta también contribuye a introducir cambios sobre el sector ambiental a fin de mitigar los efectos de contaminación por la generación de energía eléctrica.

También realiza actividades con vistas a alcanzar a la medida de lo posible la sustentabilidad eléctrica del sector. (387, 4 de noviembre del 2015).

Actualmente la Regulación ARCONEL No. 003/18 “Generación Fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica” (octubre del 2018), determina lineamientos para la generación eléctrica basada en sistema solares Fotovoltaicos. En la actualidad existen 34 Sistemas Solares Fotovoltaicos instalados en el territorio ecuatoriano estatales, los cuales equivalen a una potencia efectiva de 26,74 MW ((CNP), 2017).

La LOSPEE, establece en sus considerandos, que la modernización de las redes eléctricas debe considerar, entre otros aspectos, la generación distribuida.

Art. 26: Señala que la electricidad producida con recursos renovables de energía contará con condiciones preferentes establecidas a la red de distribuidora.

Para el efecto de este proyecto basándonos en las normativas legales que se encuentra en el registro oficial número 84, y también basado en el registro oficial 387 donde se protege los recursos hídricos, y al ver que el proyecto es de utilización única y exclusiva del sol, el mismo es viable ya que no afecta el agua a una futura contaminación, lo cual, basando en la ley ambiental vigente del país, este proyecto no afectaría al mismo.

En cuanto al Reglamento General de la LOSPEE en el Art. 24, establece que los usuarios finales, previa calificación, podrán instalar sistemas de generación a partir de Energías Renovables No Convencionales – ERNC para su autoabastecimiento, y podrán vender eventuales excedentes a la distribuidora correspondiente, observando las condiciones técnicas y comerciales que se establezcan en la normativa que para el efecto emitida la ARCERNNR. La tabla 3 se basa con la vigente Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021 donde se establece la vida útil de cada tecnología.

Tabla 3

Vidas útiles aplicables a cada tecnología de generación eléctrica

Tecnología	Vida Útil (años)
Fotovoltaica	25
Eólica	25
Biomasa	20
Biogás	20
Hidráulica	30

Nota: Datos obtenidos de la Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021

Además, hacer referencia a las otras Normativas y Regulaciones emitidas por la ex ARCONEL actual ARCERNNER (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables); se deben considerar específicamente para la implementación de este

sistema fotovoltaico a las disposiciones y reglamentaciones asociadas a las normativas vigentes que exige el marco legal del país, esto es las Resoluciones Nro. ARCONEL-042/18 y la Nro. ARCERNNR-013/2021, respectivamente, así como la regulación Nro. ARCONEL 003/18.

La agencia de regulación y control ha emitido ciertas regulaciones garantizadas que las empresas de Generación y distribución cumplan con las mismas, por ello, se cita las normativas más importantes.

- ARCONEL 005/18.- Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica
- La CONELEC 003/08.- Que hace referencia a la calidad del transporte de electricidad como del servicio de transición y conexión en el Sistema Nacional de Interconectado (Regulación No. CONELEC - 003/08)
- ARCONEL 003/18.- La generación fotovoltaica es para el autoabastecimiento para el consumo final de energía eléctrica.
- ARCONEL 001/18.- Franjas de servidumbre y distancias de Seguridad

La Resolución ARCONEL 003/18, será la que vamos a utilizar en nuestro proyecto de sustentación, esta es una norma registrada el 22 de Febrero del 2019, que tiene como objetivo principal es el establecimiento de las condiciones para el desarrollo, implementación y participación se debe tener en cuenta la instalación de un sistema de micro generación Sfv hasta 100kW de capacidad nominal consumidores residenciales o que tengan interés en instalar sistemas fotovoltaicos de hasta 300 KW de capacidad nominal instalada; y, de hasta menos de 1000 kW, para consumidores comerciales o industriales.

CAPITULO III

3 Marco Metodológico

3.1 Metodología

La metodología de investigación a seguir para la ejecución de la Factibilidad de un sistema solar fotovoltaico para la alimentación energética de una residencia ubicada en la Zona residencial de Samborondón Urbanización Terrasol, cerca de la ciudad de Guayaquil, se realizará análisis factibles para poder determinar si la geografía de la ubicación de la residencia es óptima para la instalación de paneles solares y que tipos de equipos se recomiendan utilizar para dicha área, teniendo en cuenta los conceptos del ejercicio de rayos solares y el potencial de generación de energía, dichos datos se obtendrán a través del Programa METEONORM el cual está conectado a una red de 7400 estaciones meteorológicas a nivel mundial, el cual en el Ecuador se tomará datos del INAMHI los cuales son respaldados sobre el programa mencionado.

Se hará estudio sobre los factores y dimensionamiento del techo la vivienda con la finalidad de poder verificar si requiere adecuaciones o si es factible ubicar los paneles solares en otro lugar.

Se evaluará el impacto ambiental por la instalación de paneles solares que conforman el sistema solar fotovoltaico a factibilizar, estos datos servirán para poder mejorar futuras investigaciones e implementaciones, y la forma de poder mitigar todas las formas de contaminación al ecosistema, ya sea este ambiental o visual.

Para la presente investigación es necesario tomar el modelo DPSIR, cuyas siglas en inglés significan, factor determinante, presión, estado, impacto y respuesta, que ha desarrollado, el mismo que fue puesta en uso por la Agencia Europea de Medio ambiente para poder evaluar el área de estudio donde se va a realizar la factibilidad de un sistema solar fotovoltaico, que va a generar energía eléctrica para el consumo residencial.

3.2 Modelo de Investigación Para Utilizar DPSIR

Al comienzo de los años 90, la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo toma y adapta como ayuda de trabajo en el modelo temprano de “respuestas al estrés” de RAPPORT Y FRIEND (1979) transformando en el Marco de Referencia Presión Estado-Respuesta (PER). Este simple marco, únicamente mide que las actividades humanas

ejercen presiones sobre el medio ambiente, pudiendo inducir cambios en el estado del mismo. Ante esto, la sociedad responde con las políticas económicas y ambientales, y con programas oportunos para prevenir, reducir y mitigar presiones y/o daños medio ambientales. (Nagore, 2007)

Las naciones unidas trabajaron con el modelo FER, el mismo que aplicaron al diseño de los indicadores sostenibles. Tal es la referencia del FER, que el término “presión” reemplaza por el nombre de Fuerza Motriz (fuerza motriz – estado- respuesta), la misma que incluye ahora los nombres como sociales, económicos, medio ambientales e institucionales. (Nagore, 2007).

El modelo FER fue revisado y modificado por la AEMA, el cual cambia a un modelo denominado FPEIR (fuerza motriz, presión, estado, impacto y respuesta) la cual es más conocida como DPSIR, todo esto se encuentra concatenado, es decir, las fuerzas motrices realizan fuerza sobre el terreno o territorio, y las cuales causan impacto sobre el lugar de la actividad, viendo esto la sociedad actúa y toma conciencia y responde a los cambios que se efectúan tomando las políticas que se aplican.

Directamente el modelo DPSIR, proporciona una visión integrada de los eventos relacionados con las causas que producen, incluyendo en el modelo las respuestas surgidas desde las administraciones públicas, los grupos económicos y sociales.

El elemento State facilita información acerca del lugar donde se desea evaluar la factibilidad del sistema solar fotovoltaico para una residencia, es necesario indicar que al denunciar o manifestar sobre la información proporcionada con el elemento, hace referencia al cambio del territorio, así mismo como los impactos aluden a los efectos originados debido al cambio producido en el lugar.

3.3 Métodos

3.3.1 Investigación y selección

De acuerdo con los puntos detallados en el ítem anterior, los cuales son la metodología para realizar, a continuación, se presenta los pasos a seguir para poder cumplir de manera fiable para que la presente investigación sea ejecutada. Con base en el Pliego Tarifario emitido por la actual ARCERNNR, en la cual se establecen los valores económicos por rangos de consumos que nos permite cuantificar los valores energéticos en la planilla mensual emitida por la CNEL EP – GLR, originados por la demanda (kW) y consumo (kWh mes) del predio o residencia según su tarifa aplicada:

- Los datos de la información para obtener la demanda eléctrica a través de energías renovables en el Ecuador son proporcionados por la ex ARCONEL actual ARCRNNR a través del ARCERNNR, el cual tiene los datos sobre la demanda eléctrica que hace vital la necesidad de sistemas solares fotovoltaicos de uso no convencional, a su vez a través del Reglamento General de la LOSPEE en el Art. 24, establece que los usuarios finales, previa calificación, podrán instalar sistemas de generación a partir de Energías Renovables No Convencionales – ERNC para su autoabastecimiento, y podrán vender eventuales excedentes a la distribuidora correspondiente, observando las condiciones técnicas y comerciales que se establezcan en la normativa que para el efecto emitida la ARCERNNR.
- Para ejecutar la selección del lugar o Zona geográfica a realizar la factibilidad de sistema solar fotovoltaico se considerará los datos tomados en investigaciones ejecutadas por otros autores en campo y los cuales hayan sido tomados por estaciones meteorológicas o programas como el Meteororm el cual está conectado con 7400 estaciones meteorológicas en el mundo.
- Se revisará leyes ambientales que permitan ejecutar la factibilidad de un sistema solar fotovoltaico para uso residencial bajo regulaciones ecuatorianas. Para este efecto se requiere tomar datos de trabajos de investigación para la obtención de análisis de incidencia solar de la Zona geográfica tomada.
- La utilización de herramientas con el programa PVSyst, permitirán visualizar con mayor proyección que tipos de equipos se requieren utilizar y si el área geográfica proporcionara durante el año la energía necesaria para poder ser utilizada en la vivienda analizada.
- Se analiza el consumo de energía durante el periodo de un año de la vivienda, las mismas que son tomadas de las facturas mensuales dadas por CNEL E.P-GLR. una vez efectuado dicho análisis se evidenciará cuan robusto debe ser el sistema para analizar para que pueda producir dicha cantidad de energía y de esta manera reducir los gastos económicos por facturación.
- Se analiza datos de estructura del techo de la vivienda a fin de poder determinar si es viable el análisis de factibilidad para determinar la ubicación de los paneles solares y si en dicho lugar se podrá obtener la mayor cantidad de incidencia solar para la generación de energía eléctrica.

3.4 Metodología de Trabajo (Técnica, herramienta y procedimiento)

Bajo la presente Tabla 4, se podrá manifestar las etapas, métodos y técnicas que se utilizaran en la presente investigación.

Tabla 4

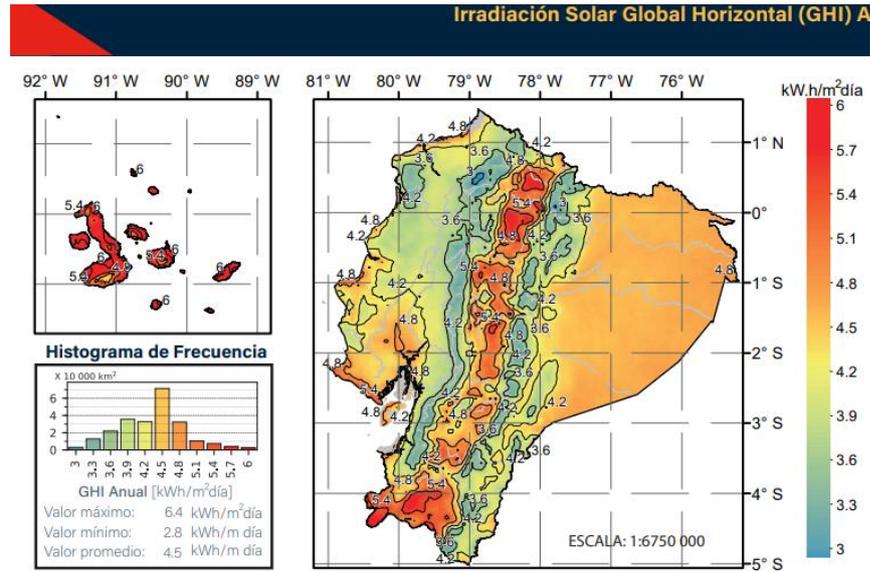
Técnicas, Herramientas y Procedimientos

Etapas del proceso investigación-acción	Método utilizado	Técnica utilizada
Evaluación de la geografía del lugar para la facilidad de sistema solar fotovoltaico.	Estudio comparativo del área geográfica por medio de investigaciones que han sido realizadas en las zonas cercanas al área seleccionada.	Datos de investigación y de estudios.
Análisis de la incidencia de rayos solares	Se analizará la incidencia de rayos solares en el área seleccionada.	Datos de investigación y de estudios proporcionados Meteonorm.
Selección de los equipos que serán considerados para la factibilidad de sistema solar fotovoltaico.	Con base en la incidencia de rayos solares y los arojados por el simulador PVSyst el cual detallará el equipos a utilizar	Datos proporcionados por Meteonorm. Reposte final del sistema PVSyst
Estudio de Impacto ambiental que provoca la factibilidad de un sistema solar fotovoltaico.	Análisis de contaminación visual y ambiental.	Datos ambientales Datos de diseño estético de vivienda
Información de la facturación mensual por consumo de energía eléctrica de la vivienda	Análisis de consumo mensual de energía eléctrica	Facturas mensuales proporcionadas por CNEL E.P-GLR

Nota. Metodología de Trabajo, Fuente: Autor

3.5 Mapa de la irradiación del Ecuador

Como explica Vaca Revelo (2019) dentro de las herramientas para evaluar los niveles de radiación para el diseño e instalación de sistemas solares fotovoltaicos para la implementación y desarrollo de las energías limpias es requerido como elemento clave el mapa de calor – irradiación nacional con el cual se puede proyectar futuros proyectos de ampliación de plantas de energía solar y así poder lograr disminuir las emisiones de carbono, por lo que se debe tener en pleno conocimiento los datos de radiación local que sean fidedignos.

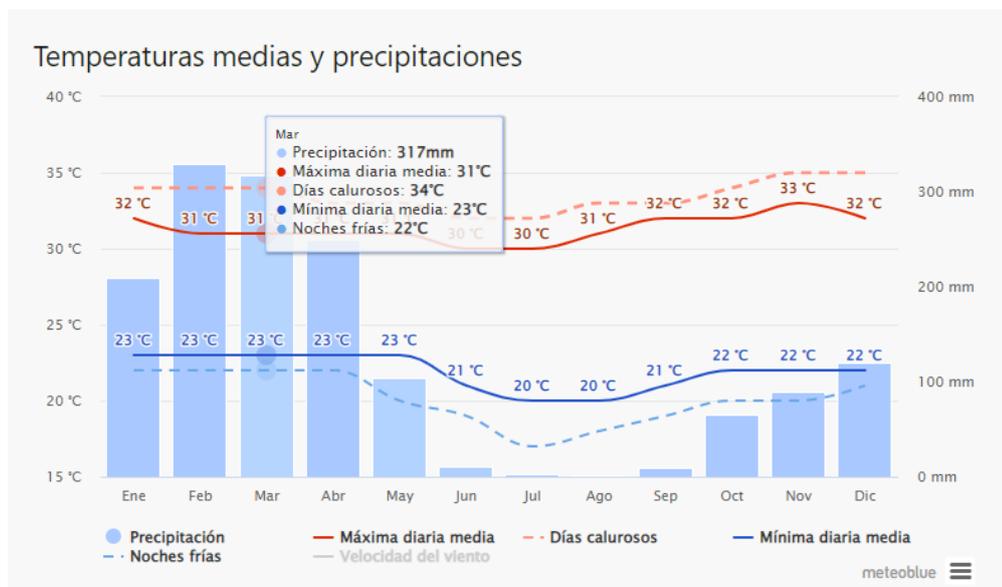
Figura 7*Mapa de Irradiación Solar del Ecuador*

Nota. Fuente: Vaca Revelo (2019)

3.6 Datos meteorológicos en el lugar de implementación

Para poder estimar el proyecto de la instalación de una planta de paneles solares se requiere previamente conocer de manera indispensable los datos meteorológicos del sector como es temperatura, heliofanía, radiación, velocidad de viento y niveles de precipitación, los cuales darán los resultados previos para analizar la factibilidad de implementación de este sistema de generación eléctrica que su única y principal fuente es la radiación que se da en un periodo determinado, por lo que se estima por medio de lo indicado por Meteoblue (2022) a nivel de estudios realizados a través de 30 años en el sector de Guayaquil se expone que la máxima diaria media de temperatura por día es de 31 grados Celsius.

Adicionalmente los datos de precipitación y proyecciones de la misma son de carácter útil a motivo que se establece para la planificación de heliofanía y de dotación de radiación y así poder aminorar los efectos en la generación eléctrica causados por los efectos estacionales. En la Figura 8 se observa el registro anual de temperatura media y precipitaciones de Guayaquil.

Figura 8*Mapa de Irradiación Solar del Ecuador*

Nota. Fuente: Meteoblue (2022)

3.7 Ubicación geográfica de la residencia

El área para trabajar para la factibilidad de un Sistema Solar Fotovoltaico para uso residencial se encuentra ubicada en la Zona Residencial de Samborondón Urbanización Terrasol (ubicada a 1Km de Guayaquil) provincia de Guayas. Dicho lugar cuenta con una población alrededor de 100.000 habitantes (datos tomados de la página oficial del Municipio de Samborondón). Es necesario indicar que el lugar de la factibilidad a realizar hace referencia a la zona residencial de clase alta, el cual se encuentra cruzando el Río Guayas desde Guayaquil. Es evidente que, al ser este sector de clase alta, las viviendas corresponden a Urbanizaciones cerradas.

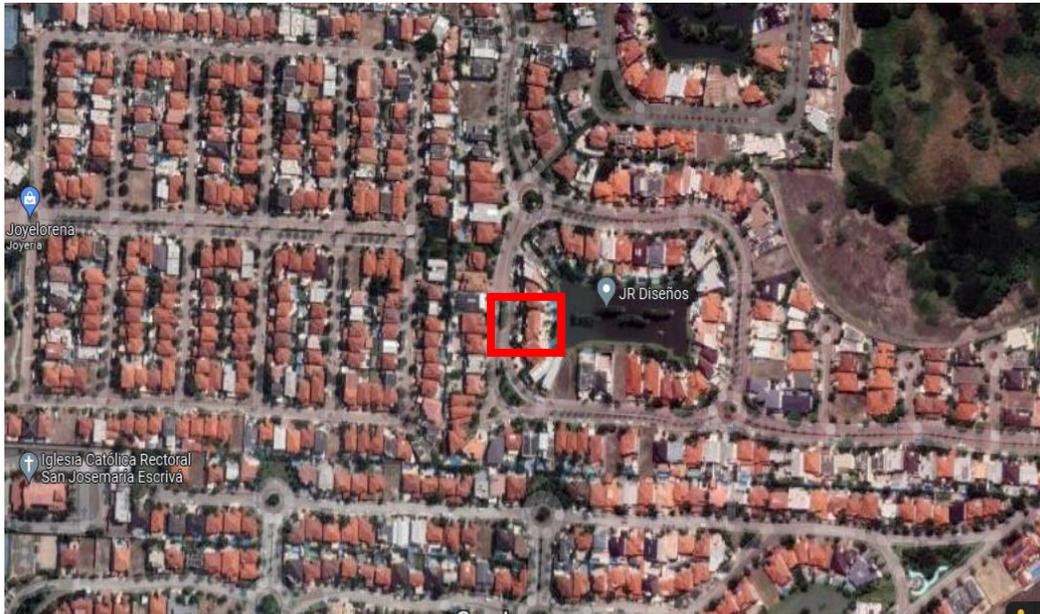
También se recalca que la Zona residencial de Samborondón tiene un alto nivel comercial, ya que contempla con centros comerciales que permiten la dinamización de la economía fluctuante del sector, acogiendo personas del lugar, de Guayaquil, Duran y sus alrededores, dando a lugar que el consumo energético del mismo es alto y se requiere de una idea innovadora que ayude a disminuir el presupuesto de gastos en energía eléctrica y las mismas que contribuyan con la conservación del medio ambiente.

El área de estudio ha sido elegida debido a que no existe infraestructura mayor que tape la visibilidad directa de los rayos solares al ser viviendas que han sido construidos en terrenos espaciosos e independientes (no adosados a sus vecinos).

A continuación, en la Figura 9 se presenta la ubicación geográfica, donde se analizará la facilidad del Proyecto de Sistema Solar Fotovoltaico.

Figura 9

Ubicación de la residencia



Nota. Fuente: Google Maps

Para analizar la viabilidad de instalación del sistema solar fotovoltaico es importante conocer la altitud y latitud de la vivienda a factibilizar el sistema solar fotovoltaico, como se muestra en la tabla

Tabla 5

Información geográfica de la vivienda

Coordenadas		Altitud (m) (msm)
Grados Decimales (DD)		
Latitud	Longitud	
-2.086	-79.869	4

Nota. Los valores se obtuvieron a través de la aplicación Google Maps. Fuente: Autor.

Para determinar las fuerzas motrices de acuerdo con la metodología DPSIR se realizó lo siguiente:

- Búsqueda de información sobre la necesidad del consumo de la energía eléctrica y como se distribuye dicho consumo en la vivienda; ésta sería una de las fuerzas de directrices necesarias para obtener la necesidad de un Sistema Solar Fotovoltaico que permita dar suministro de energía eléctrica a una vivienda o que funcione como respaldo energético de la misma, como así mismo tenemos la incidencia de rayos solares sobre la localidad seleccionada que hacen posibles poder tener geográficamente un lugar óptima para efectuar la factibilidad.
- Recopilación de información a través de bases de datos entregadas en páginas climatológicas que permita analizar las condiciones de radiación solar de la zona de actuación y así determinar la máxima y mínima energía que se puede aprovechar en el sistema fotovoltaico.
- Se evaluará la demanda energética de la vivienda seleccionada para poder determinar la cantidad de paneles solares requeridos para la generación eléctrica complementaria en la vivienda.
- Se utilizará un software de simulación PVsyst, que permitirá generar información relevante a fin de poder determinar si el proyecto es viable, es necesario acotar que dicho programa cuenta que la recopilación de estaciones meteorológicas mundiales que determinan la incidencia real del sol sobre cada lugar de la población.
- Se analizará las posibles afectaciones ambientales existentes de algún tipo de contaminación ambiental al instalar paneles solares, inversores, reguladores o baterías en el área.

3.8 Análisis de Datos

El presente trabajo de investigación hace referencia en el análisis de factibilidad de utilización de Sistema Solar Fotovoltaico en una vivienda unifamiliar. A partir del análisis de la información recopilados se podrá dejar sustentado la viabilidad del desarrollo y futura implementación de este en el área seleccionada, los datos serán analizados por métodos gestionadas por la ciencia para llevar a cabo la eficacia de la factibilidad a realizar.

3.9 Datos de temperatura del área seleccionada

Es necesario conocer las condiciones climáticas de la zona de estudio, para ello se presentan las temperaturas máximas y media del área. La figura 10 muestra los datos mensuales

obtenidos del programa Meteonorm de la estación más cercana siendo el aeropuerto de Guayaquil.

Figura 10

Datos de temperatura del punto a analizar

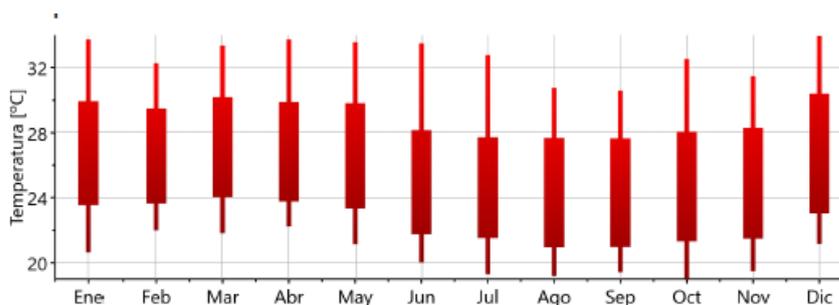
Mes	Ta	Ta min	Ta dmin	Ta dmax	Ta max
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
Enero	26.5	20.6	23.7	29.8	33.7
Febrero	26.4	22.0	23.8	29.3	32.3
Marzo	26.9	21.8	24.2	30.0	33.4
Abril	27.0	22.2	23.9	29.7	33.7
Mayo	26.3	21.1	23.5	29.7	33.6
Junio	25.0	20.0	21.9	28.0	33.5
Julio	24.3	19.3	21.7	27.6	32.8
Agosto	24.0	19.2	21.1	27.5	30.8
Setiembre	24.4	19.4	21.1	27.5	30.6
Octubre	24.4	19.0	21.5	27.9	32.5
Noviembre	24.9	19.5	21.6	28.2	31.5
Diciembre	26.4	21.2	23.2	30.3	33.9
Año	25.5				

Nota. Valores de temperatura ambiente promedio, mínima y máxima de los doce meses del año. Fuente: Meteonorm

En la Figura 11 se observa el histograma de la temperatura promedio en un tiempo de doce meses, tomando como referencia la ubicación geográfica del punto a analizar.

Figura 11

Histograma temperatura mensual



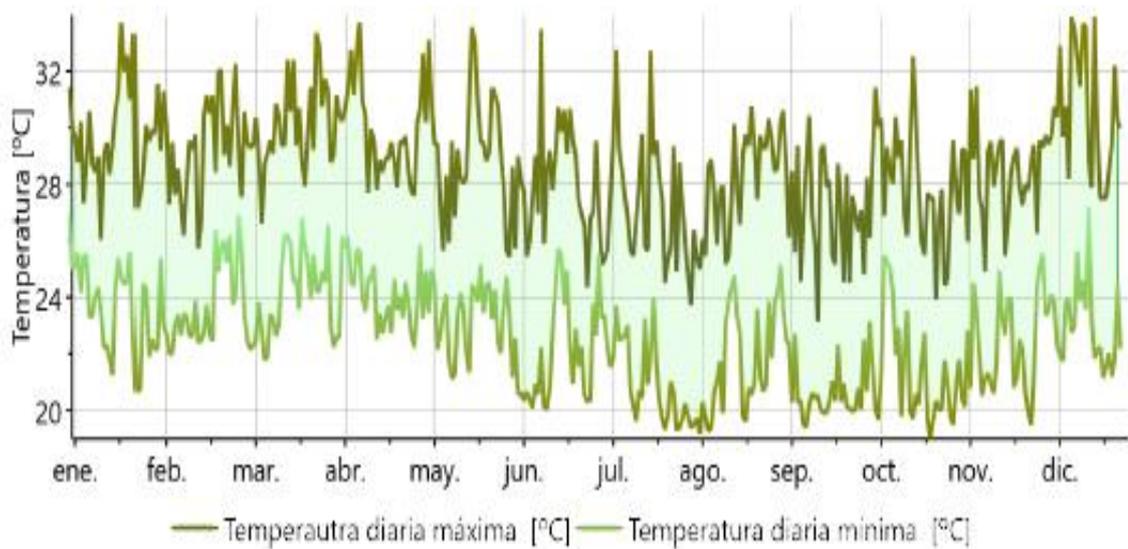
Nota. Fuente: Meteonorm

La temperatura ambiente es un valor importante al momento de realizar el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico, sobre todo para determinar las pérdidas del sistema.

En la Figura 12 se pueden observar los valores de temperatura promedio diaria para la ubicación geográfica de la vivienda que se va a analizar, estos datos fueron obtenidos a través del programa Meteonorm, cuya estación se encuentra en el aeropuerto de Guayaquil, siendo esta la estación más cercana a la zona de estudio para el sistema solar fotovoltaico.

Figura 12

Histograma temperatura diaria



Nota. Fuente: Meteonorm

3.10 Datos de radiación

Se presentan los valores de irradiación solar mensual de la estación más cercana de la zona, siendo el aeropuerto de Guayaquil (datos de Meteonorm), dichos datos son importante para determinar el ángulo azimut a 0 grados, tomado como referencia para calcular el ángulo óptimo de inclinación de los paneles solares.

En la Figura 13 se detalla el valor promedio mensual de radiación de los doce meses del año.

Figura 13*Radiación Solar mensual*

Mes	H_Gh	H_Dh	H_Gk	H_Dk
	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]
Enero	143	79	130	76
Febrero	128	77	120	74
Marzo	153	86	149	85
Abril	151	84	155	85
Mayo	137	76	147	78
Junio	121	73	130	76
Julio	120	70	127	73
Agosto	119	80	122	81
Setiembre	118	79	117	78
Octubre	107	68	102	66
Noviembre	113	72	104	69
Diciembre	134	83	121	79
Año	1545	927	1524	921

Nota. Fuente: *Meteonorm*

En la Tabla 6 se muestran los valores de referencia de radiación solar anual con respecto al ángulo azimut, tomados del programa *Meteonorm*.

Tabla 6*Referencia de Radiación Solar Anual*

	Días	Azimut 0° (kWh/m ² día)	HGK/Mes	Radiación Azimut -
				180 (kWh/m ² día)
Enero	31	4,16	130	4,19
Febrero	28	4,68	120	4,29
Marzo	31	5,03	149	4,81
Abril	30	4,73	155	5,17
Mayo	31	4,45	147	4,74
Junio	30	3,97	130	4,33
Julio	31	3,58	127	4,10
Agosto	31	4,06	122	3,94
Septiembre	30	4,77	117	3,90
Octubre	31	4,68	102	3,29
Noviembre	30	4,30	104	3,47
Diciembre	31	4,39	121	3,90
			Media	4,18

Nota: Radiación Solar del área geográfica, Fuentes: *Meteonorm*

3.11 Consumo energético de la vivienda

A continuación, se detallan los datos de consumo y facturación de los últimos 12 meses (abril del 2021 hasta marzo del 2022) de la vivienda a analizar la factibilidad de sistema solar fotovoltaico como se muestra en Tabla 6. En la figura 14 se presenta la demanda de la vivienda anual.

Tabla 7

Planilla proporcionada por CNEL E.P-GLR

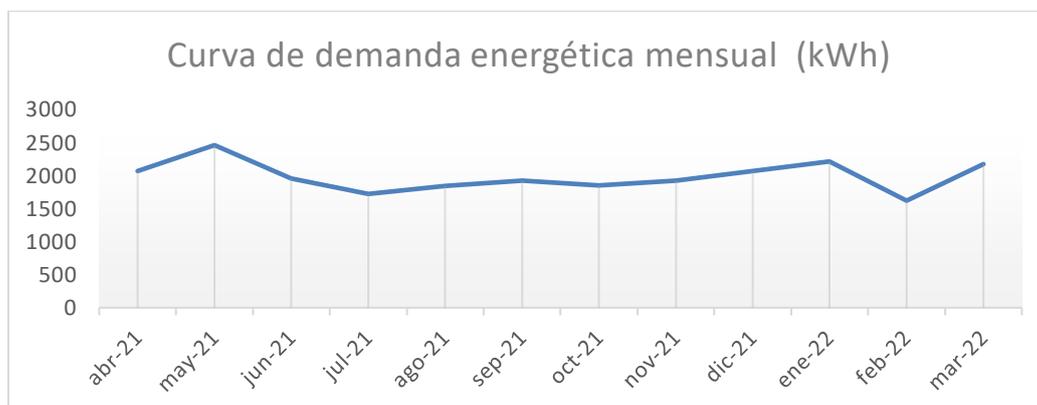
SIN ENERGÍA SOLAR			
FACTURACIÓN			
MES	CONSUMO (kWh)	FACTURA CNEL-GLR 1 (\$)	
mar-22	2171	\$	517,00
feb-22	1620	\$	314,00
ene-22	2210	\$	532,00
dic-21	2068	\$	485,00
nov-21	1922	\$	432,00
oct-21	1853	\$	406,00
sep-21	1922	\$	442,00
ago-21	1843	\$	416,00
jul-21	1724	\$	359,00
jun-21	1958	\$	439,00
may-21	2461	\$	624,00
abr-21	2065	\$	478,00
TOTAL	23817	\$	5.444,00
PROMEDIO	1985	\$	453,67

Nota. Panilla de consumo mensual tomado de un año (abril del 2021 hasta marzo del 2022),

Fuente: CNEL E.P-GLR

Figura 14

Grafica de Curva de consumo anual de energía



Nota. Fuente: Autor

Adicional, se adjunta en la Tabla 8 el detalle de consumo de todos los equipos y aparatos eléctricos con la potencia (kW).

Tabla 8

Potencia de equipos eléctricos de la vivienda

Ubicación	Circuito	Potencia	Cantidad	Potencia total	Factor de simultaneidad	Horas	Ajuste de consumo	Consumo (Wh)
Alumbrado jardín, garaje, pasillo lat izq	A1	20	10	200	0.6	6	100%	720
Alumbrado jardín frontal, pasillo lat drch	A2	20	11	220	0.6	6	100%	792
Alumbrado lavandería, hall, cto serv, cto bomba	A3	20	11	220	0.6	1	100%	132
Alumbrado cocina, baño, visita, pasillo interior	A4	20	14	280	0.6	6	100%	1,008
Alumbrado dormitorio máster	A5	20	14	280	0.6	6	100%	1,008
Alumbrado sala tv, comedor	A6	20	9	180	0.6	4	100%	432
Alumbrado terraza	A7	20	10	200	0.6	1	100%	120
Alumbrado BBQ, cto bomba, baño piscina	A8	20	12	240	0.6	1	100%	144
Alumbrado patio deck	A9	20	10	200	0.6	6	100%	720
Alumbrado piscina	A10	20	3	60	0.6	4	100%	144
Alumbrado jardín patio posterior	A11	20	8	160	0.6	4	100%	384
Alumbrado dormitorio 1	A12	20	8	160	0.6	6	100%	576
Alumbrado dormitorio 2	A13	20	11	220	0.6	6	100%	792
Alumbrado pasillo int, sala doble altura	A14	20	14	280	0.6	6	100%	1,008

Alumbrado doble altura	A15	250	1	250	0.6	6	100%	900
Tomacorriente garaje, cto servicio, pasillo int	T1	150	5	750	0.7	1	100%	525
Tomacorriente porch, hall, baño visita	T2	150	5	750	0.7	1	100%	525
Tomacorriente dormitorio máster	T3	150	5	750	0.7	4	100%	2,100
Tomacorriente dormitorio máster	T4	150	5	750	0.7	4	100%	2,100
Tomacorriente sala	T5	150	4	600	0.7	3	100%	1,260
Tomacorriente mesón cocina	T6	150	5	750	0.7	2	100%	1,050
Tomacorriente mesón cocina	T7	150	5	750	0.7	2	100%	1,050
Tomacorriente comedor	T8	150	5	750	0.7	2	100%	1,050
Tomacorriente sala tv, c to visita	T9	150	5	750	0.7	2	100%	1,050
Bomba agua 120 V	T10	380	1	380	0.8	3	100%	912
Lavadora	T11	300	1	300	0.7	2	100%	420
Plancha	T12	800	1	800	0.7	1	100%	560
Refrigeradora #1	T13	250	1	250	1	24	20%	1,200
Microondas	T14	800	1	800	0.7	1	100%	560
Bomba agua 240 V	T15	380	1	380	0.8	3	100%	912
Secadora	T16	2000	1	2000	0.7	2	100%	2,800
Cocina inducción	T17	1300	1	1300	0.7	3	100%	2,730
Horno 240 V	T18	1500	1	1500	0.7	3	100%	3,150
Calentador agua	T19	2000	1	2000	0.7	4	100%	5,600
Tomacorriente terrazza	T20	150	4	600	0.7	1	100%	420
Tomacorriente BBQ	T21	150	4	600	0.7	1	100%	420
Bomba piscina 120 V	T22	380	1	380	0.8	1	100%	304
Bomba piscina 240 V	T23	380	1	380	0.8	1	100%	304
Tomacorriente dormitorio 1	T24	150	6	900	0.7	4	100%	2,520

Tomacorriente dormitorio 2	T25	150	6	900	0.7	4	100%	2,520
Tomacorriente pasillo interior	T26	150	2	300	0.7	1	100%	210
UE-1 24000 Cocina	T27	2800	1	2800	0.8	4	20%	1,792
UC-1 24000 Cocina	T27	200	1	200	0.8	4	20%	128
UE-2 24000 Comedor	T28	2800	1	2800	0.8	4	20%	1,792
UC-2 24000 Comedor	T28	200	1	200	0.8	4	20%	128
UE-3 24000 Sala TV	T29	2800	1	2800	0.8	4	20%	1,792
UC-3 24000 Sala TV	T29	200	1	200	0.8	4	20%	128
UE-4 24000 Dormitorio master	T30	2800	1	2800	0.8	8	20%	3,584
UC-4 24000 Dormitorio master	T30	200	1	200	0.8	8	20%	256
UE-5 60000 Sala, hall	T31	500	1	500	0.8	4	20%	320
UC-5 60000 Sala, hall	T31	6000	1	6000	0.8	4	20%	3,840
UE-6 18000 Dormitorio 1	T32	2100	1	2100	0.8	8	20%	2,688
UC-6 18000 Dormitorio 1	T32	150	1	150	0.8	8	20%	192
UE-7 18000 Dormitorio 2	T33	2100	1	2100	0.8	8	20%	2,688
UC-7 18000 Dormitorio 2	T33	150	1	150	0.8	8	20%	192
Subtotal							Consumo al Día	64,652.0

Consumo al mes	2,004.2
Planilla Cnel	\$ 378.76

Nota. Detalle de los circuitos eléctricos de la vivienda. Fuente: Autor

Detalle pormenorizado de la facturación energética mensual de la residencia de acuerdo con el Pliego Tarifario de la CNEL EP – UN – GLR, se ha considerado como demostración la máxima facturación del periodo de análisis, esto es 2.461 kWh-mes correspondientes a un valor económico de \$624, tal como se detalla en la tabla

Tabla 9*Detalle de facturación mensual de la vivienda*

Servicio Eléctrico y Alumbrado Público	
Fecha hasta: dd/mes/año	Mayo de 2021
Tipo de Tarifa Arconel	BT Residencial
Consumo kWh-mes.	2.461
Valor Consumo kWh-mes (pliego 2021)	\$ 468,82
Comercialización	\$ 1,41
Subsidio Cruzado Solidario	\$ 47,02
Sub total Servicio Eléctrico (SE)	\$ 517,25
Servicio Alumbrado Público General	\$ 31,01
Subtotal Servicio Alumbrado Público (APG)	\$ 31,01
Base I.V.A. 0%	\$ 548,27
I.V.A. 0%	\$ 548,27
Total SE y APG	\$ 548,27
CÁLCULO DEL ALUMBRADO PÚBLICO	
Consumo kWh-mes (pliego 2013)	\$ 441,66
Comercialización (2013)	\$ 1,414
<i>Importe</i>	<i>\$ 443,071</i>
Servicio Alumbrado Público (AP)	\$ 31,01
Valor pendiente (saldo)	\$ 14,83
Planes de Financiamiento	\$ 0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO	\$ 563,10
Contribución Bomberos	\$ 2,13
Tasa de Recolección de basura	\$ 58,78
VALOR A PAGAR	\$ 624,00

Nota. Esta tabla detalla los valores que el cliente debe cancelar incluidos las tasas y los impuestos de consumo. Fuente: Autor

3.12 Dimensionamiento del Área y cálculos generales para instalación de paneles solares.

Para el dimensionamiento de captación de energía solar se utilizan las siguientes ecuaciones:

Temperatura de celda

$$T_{celda} = T_{amb} + \left(\frac{T_{onc} - 20}{800 \frac{W}{m^2}} \right) * I_{prom} \quad \text{Ec.1.1}$$

Donde:

T_{amb} : Temperatura ambiente [°C]

T_{onc} : Temperatura de operación nominal de la celda [°C]

I_{prom} : Irradiancia promedio [W/m²]

Eficiencia por temperatura

$$\eta_{Temp} = 100 + (T_c - T_{ensayo}) * C_t \quad \text{Ec.1.2}$$

Donde:

T_c : Temperatura de la celda [°C]

T_{ensayo} : Temperatura de ensayo del panel [°C]

C_t : Coeficiente de potencia térmico [%/°C]

Eficiencia teórica del panel fotovoltaico

$$\eta = \frac{P_c}{1000 \frac{W}{m^2} * A} \quad \text{Ec. 1.3}$$

Donde:

P_c : Potencia del panel fotovoltaico [W]

A : Área del panel fotovoltaico [m²]

Área de captación

$$S_{cap} = \frac{E_{d,neto}}{G_t * \eta} \quad \text{Ec. 1.4}$$

Donde:

S_{cap} : Área de captación neta [m²]

$E_{d,neto}$: Energía neta de consumo diario [Wh/d]

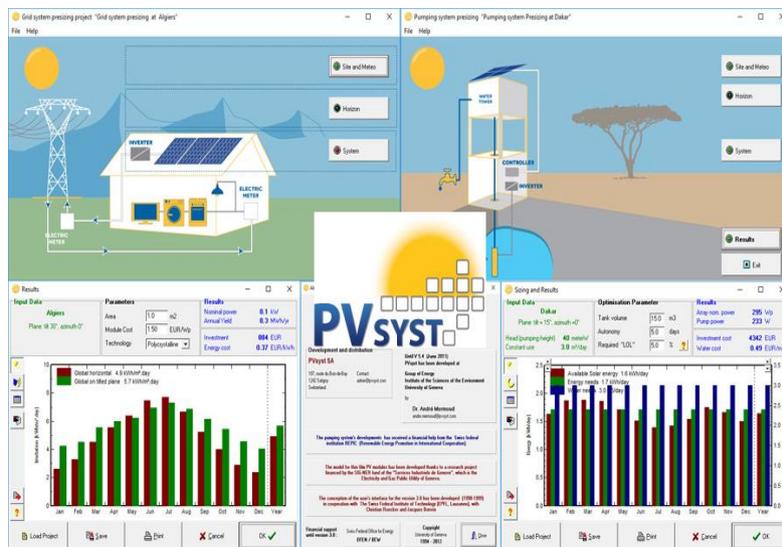
G_t : Irradiación solar total [Wh/d*m²]

3.13 Programa PVsyst

El programa es una herramienta de estudios de proyectos que permite realizar diseños fotovoltaicos para aplicaciones aisladas, interconectadas a la red y sistema de bombeo, permite simular diferentes configuraciones para evaluar la más apropiada en función a las pérdidas y análisis de datos obtenidos. El software permite saber la irradiación anual, mediante el posicionamiento satelital y el uso de datos obtenidos de las estaciones meteorológicas con una base sólida de 10 años de trayectoria. Una vez ingresada la información por el usuario el programa genera el diseño 3D de la instalación, área disponible, número de módulos, la distancia de separación y la potencia del sistema. En la Figura 15 se presentan las capturas de pantalla del programa PVsyst.

Figura 15

Software PVsyst



Nota. Fuente: PVsyst Solar; 2022

CAPITULO IV

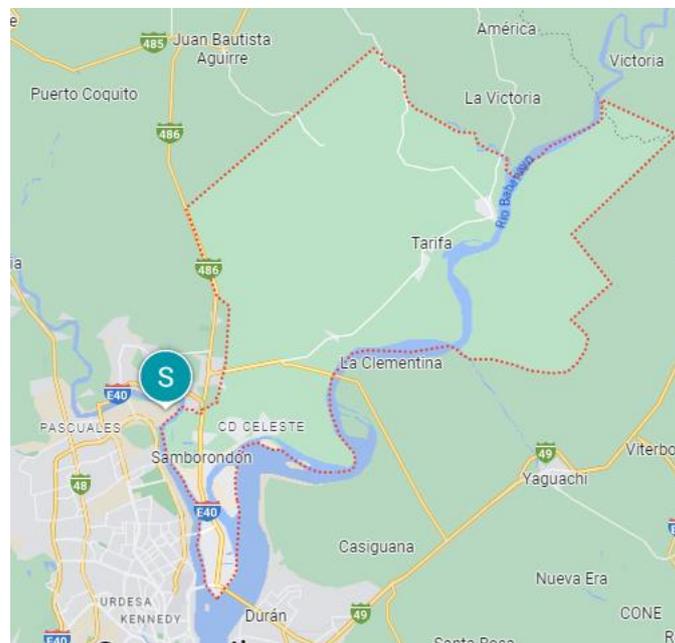
4 Análisis, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Análisis sobre la ubicación geográfica de la factibilidad del Sistema Solar Fotovoltaico.

La vivienda se encuentra ubicada en la Zona Residencial de clase alta de Samborondón, en la Urbanización Terrasol, dicho lugar está a aproximadamente a 1 Km de distancia de Guayaquil. El área seleccionada para realizar la factibilidad de un sistema solar fotovoltaico pertenece a la provincia del Guayas y está ubicada en la cuenca baja del rio Guayas, está separada de Guayaquil por el rio Daule y de Duran por el rio Babahoyo como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

Mapa del Cantón Samborondón



Nota. Fuente: Google Maps

El sector es agrícola en su mayoría, y está dividido por la Zona de la población de Samborondón que se considera agrícola de clase media baja y el Samborondón exclusivo la cual está caracterizada por la distribución residencial basada en sectores Urbanizados de alta categoría, y es en esta segunda son de se ha procedido a tomar como referencia para dicha formulación de factibilidad.

4.2 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

4.2.1 Dimensionamiento de paneles en cubierta

Mediante el dimensionamiento teórico calculado a partir de las ecuaciones planteadas en el capítulo 3, se pudo determinar que la máxima cantidad de paneles solares a instalar en la residencia a analizar es de 17 módulos fotovoltaicos cuya potencia unitaria es de 545Wp.

Utilizando el programa Helioscope se presenta un diseño de posicionamiento de paneles en el techo de la vivienda como se muestra en la Figura 17.

Figura 17

Ubicación de Paneles solares en cubierta de la vivienda



Nota. Fuente: Programa Helioscope

A continuación, se presentan los cálculos desarrollada para determinar la potencia instalada del sistema fotovoltaico para la vivienda.

4.2.2 Hora solar pico

Para el cálculo de radiación que es con el que se va a medir la cantidad de kWh producidos por metro cuadrado en un día en ese punto geográfico, así obtendremos las Hora sol pico de la zona (HSP).

Los datos lo obtenemos dividiendo el HGK/mes para los días del mes en el cual se realiza el análisis (tabla 8).

Tabla 10

Datos Anuales de Hora solar pico

	Días	HGK/Mes	Hora sol pico (kWh/m ² día)
Enero	31	130	4,19
Febrero	28	120	4,29
Marzo	31	149	4,81
Abril	30	155	5,17
Mayo	31	147	4,74
Junio	30	130	4,33
Julio	31	127	4,10
Agosto	31	122	3,94
Septiembre	30	117	3,90
Octubre	31	102	3,29
Noviembre	30	104	3,47
Diciembre	31	121	3,90
		Media	4,18

Nota. Análisis de Hora Solar pico, Fuente: Autor

4.2.3 Geometría solar

Para el dimensionamiento el sistema fotovoltaico se plantearon 3 escenarios, solsticio de invierno el 21 de junio (d=171), para el equinoccio 22 de septiembre (d=265) y solsticio de verano el 21 de diciembre (d=355). Cabe recalcar que los cálculos reflejados en la Tabla 10 se consideraron al medio día solar 12pm, punto de mayor incidencia solar.

Latitud:

$$\lambda = -2,0860$$

Declinación:

$$\delta = 23,45^\circ * \sin\left(360^\circ \frac{284 + d}{365}\right)$$

$$\delta = 23,45^\circ * \sin\left(360^\circ \frac{284 + 171}{365}\right)$$

$$\delta = 10,84$$

Angulo horario "T"

Para las 12h, hora de mayor incidencia solar

$$\tau = (15t - 180^\circ)^\circ$$

$$\tau = (15(12) - 180^\circ)^\circ$$

$$\tau = 0^\circ$$

En la tabla 11 se muestran los valores para los tres escenarios presentados (solsticio de invierno, equinoccio y solsticio de verano).

Tabla 11

Análisis de geometría solar paneles fotovoltaicos

Geometría solar de paneles fotovoltaicos							
	Hora	N (día)	λ (o)	δ (o)	τ (o)	β (o)	α (o)
Solsticio de invierno	12	171	-2,0860	10,84	0	13	77
Equinoccio	Hora	N (día)	λ (o)	δ (o)	τ (o)	β (o)	α (o)
	12	265	-2,0860	21,163	0	23	67
Solsticio de verano	Hora	N (día)	λ (o)	δ (o)	τ (o)	β (o)	α (o)
	12	355	-2,0860	21,970	0	24	66

Nota. Parámetros de geometría solar de paneles fotovoltaica, Fuente: Autor

Para el medio día solar con los siguientes cálculos se busca que los rayos solares tengan una incidencia perpendicular al panel con una inclinación “ β ”, para ello se hace uso de la (Ec.1.4) empleada para un sistema ubicado en el hemisferio sur. (Castejón & Santamaría, 2010)

$$\beta = -\lambda + \delta$$

$$\beta = -(-2,0860^\circ) + 10,84^\circ$$

$$\beta = 13^\circ$$

4.2.4 Factor geométrico de corrección angular

$$R_{b,hemisferio\ sur} = \frac{\cos(\lambda+\beta)*\cos\delta*\cos\tau + \sin(\lambda+\beta)*\sin\delta}{\cos\lambda*\cos\delta*\cos\tau + \sin\lambda*\sin\delta}$$

$$R_{b,hemisferio\ sur} = \frac{\cos(-2,086+13)*\cos(10,84)*\cos(0) + \sin(-2,086+13)*\sin(10,84)}{\cos(-2,086)*\cos(10,84)*\cos(0) + \sin(-2,086)*\sin(10,84)}$$

$$R_{b,hemisferio\ sur} = 1.07$$

4.2.5 Radiación solar directa en superficie inclinada $G_{b,T}$

Este valor tomo este nombre de la radiación que se obtiene del sol sin que la misma tenga desviación por la atmósfera, para este cálculo se toma el valor promedio de radiación indicado en la tabla 6

$$G_{b,T} = G_b * R_b$$

Donde:

G_b : Radiación solar directa (W/m^2)

R_b : Factor geométrico de corrección angular

$$G_{b,T} = 4,18 \left[\frac{kWh}{m^2d} \right] * 1,07$$

$$G_{b,T} = 4,47 \left[\frac{kWh}{m^2d} \right]$$

4.2.6 Pérdidas por Temperatura

Para la estimación de las pérdidas por temperatura se usa las ecuaciones (EC1.1 y (EC1.2). El valor de irradiancia estándar es de $1000[W/m^2]$, del data-sheet del panel se obtiene que la temperatura de operación nominal de la célula $T_{nominal} = 41[^\circ C]$, coeficiente de potencia térmico de $C_t = 0,34[\%/^\circ C]$.

$$T_{celda} = T_{amb} + \left(\frac{T_{nominal} - 20}{800 \left[\frac{W}{m^2} \right]} \right) * I_{prom}$$

$$T_{celda} = 28,79^\circ C + \left(\frac{41^\circ C - 20^\circ C}{800 \left[\frac{W}{m^2} \right]} \right) * 1000 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$T_{celda} = 28,8^\circ C + \left(\frac{41^\circ C - 20^\circ C}{800 \left[\frac{W}{m^2} \right]} \right) * 1000 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$T_{celda} = 55,04^\circ C$$

En la tabla 12 se detallan los valores de la Temperatura de celda para cada mes del punto geográfico a analizar, siendo:

T_{celda} : Temperatura de la celda en $^\circ C$

T_{amb} : Temperatura ambiente en $^\circ C$

$T_{nominal}$: la temperatura referencial de operación del panel dada por el fabricante en $^\circ C$

I_{prom} : Valor de irradiancia

Tabla 12

Temperatura de celda, valores mensuales

	Ta ambiental	I (W/m ²)	T _{nominal}	T celda
Enero	29,8	1000	41	56,05
Febrero	29,3	1000	41	55,55
Marzo	30	1000	41	56,25
Abril	29,7	1000	41	55,95
Mayo	29,7	1000	41	55,95
Junio	28	1000	41	54,25
Julio	27,6	1000	41	53,85
Agosto	27,5	1000	41	53,75
Septiembre	27,5	1000	41	53,75
Octubre	27,9	1000	41	54,15
Noviembre	28,2	1000	41	54,45
Diciembre	30,3	1000	41	56,55
PROMEDIO	28,8	1000	41	55,04

Nota. Valores de Temperatura de celda por mes, Fuente: Autor

4.2.7 Eficiencia por temperatura

$$\eta_{Temp} = 100 + (T_c - T_{ensayo\ del\ panel}) * C_t$$

$$\eta_{Temp} = 100 + (55.04^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) * -0,34 \text{ [%/}^\circ\text{C]}.$$

$$\%perd.Temp = 8.98 \%$$

En la tabla 13, se muestran los valores de la Temperatura de celda de cada mes y porcentaje de pérdidas por temperatura de cada mes.

Tabla 13

Temperatura de celda, porcentaje de temperatura

	T celda	Ta ensayo del panel	Pérdidas %/°C	% Pérdidas por temperatura
Enero	56,05	25.00	0,34	89,44%
Febrero	55,55	25.00	0,34	89,61%
Marzo	56,25	25.00	0,34	89,38%
Abril	55,95	25.00	0,34	89,48%
Mayo	55,95	25.00	0,34	89,48%
Junio	54,25	25.00	0,34	90,06%

Julio	53,85	25.00	0,34	90,19%
Agosto	53,75	25.00	0,34	90,23%
Septiembre	53,75	25.00	0,34	90,23%
Octubre	54,15	25.00	0,34	90,09%
Noviembre	54,45	25.00	0,34	89,99%
Diciembre	56,55	25.00	0,34	89,27%
PROMEDIO	55,0	25.00	0,34	89,79%

Nota. Valor de porcentaje de perdida por temperatura, Fuente: Autor

4.2.8 Eficiencia del sistema fotovoltaico

En la tabla 14 se analiza la eficiencia del sistema fotovoltaico, conociendo las perdidas involucradas por:

- Pérdidas cableado: 98%,
- Pérdidas por polución: 97%,
- Pérdidas por inversor: 98% y
- Pérdidas por distancia: 99%

Tabla 14

Análisis de Eficacia de Paneleres Solares

	Rto T	Rto cab	Rto pol	Rto dis	Rto pmp	Rto inv	PR
Enero	89,4%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	82,58%
Febrero	89,6%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	82,74%
Marzo	89,4%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	82,52%
Abril	89,5%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	82,61%
Mayo	89,5%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	82,61%
Junio	90,1%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	83,15%
Julio	90,2%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	83,27%
Agosto	90,2%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	83,31%
Septiembre	90,2%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	83,31%
Octubre	90,1%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	83,18%
Noviembre	90,0%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	83,09%
Diciembre	89,3%	99,0%	97,0%	99,0%	99,0%	98,1%	82,43%
						PR anual	82,90%

Nota. Promedio de Eficacia Anual de producción de energía eléctrica, Fuente: Programa PVSyst

4.2.9 Potencia máxima permitida por espacio de cubierta

Para determinar la potencia máxima permitida se necesita conocer la potencia de los paneles que se instalarán y el número de paneles, para esta instalación debido a la arquitectura del techo se consideraran 17 paneles, por lo tanto;

$$P_{inst} = \text{Potencia del panel} * \text{Nro de Paneles}$$

$$P_{inst} = 545W_p * 17$$

$$P_{inst} = 9265 \text{ Wp}$$

En la Tabla 15 se realiza un resumen de los datos de potencia y características técnicas de los paneles solares.

Tabla 15

Resumen de datos de potencia de paneles

Datos	Valores
Potencia a instalar	9,27 kWp
Potencia de cada panel o módulo solar	545 W
Tipo de módulo	Monocristalino
Número de módulos	17 paneles
Área requerida	44 mts ² aproximadamente
Ubicación	Techo

Nota. Datos, Valores analizados, Fuente: Programa Helioscope, Autor

4.2.10 Producción mensual fotovoltaica

A continuación, utilizaremos la siguiente ecuación para determinar la producción mensual de energía que se podría aprovechar en el sistema. En la tabla 16, se presenta la producción mensual que aportaría los paneles fotovoltaicos.

$$Produccion\ mensual = PR * Radiacion\ mensual * Potencia\ total\ de\ la\ planta$$

Tabla 16

Producción mensual Fotovoltaica

	PR	HGKkwh/m2dia	P total	Ep (kWh/mes)
Enero	0,83	130	9,27	994,68
Febrero	0,83	120	9,27	919,91

Marzo	0,83	149	9,27	1.139,18
Abril	0,83	155	9,27	1.186,41
Mayo	0,83	147	9,27	1.125,18
Junio	0,83	130	9,27	1.001,48
Julio	0,83	127	9,27	979,85
Agosto	0,83	122	9,27	941,63
Septiembre	0,83	117	9,27	903,03
Octubre	0,83	102	9,27	786,07
Noviembre	0,83	104	9,27	800,58
Diciembre	0,82	121	9,27	924,05
			Promedio	975,17
			Producción anual (kWh)	11.702,05

Nota. Análisis de Producción de energía eléctrica Fotovoltaica mensual, Fuente: Autor

De acuerdo con el análisis realizado en la tabla 11, se evidencia que la producción de energía fotovoltaica que puede generar al año es de 11,702.05 kWh.

4.3 Análisis de Gatos por consumo energético tradicional Vs consumo energético con sistema fotovoltaico

Una vez realizado el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico para uso residencial, se procede a realizar análisis de los gastos presentados durante el periodo abril del año 2021 hasta marzo del año 2022 por concepto de consumo energético, en el cual se puede verificar que durante dicho año se ha cancelado a CNEL E.P-GLR la totalidad de \$5,444.00; al contrario, realizando la utilización de los datos obtenidos con el análisis de factibilidad de un sistema solar fotovoltaico para uso residencial, demuestra que le permitirá cubrir con \$ 1,943.30 en gasto de consumo de energía eléctrica como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17

Consumo Energético de vivienda a través de la red de CNEL EP-GLR.

	SIN ENERGÍA SOLAR		CON ENERGÍA SOLAR			
	FACTURACIÓN		ENERGÍA PRODUCIDA	FACTURACIÓN ESTIMADA		
Mes	Consumo (kWh)	Factura CNEL-GLR 1 (\$)	kWh	Consumo (kWh)	Factura CNEL-GLR 2 (\$)	Ahorro
mar-22	2.171,00	517,00	1.139,18	1.031,82	\$ 164,68	\$ 352,32
feb-22	1.620,00	314,00	919,91	700,09	\$ 98,73	\$ 215,27
ene-22	2.210,00	532,00	994,68	1.215,32	\$ 206,96	\$ 325,04
dic-21	2.068,00	485,00	924,05	1.143,95	\$ 190,51	\$ 294,49
nov-21	1.922,00	432,00	800,58	1.121,42	\$ 185,32	\$ 246,68
oct-21	1.853,00	406,00	786,07	1.066,93	\$ 172,77	\$ 233,23
sep-21	1.922,00	442,00	903,03	1.018,97	\$ 161,72	\$ 280,28
ago-21	1.843,00	416,00	941,63	901,37	\$ 138,07	\$ 277,93
jul-21	1.724,00	359,00	979,85	744,15	\$ 107,34	\$ 251,66
jun-21	1.958,00	439,00	1.001,48	956,52	\$ 148,85	\$ 290,15
may-21	2.461,00	624,00	1.125,18	1.335,82	\$ 234,72	\$ 389,28
abr-21	2.065,00	478,00	1.186,41	878,59	\$ 133,62	\$ 344,38
TOTAL	23.817	\$ 5.444,00	11.702	12.115	\$ 1.943,30	\$ 3.500,70
PROMEDIO	1.985	\$ 453,67	975	1.010	\$ 161,94	\$ 291,72

Nota. Análisis de consumo energético a través de la red convencional Vs el consumo a través de red fotovoltaica, Fuente: Autor

La tabla 17, presenta que el ahorro de capital económico anual con el uso de sistema fotovoltaico para el consumo de energía eléctrica en la vivienda ubicada en la Urbanización Terrasol, Samborondón. Asumiendo los valores presentados en dicha tabla 17, el gasto anual sería de \$ 3,500.70, esto quiere decir que se ahorrarían \$ 1,943.30 anuales.

Se utilizan los datos obtenidos en el presente capítulo para sustentar que es viable la factibilidad para la generación de energía renovable a través de rayos solares, tanto así que el dimensionamiento en función al área disponible, las condiciones meteorológicas, la temperatura de operación de los equipos, las pérdidas, entre otros puntos, brindan garantía de dicha generación de energía eléctrica.

También se sustenta a través del uso de un programa, el cual analiza mediante la utilización del software PVSyst; esta toma todos los datos meteorológicos a nivel mundial y puede determinar si el área a analizar es efectiva para la producción de energía eléctrica a través de sistema fotovoltaico.

El capítulo concluirá con la comprobación y el ajuste del análisis teórico mediante los datos obtenidos por el software. Se tomará el análisis con equipos y componentes que se encuentran en el mercado para justificar las pérdidas del sistema en función a las limitaciones de los elementos que conforman el sistema.

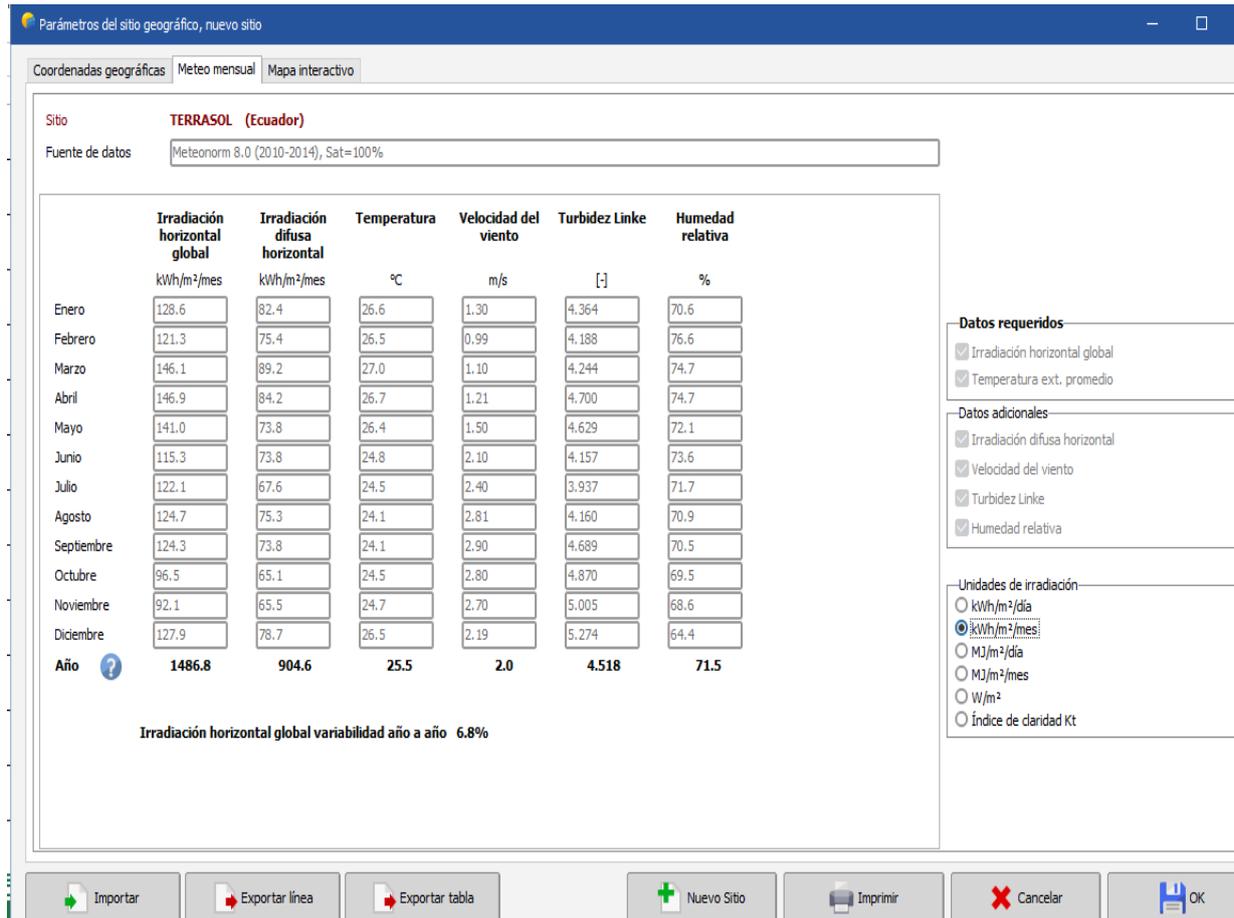
4.4 Análisis con el Programa PVSyst

Iniciamos registrando el nombre del proyecto, luego se indica la localización del predio gracias a su vinculación con el GPS.

La figura 18 muestra los parámetros obtenidos del registro de Meteonorm 8.0, con la ubicación Terrasol – Ecuador, obteniendo la irradiación horizontal global anual de 1486.8 kWh/m²/año y la irradiación horizontal difusa anual de 904.6 kWh/m²/año, una temperatura promedio anual de 25.5°C, Velocidad del viento promedio de 2.0m/s y humedad relativa promedio de 71.5%.

Figura 18

Datos meteorológicos Terrasol



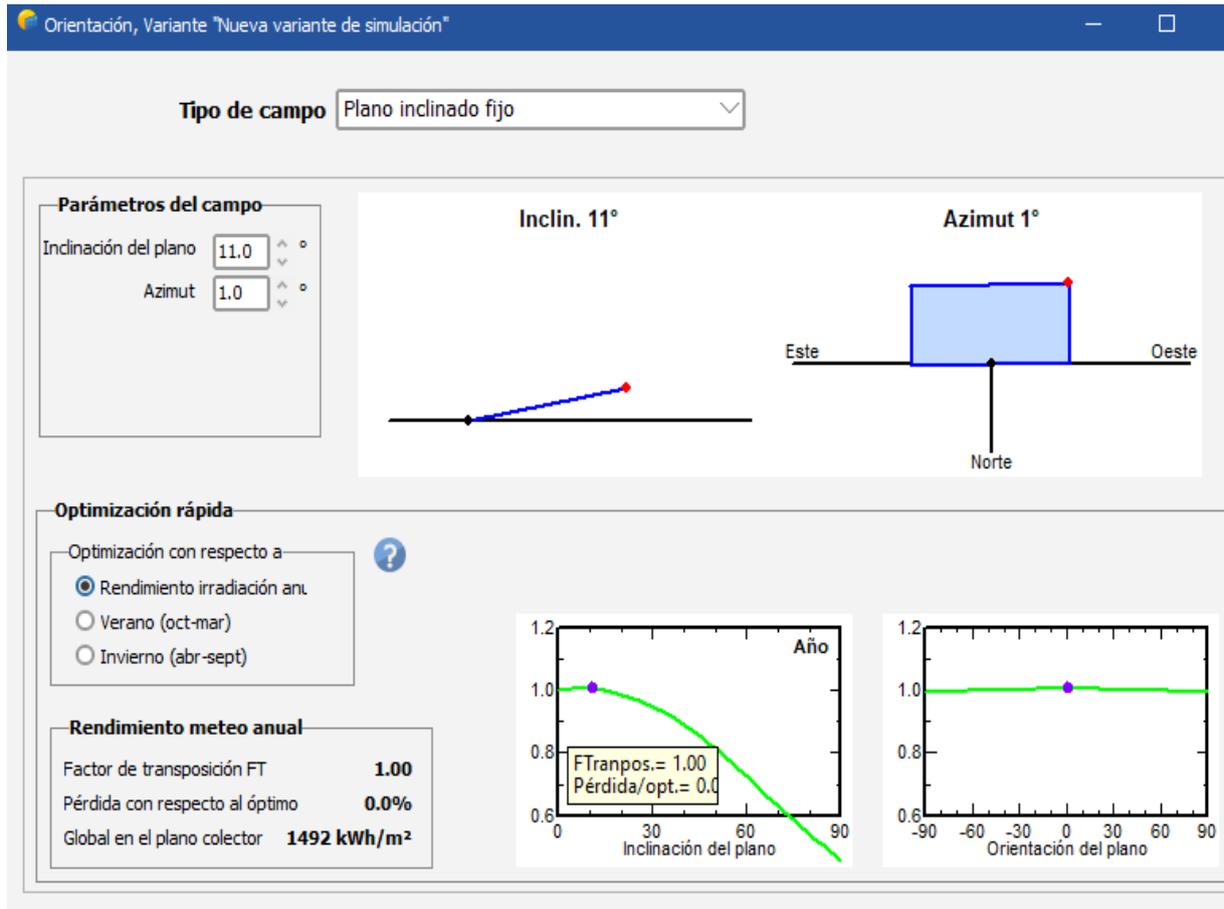
Nota. Fuente: PVsyst Solar; 2022

Como siguiente paso, el software nos mostrará un módulo fotovoltaico y nos pedirá designar la inclinación, para este análisis se utilizó plano inclinado fijo. La figura 19 muestra la configuración de posicionamiento de los módulos ya que el sistema se montará sobre tejado. La inclinación de los módulos será de 11° y con esta su pérdida por sombra entre paneles queda en 0%.

La figura 19 también nos muestra la inclinación permisible para el máximo aprovechamiento de la irradiación horizontal difusa, indicando que su rango óptimo es de 0 a 15° para tener una captación de la radiación al 100% y mostrando que la trayectoria del sol parte de Oeste a este.

Figura 19

Angulo de inclinación de modulo solar



Nota. Fuente: Autor, 2022

El software muestra la selección de equipos que conforman el sistema interconectado a la red pedirá indicar el área disponible. La figura 20. Muestra la pestaña de selección, donde para el sistema de acuerdo con el capítulo IV se realizó el cálculo considerando un módulo de 545W, Se seleccionó una marca comercial posicionada en el Mercado; Modulo monocristalino TMS-DE19-545 de la marca trina solar, Se indicó al sistema que el área disponible es de 44m² y automáticamente el sistema indica que la potencia nominal del sistema con el panel propuesto es de 9.3 kW y un número de 16 módulos.

La selección del inversor se delimitará automáticamente en función a la potencia del sistema, se seleccionó un inversor de 12 kW con voltaje de entrada V_{in} de 350 a 600Vdc y un número de 2 MPPT al sistema.

Figura 20

Componentes del sistema fotovoltaico

Subconjunto

Nombre y orientación del subconjunto
 Nombre: Generador FV
 Oriente: Plano inclinado fijo
 Inclinación: 11°
 Azimut: 1°

Ayuda de pre-dimensionamiento
 Sin dimensionamiento
 Ingrese potencia planeada: 9.3 kWp
 o área disponible (módulos): 44 m²
 Redimens.

Selección del módulo FV
 Disponible ahora: [dropdown] Filtro: Todos los módulos F [dropdown] Núm. máximo de módulos: 16
 Trina Solar [dropdown] 545 Wp 26V Si-mono TSM-DE19-545Wp Desde 2022 Datasheets 2022 [Abrir]
 Usar optimizador
 Dimensiona. voltaje: Vmpp (60°C) 27.3 V
 Voc (-10°C) 41.3 V

Selección del inversor
 Disponible ahora: [dropdown] Voltaje de salida: 400 V Tri 50Hz [50 Hz] [60 Hz]
 _Generic [dropdown] 11.2 kW 350 - 600 V TL 50/60 Hz 12 kWac, 2 unbalanced MPPT Desde 2012 [Abrir]
 Núm. de entradas MPPT: 1 [dropdown] Voltaje de funcionamiento: 350-600 V Potencia del inversor utilizada: 9.0 kWca [Potencia compartida]
 Voltaje máximo de entrada: 800 V **inversor con 2 MPPT no balanceado**
 Entrada principal: Secundario

Diseño del conjunto
Núm. de módulos y cadenas
 Mód. en serie: 16 [dropdown] entre 13 y 18
 Núm. cadenas: 1 [dropdown] única posibilidad 1
 Pérdida sobrecarga: 0.0 %
 Proporción Phom: 0.97 [Mostrar dimensionamiento]
 Núm. de módulos: 16 Área: 42 m²

Condiciones de operación
 Vmpp (60°C): 438 V
 Vmpp (20°C): 507 V
 Voc (-10°C): 660 V
 Irradia. plano: 1000 W/m²
 Imp (STC): 17.5 A
 Isc (STC): 18.5 A
 Isc (en STC): 18.5 A

La potencia del inversor está ligeramente sobredimensionada.
 Máx. en datos STC
 Potencia de funcionamiento máx.: 8.0 kW (en 1000 W/m² y 50°C)
 Potencia nom. conjunto (STC) 8.7 kWp

Lista de subconjuntos

Nombre	#Mód #Inv.	#Cadena #MPPT
Generador FV		
Trina Solar - TSM-DE19-545Wp	16	1
Generic - 12 kWac, 2 unbalanced	1	1

Resumen sistema global

Núm. de módulos	16
Área del módulo	42 m ²
Núm. de inversores	0.8
Potencia FV nominal	8.7 kWp
Potencia FV máxima	8.4 kWCC
Potencia de CA nominal	9.0 kWCA
Proporción Phom	0.969

Nota. Fuente: Autor, 2022

Se comprobará el número total de componentes del sistema, revisando los datos técnicos de los elementos tales como los paneles fotovoltaicos y el inversor. La Figura 21. Indica que el módulo fotovoltaico tiene un voltaje máximo de 31.4V y un voltaje de circuito abierto de 37.7V, su corriente máxima es de 17.37A y su corriente es cortocircuito es de 18.47A, para efectos de estudio se tomará los valores de máximo.

El inversor como lo muestra la Figura 22. cuenta con un voltaje mínimo de 300V, voltaje nominal 600V, voltaje máximo de 800V, la configuración del conjunto de módulos deberá trabajar entre esos rangos de tensión, sin embargo, el sistema trabajara a una tensión de 380V, la corriente nominal y máxima no se especifican en el software. El software ajusta el sistema para tener una configuración de 2 lazos de 8 paneles con un voltaje por lazo de 380V y corriente por lazo de 17.70A.

Figura 21

Especificaciones panel fotovoltaico

Definición de un módulo FV

Datos básicos | Tamaños y tecnología | Parámetros del modelo | Datos adicionales | Comercial | Gráficos

Modelo: TSM-DE19-545Wp Fabricante: Trina Solar
Nombre de archivo: Trina_TSM_DE19_545Wp.PAN Fuente datos: Datasheets 2022
Base de datos PVsyst original Prod. desde 2022

Potencia nom. (en STC): 545.0 Wp Tol. +/-: 0.0 1.5 %
Tecnología: Si-mono

Especificaciones del fabricante o otras medidas

Condiciones de referencia	GRef	1000	W/m ²	TRef	25	°C
Corriente de cortocircuito	Isc	18.470	A	Circuito abierto Voc	37.70	V
Punto de Potencia máx.	Imp	17.370	A	Vmpp	31.40	V
Coeficiente de temperatura	muIsc	7.4	mA/°C	Núm células en serie	55	x 2
	o muIsc	0.040	%/°C			

Herramienta de resultado del modelo interno

Condiciones de operación	GOper	1000	W/m ²	TOper	25	°C
Punto de Potencia máx.	Pmpp	545.6	W	Coef. temper.	-0.34	%/°C
Corriente	Imp	17.52	A	Voltaje Vmpp	31.1	V
Corriente de cortocircuito	Isc	18.47	A	Circuito abierto Voc	37.7	V
Eficiencia	/ Área células	N/D	%	/ Área módulo	20.88	%

Resumen del modelo

Parámetros principales

Derivación R	200	Ω
Rderiv(G=0)	800	Ω
Modelo serie R	0.12	Ω
Serie R máx.	0.13	Ω
Serie R aparente	0.20	Ω

Parámetros del modelo

Gamma	0.994
IoRef	0.04 nA
muVoc	-104 mV/°C
muPMax fijo	-0.34 /°C

Mostrar optimización | Copiar a la tabla | Imprimir | Cancelar | OK

Nota. Fuente: Autor, 2022

Figura 22

Especificaciones inversor

Definición del inversor de red

Parámetros principales | Curva de eficiencia | Parámetros adicionales | Parámetros de salida | Tamaños y tecnología | Datos comerciales

Modelo: BSG15KTL-E Fabricante: BYD
Nombre de archivo: BYD_BSG15KTL_E.OND Fuente de datos: Manufacturer 2011
Base de datos PVsyst original Prod. desde 2011

Lado de entrada (Campo FV CC)

Voltaje MPP mínimo	360	V
Voltaje mín. para PNom	N/A	V
Corriente de entrada máxima	N/A	A
Voltaje MPP nominal	600	V
Voltaje MPP máximo	800	V
Voltaje FV máx. absoluto	1000	V
Umbral de potencia	100	W

Defecto: ?

Especificación contractual, sin significado físico verdadero: ? Requerido

Potencia FV nominal	15.3	kW
Potencia FV máxima	N/A	kW
Corriente FV máxima	40.0	A

Lado de salida (Red CA)

Frecuencia: 50 Hz 60 Hz

Monofásico Trifásico Bifásico

Voltaje de red	380	V
Potencia de CA nominal	15.0	kW
Potencia CA máxima	15.0	kW
Corriente CA nominal	39.5	A
Corriente CA máxima	24.0	A

Eficiencia

Eficiencia máxima	97.50%
Eficiencia EURO	97.00%

Eficiencia definida para 3 voltajes

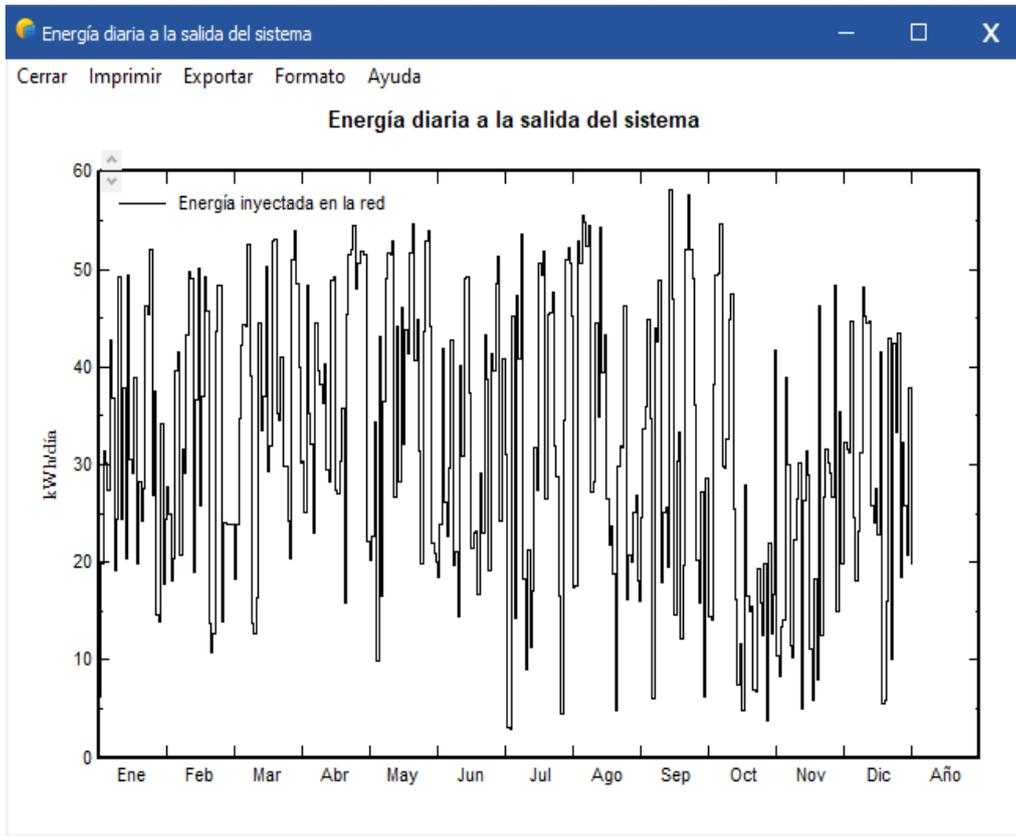
Copiar a la tabla | Imprimir | Cancelar | OK

Nota. Fuente: Autor, 2022

La Figura 23. Muestra una curva de la energía diaria entregada desde el sistema hasta el consumidor, teniendo picos de energía máximos de hasta 54 kWh/día con una potencia de sistema de 9 kW en los meses desde marzo hasta mayo, retomando en el mes de septiembre y picos mismos de 30 kWh/día con una potencia de sistema de 5 kW en el mes de octubre, llegando a noviembre.

Figura 23

Energía diaria a la salida del sistema



Nota. Fuente: Autor, 2022

La Figura 24. Muestra los resultados obtenidos por el sistema fotovoltaico propuesto, Teniendo temperatura promedio anual de 25.53°C, En marzo con temperaturas de 27°C y septiembre como mes de temperatura que descienden hasta 24.14°C.

Energía estimada anual de la red fotovoltaica con 11496 kWh, En estima que los meses de marzo a abril la energía asciende hasta 1165 kWh y noviembre hay un descenso de energía de 672 kWh.

Figura 24*Análisis y resultados*

Nueva variante de simulación								
Balances y resultados principales								
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	proporción
Enero	128.6	82.42	26.61	120.7	116.7	965	931	0.833
Febrero	121.3	75.42	26.45	116.4	113.2	931	899	0.834
Marzo	146.1	89.16	27.01	144.4	140.7	1150	1113	0.832
Abril	146.9	84.16	26.68	150.7	147.3	1203	1165	0.834
Mayo	141.0	73.78	26.41	149.0	145.7	1190	1151	0.834
Junio	115.3	73.76	24.79	121.5	118.6	985	951	0.844
Julio	122.1	67.58	24.45	129.2	126.1	1042	1007	0.841
Agosto	124.7	75.26	24.15	128.8	125.6	1041	1006	0.843
Septiembre	124.3	73.78	24.14	124.4	121.2	999	964	0.836
Octubre	96.5	65.06	24.50	94.2	91.4	756	723	0.829
Noviembre	92.1	65.50	24.68	87.5	84.6	703	672	0.829
Diciembre	127.9	78.72	26.54	119.1	115.2	951	916	0.830
Año	1486.8	904.60	25.53	1485.8	1446.2	11916	11496	0.835

Nota. Fuente: Autor, 2022

La Figura 25. muestra el comportamiento del sistema en el periodo horario, el sistema absorbe la irradiación del sol, desde las 6:00am hasta las 17:00pm, las horas con mayor aprovechamiento de la radiación difusa y los meses con mayor producción de energía son de marzo a mayo.

Figura 25*Horas aprovechables*

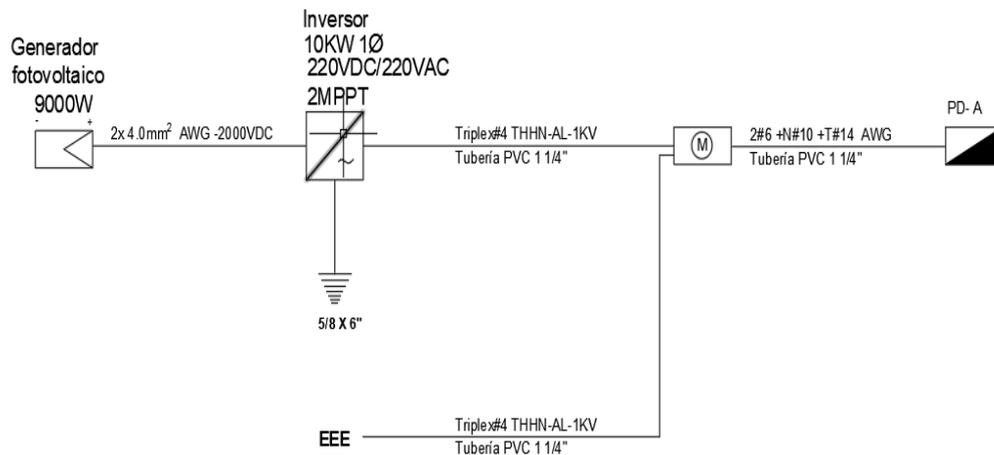
Nueva variante de simulación																								
Sumas mensuales por hora para E_Grid (kWh)																								
	0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H
Enero	0	0	0	0	0	0	0	23	59	92	115	121	125	128	109	86	54	19	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	0	0	0	0	0	0	18	53	93	117	127	127	116	101	77	51	19	0	0	0	0	0	0
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	26	71	110	144	153	151	140	121	103	69	26	0	0	0	0	0	0
Abril	0	0	0	0	0	0	0	33	79	119	145	160	161	149	131	103	65	21	0	0	0	0	0	0
Mayo	0	0	0	0	0	0	0	37	82	122	149	157	155	141	129	97	62	20	0	0	0	0	0	0
Junio	0	0	0	0	0	0	0	31	72	107	129	136	137	114	95	74	43	14	0	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	28	64	94	119	131	134	132	122	98	62	23	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	26	63	95	123	136	135	131	118	97	60	23	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	32	65	95	110	126	125	128	124	90	53	15	0	0	0	0	0	0
Octubre	0	0	0	0	0	0	1	32	62	80	90	91	93	95	83	60	32	6	0	0	0	0	0	0
Noviembre	0	0	0	0	0	0	1	25	59	82	98	97	86	80	64	49	26	5	0	0	0	0	0	0
Diciembre	0	0	0	0	0	0	1	28	60	89	117	124	123	126	109	82	45	12	0	0	0	0	0	0
Año	0	0	0	0	0	0	3	339	789	1179	1454	1558	1553	1480	1306	1014	620	202	0	0	0	0	0	0

Nota. Fuente: Autor, 2022

La Figura 26. Muestra el sistema fotovoltaico propuesto, consta de un conjunto de paneles fotovoltaicos, los cuales transfieren su energía al inversor, pasan por cable solar con aislamiento a 2 kV, El inversor es de tipo central con capacidad hasta 12 kW, sin embargo, el sistema solo le permitirá alcanzar una demanda máxima de 10 kW, Convertirá 27.5Vdc de cada MPPT en tensión AC con 220V, este pasará directo al medidor, el cual será de tipo bidireccional.

Figura 26

Diagrama unifilar sistema fotovoltaico



Nota. Fuente: Autor, 2022

La tabla 18. muestra finalmente la configuración que deben tener los módulos fotovoltaicos en función del inversor. Manejando una serie de 8 paneles por cada entrada. REGULADOR MPPT 1, MPP2

Tabla 18

Configuración de entradas para inversor

INVERSOR - CONFIGURACION DEL SISTEMA					
	CADENA		POTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE
	SERIE	PARALELO			
REGULADOR MPPT 1	8	N/A	4500	218,4	17,37
REGULADOR MPPT 2	8	N/A	4500	218,4	17,37

Nota. Resultado de Análisis en Programa PVSyst, Fuente: Autor, 2022

4.5 Análisis de Costo Beneficio

4.5.1 Evaluación técnico-económica del sistema fotovoltaico

El presente proyecto consiste en analizar la rentabilidad que puede brindar un sistema solar fotovoltaico, el mismo que provee de servicio eléctrico a una vivienda. Esta se medirá en función a la inversión, gastos, retorno y beneficios rentables en el tiempo, el cual debe ir directamente proporcional con la vida útil que tenga el proyecto.

Los sistemas fotovoltaicos son considerados como proyectos de generación por medio de recursos renovables, su periodo de vida útil es alrededor de 25 años como lo indica la resolución ARSERNNR-01/21. Sin embargo, este dependerá del número de mantenimientos preventivos anuales y las condiciones de operación del sistema.

El proyecto evaluará desde el punto de vista técnico, donde se comparará los beneficios del sistema vs un sistema de generación convencional, se evaluarán beneficios, diferencias y otras variables que se consideren sujeto de estudio.

El proyecto se evaluará desde el punto de vista económico partiendo de la inversión inicial, el presupuesto considerando el suministro, instalación, puesta en servicio y mantenimientos. Para fines de estudio se considerará una tasa de 1 mantenimiento preventivo anual. Se evaluará según el tipo de proyecto su forma de pago, medios de financiamiento y la rentabilidad del proyecto.

MES	SIN ENERGÍA SOLAR		ENERGÍA PRODUCIDA Kwh	CON ENERGÍA SOLAR		
	FACTURACIÓN			FACTURACIÓN ESTIMADA		
	CONSUMO (kWh)	FACTURA CNEL 1 (\$)		CONSUMO (kWh)	FACTURA CNEL 2 (\$)	AHORRO
mar-22	2.171,00	517,00	1.139,18	1.031,82	\$ 164,68	\$ 352,32
feb-22	1.620,00	314,00	919,91	700,09	\$ 98,73	\$ 215,27
ene-22	2.210,00	532,00	994,68	1.215,32	\$ 206,96	\$ 325,04
dic-21	2.068,00	485,00	924,05	1.143,95	\$ 190,51	\$ 294,49
nov-21	1.922,00	432,00	800,58	1.121,42	\$ 185,32	\$ 246,68
oct-21	1.853,00	406,00	786,07	1.066,93	\$ 172,77	\$ 233,23
sep-21	1.922,00	442,00	903,03	1.018,97	\$ 161,72	\$ 280,28

ago-21	1.843,00	416,00	941,63	901,37	\$ 138,07	\$ 277,93
jul-21	1.724,00	359,00	979,85	744,15	\$ 107,34	\$ 251,66
jun-21	1.958,00	439,00	1.001,48	956,52	\$ 148,85	\$ 290,15
may-21	2.461,00	624,00	1.125,18	1.335,82	\$ 234,72	\$ 389,28
abr-21	2.065,00	478,00	1.186,41	878,59	\$ 133,62	\$ 344,38
TOTAL	23.817	\$ 5.444,00	11.702	12.115	\$ 1.943,30	\$ 3.500,70
PROMEDIO	1.985	\$ 453,67	975	1.010	\$ 161,94	\$ 291,72

4.5.2 Evaluación técnica

La evaluación consiste en demostrar las ventajas y desventajas que tiene un sistema fotovoltaico interconectado a la red sobre un sistema convencional que esta alimentado por sistemas de energía de generación por termoeléctrica. La Tabla 19 muestra un análisis comparativo de ambos sistemas.

Tabla 19

Análisis técnico comparativo

GENERACIÓN	SISTEMA CONVENCIONAL EN BAJA TENSION	SISTEMA CONVENCIONAL EN BAJA TENSION
	Termoeléctrica	Fotovoltaica
Medio de generación	quema de combustibles	absorción de radiación solar
Producto final	Generación de energía eléctrica	Generación de energía eléctrica
Impacto ambiental	Alto	Bajo
Adaptabilidad a altas temperaturas	Si	Si
Protecciones del sistema	Medio	Medio
Aumento de generación	Limitada	Paralelismo con inversor
Mantenimiento	2 mantenimientos cada 6 meses	1 mantenimiento mensual

Nota. Relación de Sistemas de termoeléctrico Vs Sistemas fotovoltaico, Fuente: Autor, 2022

4.5.3 Evaluación económica

Para la evaluación económica, primero se valorará el tipo de proyecto según el monto, el tipo de proyecto indicará la facilidad de pago y el tiempo para recuperar la inversión en meses. La tabla 20 muestra el presupuesto eléctrico del sistema fotovoltaico.

Tabla 20

Presupuesto eléctrico

GENERADOR FOTOVOLTAICO 10kW INTERCONECTADO A LA RED					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Suministro e instalación de panel solar fotovoltaico monocristalino 540W	u	16	274,52	4392,30
2	Estructura para montaje de paneles	u	1	3611,17	3611,17
3	Suministro e instalación de conector macho/hembra MC4 para interconectar paneles	u	12	8,71	104,58
4	Acometida DC desde Lazo fotovoltaico hasta tablero DC	GLB	1	488,82	488,82
5	Suministro e instalación de Tablero DC - Incluye Supresor de voltaje - Breaker DC 1P-20A - Borneras pasantes - Suministro de cable N12	u	1	840,46	840,46
7	Suministro e instalación de inversor solar 10kW	u	1	1881,07	1881,07
8	Acometida AC 2#6 +N#10+ T#12 AWG desde salida inversor hasta tablero AC	GLB	1	99,37	99,37
9	Integración y puesta en marcha	u	1	571,05	571,05
10	Gestión del medidor bidireccional incluye (Tablero de medición, Socket y Breaker de protección)	u	1	471,55	471,55
				SUBTOTAL	\$12.460,37
				12% IVA	\$1.495,24
				TOTAL	\$13.955,62

Nota. Valoración de elementos que intervendrán en la red, Fuente: Autor, 2022

El costo del presupuesto tiene un valor de \$13,955.62 dólares, por el monto del proyecto es considerado como mediano plazo con una interacción de 1 a 5 años. Para el desarrollo de la evaluación se considerará un valor de mantenimiento de 150 dólares anuales.

El proyecto al ser considerado como residencial en baja tensión; el financiamiento de la inversión inicial será por parte de la entidad contratante. La tasa de financiamiento por ser de un monto menor a 20,000 dólares, la tasa de interés será del 10% y el plazo de financiamiento para el préstamo será de 60 meses. La Tabla 21 muestra las cuotas a cancelar por el préstamo solicitado.

Tabla 21

Simulación de préstamo bancario con tasa de 10%

BANCO PROCREDIT				
Valor:	15000			
Interés%	10%			
Tiempo:	60 meses			
MESES	Capital	Interés	V. Cancelar	Dividendo
0	15000,00			
1	14750,00	125	250	375
2	14500,00	122,92	250	372,92
3	14250,00	120,84	250	370,84
4	14000,00	118,75	250	368,75
5	13750,00	116,67	250	366,67
6	13500,00	114,59	250	364,59
7	13250,00	112,5	250	362,5
8	13000,00	110,42	250	360,42
9	12750,00	108,34	250	358,34
10	12500,00	106,25	250	356,25
11	12250,00	104,17	250	354,17
12	12000,00	102,09	250	352,09
13	11750,00	100	250	350
14	11500,00	97,92	250	347,92
15	11250,00	95,84	250	345,84
16	11000,00	93,75	250	343,75
17	10750,00	91,67	250	341,67
18	10500,00	89,59	250	339,59
19	10250,00	87,5	250	337,5
20	10000,00	85,42	250	335,42
21	9750,00	83,34	250	333,34
22	9500,00	81,25	250	331,25
23	9250,00	79,17	250	329,17
24	9000,00	77,09	250	327,09
25	8750,00	75	250	325
26	8500,00	72,92	250	322,92
27	8250,00	70,84	250	320,84
28	8000,00	68,75	250	318,75

29	7750,00	66,67	250	316,67
30	7500,00	64,59	250	314,59
31	7250,00	62,5	250	312,5
32	7000,00	60,42	250	310,42
33	6750,00	58,34	250	308,34
34	6500,00	56,25	250	306,25
35	6250,00	54,17	250	304,17
36	6000,00	52,09	250	302,09
37	5750,00	50	250	300
38	5500,00	47,92	250	297,92
39	5250,00	45,84	250	295,84
40	5000,00	43,75	250	293,75
41	4750,00	41,67	250	291,67
42	4500,00	39,59	250	289,59
43	4250,00	37,5	250	287,5
44	4000,00	35,42	250	285,42
45	3750,00	33,34	250	283,34
46	3500,00	31,25	250	281,25
47	3250,00	29,17	250	279,17
48	3000,00	27,09	250	277,09
49	2750,00	25	250	275
50	2500,00	22,92	250	272,92
51	2166,65	20,84	333,35	354,19
52	1833,30	18,06	333,35	351,41
53	1499,95	15,28	333,35	348,63
54	1166,60	12,5	333,35	345,85
55	833,25	9,73	333,35	343,08
56	499,90	6,95	333,35	340,3
57	166,55	4,17	333,35	337,52
58	-166,80	1,39	333,35	334,74
59	-500,15	-1,39	333,35	331,96
60	-833,50	-4,17	333,35	329,18

Nota. Tabla de amortización de préstamo, Fuente: Autor, 2022

Para la evaluación de la rentabilidad económica del proyecto se tomará como saldo anual a favor el ahorro económico que se obtiene por la generación fotovoltaica en horario diurno, como saldo negativo el mantenimiento anual, se evaluarán los resultados en función a la duración del proyecto el cual contempla 10 años. Mediante una tabla se determinará si el flujo del proyecto es positivo o negativo y en qué año el proyecto cuenta con recuperación del capital considerando el préstamo inicial.

En la tabla 22 se contará con el ahorro económico anual que genera la central fotovoltaica en un periodo de 10 años. Dicha tabla 22 muestra el retorno de la inversión, en los

primeros 5 años se evidencia el préstamo bancario, el cual es considerado como un flujo negativo, sin embargo, el crédito bancario se paga en función de los 5 años del proyecto, el residual negativo disminuye anualmente y en el año 6 el sistema comienza a tener un flujo positivo.

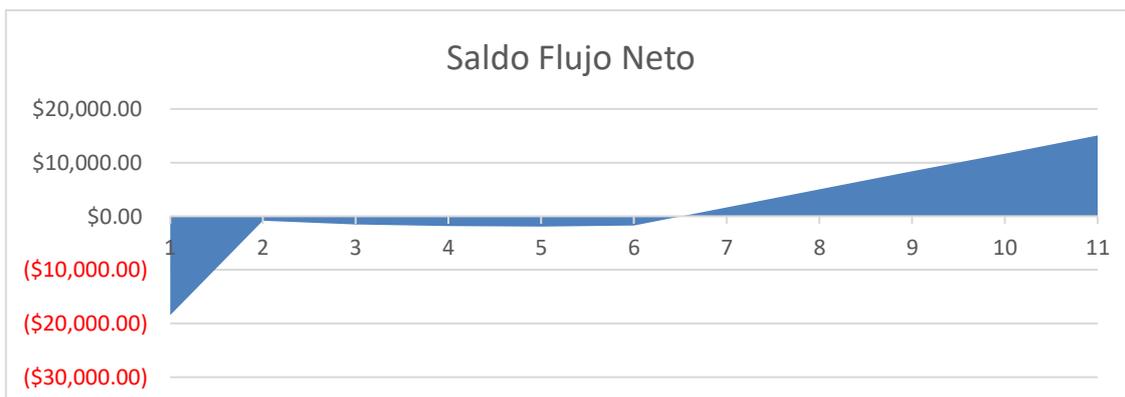
Tabla 22

Tabla TIR/VAN

Tabla TIR /VAN						
Periodo	Energía inyectada	Costo anual	Mantenimiento	Flujo de caja (\$)	Banco (\$)	Saldo a favor
0	12960	0		13.955,62		\$-18.442,96
1	12960	3500	150	3350	-4.230,40	\$-880,40
2	12960	3500	150	3350	-3.959,48	\$-1.489,88
3	12960	3500	150	3350	-3.688,60	\$-1.828,48
4	12960	3500	150	3350	-3.417,68	\$-1.896,16
5	12960	3500	150	3350	-3.146,80	\$-1.692,96
6	12960	3500	150	3350		\$1.657,04
7	12960	3500	150	3350		\$5.007,04
8	12960	3500	150	3350		\$8.357,04
9	12960	3500	150	3350		\$11.707,04
10	12960	3500	150	3350		\$15.057,04
				Tasa Interna de Rentabilidad		6,09%
				Valor anual neto		\$9.802,45

Nota: Descripción del flujo de inversión y retorno, Fuente: Autor, 2022

La Figura 27 muestran como a partir del año 6 el flujo comienza a ser ascendente con una recuperación de la inversión hasta el año 10 de 18,442 dólares.

Figura 27*Flujo neto con préstamo bancario*

Nota. Fuente: Autor, 2022

Los resultados obtenidos en este ejercicio fueron los siguientes una TIR de 6% y VAN de 9,807 dólares. A continuación, se aplicará la fórmula del costo beneficio, para evaluar el porcentaje de beneficio que aporta el sistema como un producto terminado.

Ecuación Costo – Beneficio

$$\frac{B}{C} = \frac{16890.00}{13955.62} = 121\%$$

La ecuación Costo-Beneficio muestra que 121% de beneficios, claro está que el proyecto requirió la ayuda de un préstamo el cual elevó su capital inicial, sin embargo, después del año 10, este comenzó a tener un flujo positivo.

4.6 Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Para la implementación de este sistema fotovoltaico se consideró regirse a las disposiciones y reglamentaciones asociadas a las normativas vigentes que exige el marco legal del país, esto es las Resoluciones Nro. ARCONEL-042/18 y la Nro. ARCERNR-013/2021, respectivamente, así como la regulación Nro. ARCONEL 003/18.
- Bajo la presente investigación se tiene en consideración que el promedio de incidencia de rayos solares anual es 4.18 kWh/m², dichos datos fueron tomados Programa PVSyst; una vez analizado se puede llegar a la conclusión que es viable ejecutar la factibilidad

de un sistema solar fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica a una vivienda. (PVSyst, 2022)

- Se pudo constatar, a través de evidencia documental y constatación de gastos económicos por consumo energético, que la vivienda anualmente consume 23,817 kWh de energía anual, lo cual equivale a \$ 5,444.00 dólares americanos. Con el cálculo efectuado para la factibilidad de un sistema solar fotovoltaico, la misma evidencia que puede producir anualmente 11,702 kWh de energía solar, lo que corresponde al 49,13% de reducción de consumo energético sobre las redes eléctricas de CNEL E.P-GLR, a su vez esto representa un ahorro económico de \$ 3,500.30 que corresponde al 64.30%.
- Se analizó en la ubicación geográfica de la vivienda, en la cual se determinó que el techo de la vivienda cumple con las características técnicas para poder en un futuro colocar paneles solares, la radiación solar es aceptable y se encontró con otros proyectos fotovoltaicos similares que han sido instalados con eficiencia (GENERA, 2023); a partir de los resultados obtenidos se puede concluir que el ahorro de energía eléctrica sobre la red estatal es del 49,13%
- Basándose en el efecto de impacto al momento de constatar evidencias tanto documental aplicando estudio de documentos y efectuando análisis y cálculos y a la vez aplicando fuentes tecnológicas como el programa PVSyst, donde ambos bajo un margen error alrededor al 6% (aceptable para métodos investigativos), se ha determinado bajo cálculos que para dicha factibilidad es aplicable la instalación de 17 paneles solares, en cuanto al programa el mismo refiere a 16, esto es aceptable ya que el margen de error es 6.25%.
- La potencia a instalar representa a 9.27 kWp, lo que conlleva a que cada panel basándonos en la instalación de 17 paneles y tomando por consiguiente la cantidad mayor en el análisis, cada panel debe ser de 545 W, adicionalmente el tipo de módulo debe ser Monocristalino el cual garantiza la mejor absorción de rayos solares, y por consiguiente los mismos deben ser instalados en el techo de la vivienda.
- La posible instalación futura de la factibilidad de un sistema solar fotovoltaico para uso en una vivienda no representa un impacto que afecta al ecosistema del sector y al realizar utilización del techo de la vivienda representa no exponer en territorio que afecte el tránsito de mascotas o animales como iguanas, ardillas, etc.

- Se realizó el presupuesto de la factibilidad y se puede evidenciar que la inversión del sistema solar fotovoltaico de 17 paneles solares, inversores, panel, acometida y entre otros elementos; asciende a un monto de \$13.955,62; también se simuló un préstamo de \$15.000,00 en el Banco Procredit, el cual lo pueden efectuar con un 10% de interés a 60 meses plazo siendo que el valor total a pagar sería de \$18.442.
- Se efectúa el análisis de Costo-Beneficio y al aplicar formulación de la ecuación se evidencia que el beneficio de este proyecto es del 121%, donde al revisar el balance de inversión versus la recuperación de cartera por concepto de facturación de energía, se evidencia que a partir del año 6 en adelante se empieza a obtener réditos económicos respecto a la generación de energía eléctrica renovable para el consumo de la vivienda analizada.

Recomendaciones

- Se recomienda que a través del Municipio de Samborondón, en el Departamento de Obras Públicas, se estipule que al momento de generar permisos de construcción para el sector Urbanístico en las zonas residenciales de estatus altos, se requiera de programas de generación de energías renovables como la fotovoltaica, a fin de poder incentivar al ámbito de la construcción a implementar dichas generaciones de energía eléctrica y de esta forma poder reducir el consumo de energía sobre la red estatal y a su vez contribuir con el incremento en el índice de generación de energías renovables para uso residencial.
- Se recomienda que por parte del estado ecuatoriano deben existir regulaciones, donde a través de la liberación de impuestos o subsidios se puedan dar ventaja a las personas que requieran realizar instalaciones de paneles solares en sus hogares, con la finalidad de poder promover la ejecución de proyectos de energías renovables.
- Se recomienda realizar un estudio de la fauna animal del sector de Samborondón residencial de alto estatus, ya que al ser un lugar cercano al río Daule y Babahoyo puede albergar búhos, águilas, entre otras aves; a fin de poder considerar este factor para su preservación al momento de proyectar instalaciones de paneles solares para generación de energías renovables.
- Es necesario realizar un mantenimiento preventivo anual a los módulos fotovoltaicos, conexiones, inversor y sistemas de protección para garantizar su operatividad con una

autonomía de hasta 25 años como lo indica la resolución ARCERNNR-013/2021 para el ciclo de vida útil de generadores renovables.



Quito, 02/03/2023

CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que AREVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA, con documento de identificación número 0704634559, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre: AREVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA

Número de documento de identificación: 0704634559

Nacionalidad: Ecuador

Género: FEMENINO

Título(s) de tercer nivel de grado

Número de registro	1628-2017-1848273
Institución de origen	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
Institución que reconoce	
Título	INGENIERA EN ELECTRICO MECANICA CON MENCION EN GESTION EMPRESARIAL INDUSTRIAL
Tipo	Nacional
Fecha de registro	2017-08-02
Observaciones	

**OBSERVACIÓN:**

- Los títulos de tercer nivel de grado ecuatorianos están habilitados para el ingreso a un posgrado.
- Los títulos registrados tanto nacionales como extranjero han sido otorgados por instituciones de educación superior vigentes al momento de la emisión de la titulación.
- El cambio de nivel de formación de educación superior de los títulos técnicos y tecnológicos emitidos por instituciones de educación superior nacionales se ejecutó en cumplimiento a la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica Reformatoria a la LOES, expedida el 2 de agosto de 2018.

IMPORTANTE: La información proporcionada en este documento es la que consta en el SNIESE, que se alimenta de la información suministrada por las instituciones del sistema de educación superior, conforme lo disponen los artículos 126 y 129 de la Ley Orgánica de Educación Superior y 56 de su Reglamento. El reconocimiento/registro del título no habilita al ejercicio de las profesiones reguladas por leyes específicas, y de manera especial al ejercicio de las profesiones que pongan en riesgo de modo directo la vida, salud y seguridad ciudadana conforme el artículo 104 de la Ley Orgánica de Educación Superior. Según la Resolución RPC-SO-16-No.298-2018.

En caso de detectar inconsistencias en la información proporcionada de titulaciones nacionales, se recomienda solicitar a la institución de educación superior nacional que emitió el título, la rectificación correspondiente y de ser una titulación extranjera solicitar la rectificación a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.

Para comprobar la veracidad de la información proporcionada, usted debe acceder a la siguiente dirección:

Sandra Paulina Chuquimarca Cardenas
Directora de Registro de Títulos
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



GENERADO: 02/03/2023 2:19 PM


Certificaciones del Sistema Nacional de Cualificaciones y Capacitación

Información provista por la Secretaría Técnica del Sistema Nacional de Cualificaciones y Capacitación Profesional (SETEC).

En el caso de detectar inconsistencias en la información proporcionada, se recomienda solicitar a la institución que emitió el certificado, la rectificación correspondiente.

Nombre: AREVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA

Número de documento de identificación: 0704634559



Secretaría de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

Número de registro SETEC	SETEC-255-CCL-129482
Institución certificadora	CORPORACION DESARROLLO CULTURAL INTEGRAL
Certificado en	PREVENCIÓN EN RIESGOS LABORALES
Válido desde	11/08/2019
Válido hasta	11/08/2024
Provincia	GUAYAS
Cantón	GUAYAQUIL

REFERENCIAS

(s.f.). Obtenido de energi

(CNP), C. N. (2017). *Plan Maestro de Electricidad (PME)*. Quito: Consejo Nacional de Planificación.

Abella, M. A. (2020). *Sistemas Fotovoltaicos*. España.

Acciona Corp. (2021). *Acciona Business*. Obtenido de https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/?_adin=02021864894

Ana Katherine Rodríguez Manrique, Á. I. (2015). *Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica para usuarios residenciales en Chía, Cundinamarca*. Chia, Cundinamarca: Short Communication.

Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2019). *Ministerio de Energías y Minas*. Obtenido de <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>

Autosolar. (2018). *Autosolar CIA*. Obtenido de <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/cuales-son-los-componentes-de-una-instalacion-aislada>

Banco Mundial Org. (2018). *Banco Mundial Org*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.FEC.RNEW.ZS?end=2018&locations=EC&start=2008&view=chart>

Constante Segura, J., & Palacios Chacón, E. (2017). *El recurso solar para generación de energía. Análisis para el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito Ecuador: Editorial Universitaria Abya - Yala.

Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ. (2018). *Curso para calificación ocupacional –nivel operativo INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS*. Lima: Imaginart. Obtenido de https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SFD_-_2013.pdf

Cornejo Lalupú, H. (2013). *SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE CONEXIÓN A RED EN EL CENTRO MATERNO INFANTIL DE LA UNIVERSIDAD*. Piura.

Corp, O. (2021). *OTOVO*. Obtenido de <https://www.otovo.es/blog/energia/impacto-energias-renovables-medioambiente/>

Diario El Telegrafo. (06 de Septiembre de 2021). *Diario El Telegrafo*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/mas-de-400-hogares-en-mindo-utilizan-energia-renovable>

Dominguez Hernandez, S. (2006). Una inversión interesante que ayuda a combatir el cambio climatico, La energía solar fotovoltaica. *Antena de Telecomunicación*, 59.

Duarte, S. (2018). Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5493/Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

- ECUAVISA. (2018). Obtenido de Fuente: <http://www.ecuavisa.com/noticias/noticias-regionales-sierra/69904-ecuador-ya-tiene-su-primera-planta-de-energia-solar.html>
- EMIGUE. (2017). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/189108/0004-F-20022015_Desarrollo_integral_para_profesionales_de_la_industria_de_generacion_de_energia_a_el_ctrica..pdf
- ENERCITY. (2020). *Regulador de carga solar*. Montevideo.
- Energia Now Organization. (2017). *Energia Now*. Obtenido de http://www.energianow.com/Articulos/Componentes_Sistema_Fotovoltaico.pdf
- Genera. (2 de Enero de 2022). *Genera*. Obtenido de Genera: <https://generarenovables.com/energia-renovable-en-ecuador/>
- GENERA. (2023). <https://generarenovables.com>. Obtenido de <https://generarenovables.com>: <https://generarenovables.com/proyecto-fotovoltaico-sector-duran-academico/>
- Guerrero Garcia, J. J. (2018). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España: Editorial Sintesis S.A.
- Helioscope. (2022). *Helioscope Cia*. Obtenido de www.helioscope.com
- Hilcu, M. (2021). *OTOVO*. Obtenido de ¿Qué es y cómo funciona la energía solar?: <https://www.otovo.es/blog/energia/que-es-la-energia-solar/#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20solar%20se%20puede,%C3%BAtil%20es%20el%20panel%20solar.>
- Hill, M. G. (2021). *Componentes instalaciones fotovoltaicas*. España.
- IICA. (2017). *Uso y acceso a las Energías renovables en territorios rurales*. San Jose, Costa Rica: IICA.
- Instituto de Investigación sobre el Impacto del Clima de Potsdam (PIK). (2018). *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*. Ginebra, Suiza: Instituto de Investigación sobre el Impacto del Clima de Potsdam (PIK).
- Lata, J. C. (2017). *Research Gate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/280959999_Estimacion_del_potencial_urbano_de_sistemas_fotovoltaicos_en_la_ciudad_de_Guayaquil
- Mesa, J. (2019). DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL EFECTO FOTOVOLTAICO EN LA REGIÓN. *Scientia et Technica*, 327-333.
- Meteoblue. (Junio de 2022). *Meteoblue*. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/guayaquil_ecuador_3657509
- Minas, M. d. (2 de Enero de 2020). *Ministerio de Energia y Minas*. Obtenido de Ministerio de Energia y Minas: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- Ministerio de Energia y Minas del Ecuador. (2021). *Ministerio de Energia y Minas del Ecuador*.

- Ministerio de Energía y Minas Ec. (Enero de 2020). *Ministerio de Energía y Minas Ec.* Obtenido de <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-EXPANSION-DE-LA-GENERACION.pdf>
- Mora Villagomez, E. (2020). *Análisis del Sistema puesta a tierra.* Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2198/12/UPS-GT000150.pdf>
- NACHRICHTEN, N. -N. (1 de Abril de 2013). *NOTICIAS - NEWS - NACHRICHTEN.* Obtenido de NOTICIAS - NEWS - NACHRICHTEN: https://www.codesolar.com/Energia-Solar/Solar_Noticias_News/2013/130102_Ecuadorinmediato_Ecuador_tiene_primera_planta_energia_solar.html
- Nagore, C. D. (2007). *EL MODELO DPSIR COMO PROPUESTA METODOLÓGICA DE ANÁLISIS.*
- Orbegozo, M. S., & Arivilca, I. R. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica.* N/A: Green Energy Consultoría y Servicios SRL.
- Organization, I. (2021). *IRENA ORGANITATION.* Obtenido de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Press-Release/2021/Apr/IRENA-Capacity-Stats-2020_Press-Release_Spanish.pdf?la=en&hash=3B4B1961FE5181FED7E09B4DCC2AC3F3E852F722#:~:text=Abu%20Dabi%2C%20Emiratos%20%2C%81rabes%20Unidos%2C%205%20de%20abril%20
- Peláez Samaniego, M., & Espinoza Abad, J. (2017). *Energías Renovables en el Ecuador: Situación Actual, Tendencias y Perspectiva.* Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Perpiñán Lamigueiro, O. (2013). *Energía solar fotovoltaica.* España: Creative Commons.
- Perpiñán, O. (2021). *Sistemas Fotovoltaicos Autónomos.* Islas Británicas.
- Puig, P. (2020). Emergencias, energía y límites. *Energías Renovables*, 12-13.
- PVSyst. (22 de Diciembre de 2022). *PVSyst.* Obtenido de PVSyst: <https://www.pvsyst.com/>
- Revista Lideres. (2020). *Revista Lideres.* Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/luz-solar-enciende-idea.html>
- Rodríguez, M., Vázquez, A., & Saltos, W. (2017). El Potencial Solar y la Generación Distribuida. *REVISTA RIEMAT*, 1-5.
- Ruiz, G. (2021). *Revista Tendencias.* Obtenido de <https://erenovable.com/energias-renovables-ventajas-y-desventajas/>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación.* México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- SEDIGAS. (2018). *GUÍA SOBRE APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.* España. Obtenido de https://agasca.net/wp-content/uploads/2018/08/Guia_solar_Sedigas.pdf
- Stock, A. N.-T. (28 de Enero de 2022). *Business Insider.* Obtenido de Business Insider: <https://www.businessinsider.es/net-zero-home-casa-produce-energia-consume-1002747>
- Structuralia. (2018). *Structuralia.* Obtenido de <https://blog.structuralia.com/la-energia-solar-pasiva-y-su-aplicacion-en-proyectos-de-edificacion>

- Swiss Re Corporate Solutions. (2018). *Corporate Solutions*. Obtenido de <https://corporatesolutions.swissre.com/dam/jcr:ab50eb1a-541d-4306-9cab-af8ad15c5f3c/guia-de-preparacion-y-proteccion-descargas-atmosfericas.pdf>
- UNICEN. (2018). *UNICEN*. Obtenido de <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/2106/Tesis%20Dadiego%20Julieta%20PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (01 de Diciembre de 2021). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Obtenido de <https://unfccc.int/es/news/el-crecimiento-de-las-energias-renovables-debe-duplicarse-para-alcanzar-los-objetivos-de-paris>
- Vaca Revelo, D., & Freddy, O. (2019). *Atlas Solar del Ecuador*. Quito , Ecuador: Scinergy.
- Vasquez, F. (2018). *Energías Renovables en el Ecuador: Situación Actual, Tendencias y Perspectivas*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/291356953_Energia_solar_en_el_Ecuador
- Vega, O. (2015). *Guía Metodológica: Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales*. San José, Costa Rica.
- Velasco, G. (2020). *Escuela Politécnica del Ejército*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9350/1/P72.pdf>
- Wu, J., & Wu, T. (s.f.). *ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS* . Obtenido de ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS : <https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-7-garantizar-el-acceso-una-energia-asequible-fiable-sostenible-y-moderna-para-todos>
- WWF, Fundacion Natura. (2018). *Energias Renovables*. Quito, Ecuador: AH Editorial.
- ZAMBRANO, C. M. (2015). *Energías renovables, tendencia en*. Guayaquil: Plantilla diseñada por Edison Jair Duque Oliva PhD.

ANEXO**Anexo A****Proyecto Fotovoltaico Cantón Duran Provincia del Guayas, Sector Académico**

Potencia instalada: 190,8 kWp

Localización: Duran, Guayas

Figura 28

Proyecto Fotovoltaico Cantón Duran Provincia del Guayas



Nota. Sector Académico Fuente: (GENERA, 2023)

Proyecto fotovoltaico residencial: Urbanización Plaza Real, Samborondón

Potencia Instalada: 4.9 kWp

Localización: Urbanización Plaza Real, Samborondón

Figura 29

Proyecto Fotovoltaico residencial: Plaza real



Nota. Sector Académico Fuente: (GENERA, 2023)

Proyecto fotovoltaico residencial: Urbanización Riveras del Batán, Samborondón

Potencia Instalada: 72.89 kWp

Localización: Urbanización Riveras del Batán, Samborondón

Figura 30

Proyecto Fotovoltáico residencial: Plaza real



Nota. Sector Académico Fuente: (GENERA, 2023)

Anexo B

Evaluación de Incidencia de rayos Solares sobre el catón Samborondón, Provincia del Guayas.

Tabla 23

Incidenca de rayos solares

	Días	Azimet 0° (kWh/m ² día)	HGK/Mes	Radiación Azimet - 180 (kWh/m ² día)
Enero	31	4,16	130	4,19
Febrero	28	4,68	120	4,29
Marzo	31	5,03	149	4,81
Abril	30	4,73	155	5,17
Mayo	31	4,45	147	4,74
Junio	30	3,97	130	4,33
Julio	31	3,58	127	4,10
Agosto	31	4,06	122	3,94
Septiembre	30	4,77	117	3,90

Octubre	31	4,68	102	3,29
Noviembre	30	4,30	104	3,47
Diciembre	31	4,39	121	3,90
			Media	4,18

Nota. Fuente: Meteonorm

Evaluación por temperaturas mensuales sobre las celdas de Paneles Solares

Tabla 24

Temperaturas sobre celdas de panel

	T ^a ambiente	I (W/m ²)	T _{onc}	T celda
Enero	29,8	1000	41	56,05
Febrero	29,3	1000	41	55,55
Marzo	30	1000	41	56,25
Abril	29,7	1000	41	55,95
Mayo	29,7	1000	41	55,95
Junio	28	1000	41	54,25
Julio	27,6	1000	41	53,85
Agosto	27,5	1000	41	53,75
Septiembre	27,5	1000	41	53,75
Octubre	27,9	1000	41	54,15
Noviembre	28,2	1000	41	54,45
Diciembre	30,3	1000	41	56,55
PROMEDIO	28,8	1000	41	55,04

Nota. Fuente: Meteonorm

Anexo C

Detalle del Pliego Tarifario de CNEL GUAYAS LOS RIOS

 NO RENOVABLES

PERIODO: **ENERO - DICIEMBRE**

EMPRESAS ELÉCTRICAS:
CNEL EL ORO - CNEL ESMERALDAS - CNEL GUAYAS LOS RÍOS - CNEL LOS RÍOS - CNEL MANABÍ - CNEL MILAGRO - CNEL SANTA ELENA - CNEL SANTO DOMINGO - CNEL SUCUMBIOS - GALÁPAGOS

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS JUNIO - NOVIEMBRE				CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS DICIEMBRE - MAYO			
RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
CATEGORÍA	RESIDENCIAL			CATEGORÍA	RESIDENCIAL		
NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE			NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE		
1-50		0,091		1-50		0,091	
51-100		0,093		51-100		0,093	
101-150		0,095		101-150		0,095	
151-200		0,097		151-200		0,097	
201-250		0,099		201-250		0,099	
251-300		0,101		251-300		0,101	
301-350		0,103	1,414	301-350		0,103	1,414
351-500		0,105		351-500		0,105	
501-700		0,1285		501-700		0,105	
701-1000		0,1450		701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709		1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752		1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360		2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812		Superior		0,6812	

Anexo D

Simulación en programa PVSyst



Project: URB TERRASOL ,SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAico

Variant: Nueva variante de simulación

PVSyst V7.2.21

VCO, Simulation date:
12/12/22 16:01
with v7.2.21

Project summary

Geographical Site	Situation	Project settings
TERRASOL	Latitude -2.09 °S	Albedo 0.20
Ecuador	Longitude -79.87 °W	
	Altitude 11 m	
	Time zone UTC-5	
Meteo data		
TERRASOL		
Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	User's needs
PV Field Orientation	Near Shadings	Unlimited load (grid)
Fixed plane	No Shadings	
Tilt/Azimuth 11 / 1 °		
System information		
PV Array		
Nb. of modules 17 units	Inverters	Nb. of units 1 unit
Pnom total 9.27 kWp	Nb. of units	Pnom total 15.00 kWac
	Pnom ratio	Pnom ratio 0.618

Results summary

Produced Energy 11.50 MWh/year	Specific production 1241 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 83.51 %
--------------------------------	---------------------------------------	------------------------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6



Project: URB TERRASOL ,SISTEMA SOLAR FOTOVOLTaico

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.2.21

VCO, Simulation date:
12/12/22 16:01
with v7.2.21

General parameters

Grid-Connected System

No 3D scene defined, no shadings

PV Field Orientation

Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth

11 / 1 °

Sheds configuration

No 3D scene defined

Models used

Transposition

Perez

Diffuse

Perez, Meteonom

Circumsolar

separate

Horizon

Free Horizon

Near Shadings

No Shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer

Trina Solar

Model

TSM-DE19-545Wp

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

545 Wp

Number of PV modules

17 units

Nominal (STC)

9.27 kWp

Modules

1 String x 17 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp

8.48 kWp

U mpp

484 V

I mpp

18 A

Total PV power

Nominal (STC)

9 kWp

Total

17 modules

Module area

44.4 m²

Inverter

Manufacturer

BYD

Model

BSG15KTL-E

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

15.0 kWac

Number of inverters

1 unit

Total power

15.0 kWac

Operating voltage

360-800 V

Pnom ratio (DC:AC)

0.62

Total inverter power

Total power

15 kWac

Number of inverters

1 unit

Pnom ratio

0.62

Array losses

Thermal Loss factor

Module temperature according to irradiance

Uc (const)

20.0 W/m²K

Uv (wind)

0.0 W/m²K/m/s

DC wiring losses

Global array res.

453 mΩ

Loss Fraction

1.5 % at STC

Module Quality Loss

Loss Fraction

-0.4 %

Module mismatch losses

Loss Fraction

2.0 % at MPP

Strings Mismatch loss

Loss Fraction

0.1 %

IAM loss factor

Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Anexo E

Ficha técnica panel solar







HiKu6 Mono PERC

530 W ~ 550 W
CS6W-530 | 535 | 540 | 545 | 550MS

MORE POWER

- 
Module power up to 550 W
Module efficiency up to 21.5 %
- 
Up to 4.5 % lower LCOE
Up to 5.6 % lower system cost
- 
Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- 
Compatible with mainstream trackers, cost effective product for utility power plant
- 
Better shading tolerance

MORE RELIABLE

- 
Minimizes micro-crack impacts
- 
Heavy snow load up to 5400 Pa,
wind load up to 2400 Pa*

12 Years

Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship*

25 Years

Linear Power Performance Warranty*

1st year power degradation no more than 2%
Subsequent annual power degradation no more than 0.55%

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO / MCS / UKCA
CEC listed (US California)
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68
UNE 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way





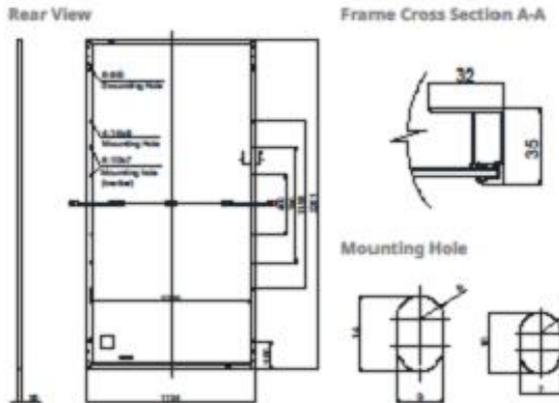



* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

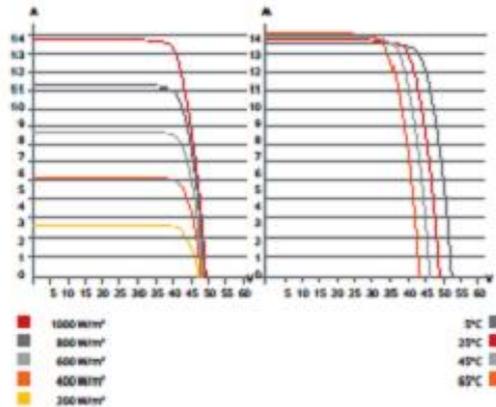
* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

CSI Solar Co., Ltd.
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6W-530MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6W	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Nominal Max. Power (Pmax)	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	40.9 V	41.1 V	41.3 V	41.5 V	41.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	12.96 A	13.02 A	13.08 A	13.14 A	13.20 A
Open Circuit Voltage (Voc)	48.8 V	49.0 V	49.2 V	49.4 V	49.6 V
Short Circuit Current (Isc)	13.80 A	13.85 A	13.90 A	13.95 A	14.00 A
Module Efficiency	20.7%	20.9%	21.1%	21.3%	21.5%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C				
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)				
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)				
Max. Series Fuse Rating	25 A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ + 10 W				

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6W	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Nominal Max. Power (Pmax)	397 W	401 W	405 W	409 W	412 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.3 V	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.38 A	10.42 A	10.47 A	10.52 A	10.55 A
Open Circuit Voltage (Voc)	46.1 V	46.3 V	46.5 V	46.7 V	46.9 V
Short Circuit Current (Isc)	11.13 A	11.17 A	11.21 A	11.25 A	11.29 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 x (12 x 6)]
Dimensions	2261 x 1134 x 35 mm (89.0 x 44.6 x 1.38 in)
Weight	27.8 kg (61.3 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	410 mm (16.1 in) (+) / 290 mm (11.4 in) (-) (supply additional jumper cable: 2 lines / Pallet) or customized length*
Connector	T4 series or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	600 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CSI Solar Co., Ltd.
199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Mayra Alejandra Arevalo Erique**, con C.C: # 0704634559 autor del trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. TERRASOL.”** previo a la obtención del título de **Magister en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, 06 de septiembre de 2023.



f. _____

Nombre: Mayra Alejandra Arevalo Erique

C.C: **070463455**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UNA VIVIENDA UBICADA EN LA URB. TERRASOL.”		
AUTOR(ES)	Mayra Alejandra Arevalo Enrique		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Gustavo Mazzini Muñoz, MSc. Diana Bohórquez Heras / MSc. Celso Bohórquez Escobar		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
CARRERA:	Maestría en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	06 de septiembre de 2023	No. DE PÁGINAS:	81
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistema Fotovoltaico, Panelessolares, Baterías, Celdas, Radicion Solar, Horasolar Pico		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Energía Eléctrica, Paneles Solares, Sistemas Fotovoltaico		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En el presente trabajo se realiza un diseño de un parque eólico en el perfil costero del Ecuador, Cantón Salinas provincia de Santa Elena. El mismo que proveerá de energía eléctrica renovable, con la finalidad de poder reducir los costos económicos de generación de energía eléctrica.</p> <p>El cantón Salinas, conocido por tener una de las mejores Playas de las costas ecuatorianas, posee un punto geográfico, el segundo en Sudamérica con mayor salida territorial al mar del Océano Pacifico, el cual es llamado Chocolatera. Se pretende realizar un diseño de un sistema de generación eléctrica basado en el uso de aerogeneradores; los mismos que se plantean proyectar fuera de la costa, el cual generara un atractivo sector turístico y a la vez ayudara con el incremento de la tasa de generación de energía renovable en el país. A través del movimiento mecánico de las aspas que componen el aerogenerador, el cual se conoce como energía mecánica, el mismo que con la fuerza del viento produce la energía eléctrica que se requerirá para el análisis de este proyecto.</p> <p>En la actualidad el cantón Salinas de la provincia de Santa Elena, cuenta con el aprovisionamiento de energía eléctrica a través de las hidroeléctricas que funcionan en todo el ecuador. Para esta investigación se plantea proyectar el diseño con aerogeneradores Modelo E-126 Eercon, con una generación de al menos 6 MW anuales. De acuerdo al mapa de velocidad del viento en el perfil costero a proyectar el sistema de generación eléctrica con aerogeneradores, se evidencia que la misma esta desde los 5Km/h hasta los 28 Km/h.</p> <p>En la actualidad el Cantón Salinas de la provincia de Santa Elena – Ecuador, cuenta con 49572 habitantes, de acuerdo a la página oficial de la agencia de regulación y control del Ecuador; el cantón Salinas tiene un consumo de energía eléctrica anual de 49`238,382.44 MWh año; las corrientes de vientos oscilan entre los 5 a 19 Km/h durante todo el año, hay meses en los cuales duran más de 24 días con velocidad de viento de 12Km/h, lo suficiente para el movimiento de las aspas de los generadores de corriente eléctrica renovable.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTORES:	Teléfono: +593-9979167135	E-mail: mayra.arevelao@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar		
	Teléfono: +593-995147293		
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

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