UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR
SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto Técnico de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

Título: *Estudio de Factibilidad para la implementación de un Sistema Fotovoltaicos Activado por los Vehículos que circulan, como energía alternativa para el Puente de la Unidad Nacional de la ciudad de Guayaquil, que permitirá sustentar su Alumbrado.*

Title: *Feasibility Study for the implementation of a Photovoltaic System Activated by the Vehicles that circulate, as an alternative energy for the National Unity Bridge of the city of Guayaquil, which will allow to sustain its Lighting.*

AUTORES:

Cedeño Vélez Edison Armando
García Cedeño Cristhian Elías

TUTOR: Ing. Genaro Díaz Solís. Msig.

GUAYAQUIL_ECUADOR

2020

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Nosotros, Cedeño Vélez Edison Armando y García Cedeño Cristhian Elías, con C.I 0954162814 y C.I 1307094753 respectivamente, estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, declaramos que el trabajo descrito aquí ha sido desarrollado respetando los derechos intelectuales de terceros cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Los análisis realizados y conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, diciembre del 2020

Cedeño Vélez Edison Armando
C.I: 0954162814

García Cedeño Cristhian Elías
C.I: 1307094753

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

A través del presente certificado, se ceden los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica salesiana, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual y por su normatividad institucional vigente.

Guayaquil, diciembre del 2020

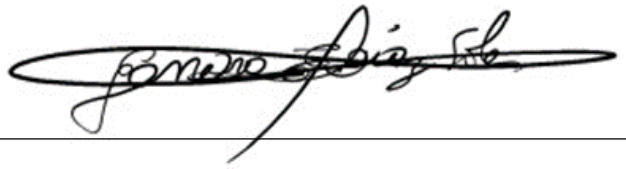
Cedeño Vélez Edison Armando
C.I: 0954162814

García Cedeño Cristhian Elías
C.I: 1307094753

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de Director del trabajo de Titulación denominado “Estudio de Factibilidad para la implementación de un Sistema Fotovoltaicos Activado por los Vehículos que circulan, como energía alternativa para el Puente de la Unidad Nacional de la ciudad de Guayaquil, que permitirá sustentar su Alumbrado.”, desarrollado por los estudiantes Cedeño Vélez Edison Armando y García Cedeño Cristhian Elías, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, a los 15 días del mes de diciembre de 2020



Ing. Genaro Díaz Solís. Msig.

Docente Director del Proyecto Técnico

DEDICATORIAS

Este trabajo de titulación se lo dedico a mi Padre y Madre por todo su esfuerzo y apoyo en todo momento, a mi hermana, quien siempre me brindo su apoyo incondicional siempre y a los maestros de la Universidad quienes nos formaron con dedicación y esfuerzo para ser ingenieros éticos y profesionales.

Cedeño Vélez Edison Armando

El presente trabajo está dedicado a mis Padres que me han brindado todo el apoyo a lo largo de mi vida universitaria. A mi familia y amigos, que aún siguen a mi lado y aquellos que por otras circunstancias dejaron de estarlo, esta meta no lo hubiera logrado sin ustedes.

García Cedeño Cristhian Elías

AGRADECIMIENTOS

Profundo y sincero agradecimiento a Dios y a esta prestigiosa institución por brindarnos la oportunidad de ser profesionales con conocimiento y responsabilidad social.

Aquellos profesionales de la enseñanza que supieron transmitirnos sus conocimientos de manera acertada, para ser aplicada a nuestra vida profesional.

RESUMEN

En el Ecuador, se están forjando esfuerzos para cambiar la matriz energética durante varios años, de tal forma que se tiende a valerse de recursos renovables y no fósiles. La ciudad de Guayaquil ha sido una de las primeras en la implantación de las energías renovables a nivel de mar en el Ecuador.

La energía empleada frecuentemente para iluminación pública se da a través de redes eléctricas, que transportan energía derivada de sistemas convencionales de generación. Es importante determinar si otras opciones son adecuadas para la obtención de energía con propósito de iluminar sectores como vías o puentes. Se conoce que el alumbrado público es de gran importancia y a la vez representaría un consumo considerable debido a la extensión del complejo; es por esto que se ha planteado determinar la factibilidad de utilizar energías renovables en alumbrado público, acorde al sistema de distribución de la CNEL EP. Tomando como caso de estudio El Puente de la **Unidad Nacional** de la ciudad de Guayaquil.

La parte inicial de la investigación, se orienta en los aspectos teóricos de las energías solar fotovoltaica, están presenta en la actualidad de estas en el Ecuador, se efectúa un análisis de las luminarias que se utilizan actualmente y hacia donde convendría dirigirse el país. Consiguiente a esto se efectúa el procesamiento de datos, se establece cual es la estación meteorológica que colaborara con datos de radiación solar y velocidades del viento, se interpreta cuáles son los meses con mayor y menor recurso para la producción de energía. Después se despliega un diseño lumínico y solar donde se muestra cómo y cuáles deben ser las primordiales características para efectuarlos. También se valora la forma económica el proyecto a través de modelos dinámicos, ejecutando un balance entre la energía convencional y la energía renovable además se enseña una comparación con casos similares en la región si estos existen. Para finiquitar se muestran las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

Palabras claves:

Estudio, factibilidad, energías renovables, energías solares fotovoltaica.

ABSTRACT

In Ecuador, efforts are being made to change the energy matrix for several years, in such a way that it tends to use renewable and non-fossil resources. The city of Guayaquil has been one of the first in the implementation of renewable energies at sea level in Ecuador.

The energy used frequently for public lighting is given through electrical networks, which transport energy derived from conventional generation systems. It is important to determine if other options are suitable for obtaining energy for the purpose of illuminating sectors such as roads or bridges. It is known that public lighting is of great importance and at the same time it would represent a considerable consumption due to the extension of the complex; This is why it has been proposed to determine the feasibility of using renewable energies in public lighting, according to the distribution system of the CNEL EP. Taking as a case study The Bridge of the National Unity of the city of Guayaquil.

The initial part of the research is oriented on the theoretical aspects of solar photovoltaic and wind energy, they are currently present in Ecuador, an analysis is made of the lights that are currently used and where the country should go . Consequently, the data processing is carried out, it is established which is the meteorological station that will collaborate with data on solar radiation and wind speeds, it is interpreted which are the months with the greatest and least resources for energy production. Then a light, solar and wind design is displayed where it is shown how and what the main characteristics should be to carry them out. The economic form of the project is also evaluated through dynamic models, executing a balance between conventional energy and renewable energy, in addition, a comparison with similar cases in the region is taught if these exist. To finalize the conclusions and recommendations of the investigation are shown.

Keywords:

Study, feasibility, renewable energy, solar photovoltaic.

ÍNDICE

Pág.

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA II

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR III

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN IV

DEDICATORIAS V

AGRADECIMIENTOS VI

RESUMEN VII

ABSTRACT VIII

ÍNDICE IX

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES XIII

ÍNDICE DE TABLAS XVII

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1 Antecedentes. 3

1.2 Contextualización. 3

1.3 Justificación. 4

1.4 Delimitación. 5

1.4.1 Atlas Solar 5

1.4.2 Geográfica. 8

1.5. Evaluación del problema 10

1.6. Evaluación del Problema 10

1.7. Objetivos 10

1.7.1 Objetivo general 10

1.7.2 Objetivos específicos 11

1.8. Beneficiarios 11

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 12

2.1 Antecedentes investigativos 12

2.2 Fundamentación teórica 13

2.3 Recurso Renovable – El Sol 17

2.4 Radiación Solar 19

2.5 Heliofanía 20

2.6 Componentes de la Radiación 20

2.6.1 La radiación solar consta de cinco componentes 21

2.7 Las células y módulos fotovoltaicos 21

2.7.1 Fundamentos de las células solares. 21

2.7.2 Características físicas y eléctricas de las células fotovoltaicas 23

2.7.3 Características de los módulos fotovoltaicos 24

2.7.4 Funcionalidad 26

2.8 Las células y módulos fotovoltaicos 26

2.9 Sistemas Fotovoltaicos 27

2.9.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos 27

2.10 Elementos Generales de los Sistemas Fotovoltaicos 28

2.10.1 Panel Solar Fotovoltaicos 28

2.10.2 Regulador de Carga 29

2.10.3 Batería 29

2.10.4 Inversor 30

2.10.5 Caja para conexiones 30

2.10.6 Balasto 30

2.10.7 Lámpara 30

2.10.8 Cables 30
2.11 Fuentes de Alimentación de energía Eléctrica 30
2.12 Fundamentación Teórica. 32
2.13 Marco legal 32
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 34
3.1 Descripción 34
3.2 Tipos de investigación. 34
3.3 Diseño de la investigación 36
3.4 Unidad de análisis 36
3.5 Población y Muestra 37
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 37
3.7 Muestra Representativa 38
3.8 Cálculo del tamaño de la muestra 39
3.9 Cálculo de la fracción muestra 40
CAPÍTULO IV ANÁLISIS 41
4.1 Análisis y discusión de los resultados 41
4.2 Análisis e interpretación de los resultados de la encuesta 41
4.3 Análisis de proveedores y costos 52
4.3.1 Paneles Solares 52
4.3.2 Inversores 54
4.4 Análisis del Retorno de Inversión 55
4.4.1 Paneles Solares 55
4.4.2 Inversor 56
4.4.3 Accesorios y estructura de los paneles 57
4.4.4 Costos del proyecto 58

4.4.5 Flujo de Caja por Inversión Directa y Retorno de la inversión 58

4.5 Detalle General del Sistema Fotovoltaico 60

4.6 Iluminación Activada por la movilidad Vehicular 61

4.7 Recomendaciones 62

4.8 Conclusiones 63

REFERENCIAS 65

ANEXOS 67

ANEXO 1: TRABAJO DE CAMPO 67

ANEXO 2: INSOLACIÓN DIFUSA PROMEDIO 68

ANEXO 3: INSOLACIÓN DIRECTA PROMEDIO 69

ANEXO 4: INSOLACIÓN GLOBAL PROMEDIO 70

ANEXO 5: ENERGIA SOLAR 71

ANEXO 6: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS PANELES SOLARES 72

ANEXO 7: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS INVERSORES 77

ANEXO 8: SIMULACIÓN EN 3D DEL PROYECTO 84

ANEXO 9: UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO 85

ANEXO 10: LUMINARIA LED 86

ANEXO 11: APLICACIÓN PROYECTOS SIMILARES 87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Pág.

Figura 1..... 8

Ubicación geográfica por satélite..... 8

Figura 2..... 9

Puente de la Unidad Nacional en Construcción..... 9

Figura 3..... 17

Características físicas del sol..... 17

Figura 4..... 18

Capas del sol..... 18

Figura 5..... 19

Distribución espectral..... 19

Figura 6..... 20

Procesos que atenúan la radiación solar..... 20

Figura 7..... 21

Procesos que atenúan la radiación solar..... 21

Figura 8..... 22

Distribución porcentual de células fotovoltaicas..... 22

Figura 9..... 23

Configuración física de la célula fotovoltaica..... 23

Figura 10..... 24

Estructura general de los módulos cristalinos..... 24

Figura 11..... 27

Estructura general de los módulos cristalinos..... 27

Figura 12..... 35

Metodología de la Investigación 35

Figura 13 38

Muestra Representativa. 38

Figura 14 41

Resultado Encuesta – Pregunta No. 1 41

Figura 15 42

Resultado Encuesta – Pregunta No. 2 42

Figura 16 43

Resultado Encuesta – Pregunta No. 3 43

Figura 17 44

Resultado Encuesta – Pregunta No. 4 44

Figura 18 45

Resultado Encuesta – Pregunta No. 5 45

Figura 19 46

Resultado Encuesta – Pregunta No. 6 46

Figura 20 47

Resultado Encuesta – Pregunta No. 7 47

Figura 21 48

Resultado Encuesta – Pregunta No. 8 48

Figura 22 49

Resultado Encuesta – Pregunta No. 9 49

Figura 23 50

Resultado Encuesta – Pregunta No. 10 50

Figura 24 51

Resultado Encuesta – Pregunta No. 11 51

Figura 25 59

Punto de Equilibrio 59

Figura 26 61

Diagrama Completo del Sistema Fotovoltaico 61

Figura 27 62

Iluminaria con detector de movimiento 62

Figura 28 67

Mediciones del Terreno 67

Figura 29 68

Insolación difusa promedio 68

Figura 30 69

Insolación directa promedio 69

Figura 31 70

Insolación Global promedio 70

Figura 32 71

Clasificación de la energía Solar 71

Figura 33 72

Paneles solares Trina Solar 72

Figura 34 74

Paneles Solares Yingli Solar 74

Figura 35 76

Paneles Solares Sungold Poly 76

Figura 36 77

Inversor ABB 77

Figura 37 80

Inversor Yaskawa Solectria Solar 80

Figura 38 82

Inversor Satcon Solar 82

Figura 39 84

Luminarias Proyectadas 84

Figura 40 84

Luminarias Proyectadas 84

Figura 41 85

Vista aérea de la Ubicación Geográfica del Proyecto 85

Figura 42 85

Vista vial de la Ubicación Geográfica del Proyecto 85

Figura 43 86

Luminaria Led con Sensor de Movimiento 86

Figura 44 87

Luminaria Led con Sensor de Movimiento en otros proyectos 87

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1..... 31

Comparación de Fuentes de Alimentación Celdas Solares Vs Alimentación Convencionales.. 31

Tabla 2..... 53

Comparación Técnicas paneles solares..... 53

Tabla 3..... 54

Comparación Técnicas de Inversores..... 54

Tabla 4..... 55

Ficha Técnica del Proyecto..... 55

Tabla 5..... 56

Ficha Técnica del Modelo de Panel..... 56

Tabla 6..... 56

Ficha Técnica del Modelo de Inversor..... 56

Tabla 7..... 57

Costos de Accesorios..... 57

Tabla 8..... 58

Detalle de Costos Principales..... 58

Tabla 9..... 59

Flujo de Caja General y Retorno de la Inversión..... 59

INTRODUCCIÓN

Con el pasar del tiempo, ha ido aumentando la dependencia energética de la del ser humano, es por ello que se busca una solución para proveer el constante incremento de la demanda de energía. La idea es fructificar los abundantes recursos locales naturales virtualmente interminables como viento, sol, agua y así crear electricidad de forma sostenible y con mínimos costos que, con energías convencionales, además lograr que estos recursos sean capaces de ser renovados.

Al crear energía eléctrica sin que esté un proceso de combustión de por medio o una etapa de evolución térmica presume, desde el punto de vista ecológico, un procedimiento muy propicio ya que teóricamente es limpio y exento de problemas de contaminación, etc. Cabe señalar que se suprimen radicalmente los impactos ocasionados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que favorece sin duda al cuidado de la atmósfera, el agua, la fauna, la vegetación, el suelo y la salud de los seres vivos.

El incremento tecnológico en energías renovables está aumentando, a tal punto que en la actualidad existe mayor accesibilidad para incorporar fuentes de energía renovable en los sistemas de energía tanto para comunidades aisladas u otras acopladas a la red. Los recursos de energía renovable pueden ser incorporados en los sistemas de energía de zonas remotas, con el fin de disminuir los costos operativos y las emisiones nocivas. Uno de los aspectos más significativos para el progreso económico de un país es la disponibilidad de fuentes suficientes y confiables de energía a inferior costo y sobre todo amigables con el medio ambiente.

El empleo de la energía renovable en las zonas urbanizadas está progresando de manera formidable debido a la cercanía de los usuarios a la electricidad, lo que forma una posible fabricación de una mejor eficiencia energética al reducirse significativamente las pérdidas inmersas en las líneas de transmisión que permite llevar la energía desde las centrales generadoras hacia los centros poblados. La naturaleza variable de los recursos renovables, sigue siendo un obstáculo que se debe superar con el fin de proporcionar un sistema de energía robusto.

La potencia de la radiación del sol, tiende a depender de diferentes factores que pueden transformar con el día como, las situaciones atmosféricas, nivel de contaminación y la latitud. El Ecuador, siendo un país rico en fuentes de energía renovable, con el pasar de los años ha dependido en gran disposición de los combustibles fósiles como fuente de energía. El Gobierno busca revertir esta situación con un radical cambio en la matriz energética.

Para ello, este trabajo se encuentra fragmentado en cuatro capítulos, explicados resumidamente a continuación.

En el Capítulo I. se encuentra detallada toda la contextualización de la investigación, indicando la importancia de la implementación de energía renovable. En este fragmento se han planteado los objetivos, la justificación y la formulación general de la investigación.

Dentro del Capítulo II, se recopilan los antecedentes que precedieron a este trabajo, así como también toda la fundamentación teórica y científica de las variables en estudio, desde el punto de vista de diversos autores.

El Capítulo III, aborda todo lo referente a la metodología empleada, así mismo se detalla que, por la naturaleza de las variables, el nivel de la investigación se encuentra enmarcado en parámetros descriptivos. Además, se determinaron los parámetros que se usaron para el procesamiento de la información de las fuentes primarias y secundarias.

Finalmente, en el Capítulo IV, se muestra la interpretación de los resultados obtenidos con las herramientas estadísticas utilizadas, como tablas y gráficos de Excel, terminando con las conclusiones y recomendaciones que se alcanzaron instaurar en todo el proceso de desarrollo del presente trabajo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes.

Durante varios años el uso de energías convencionales, ha desgastado consigo el desarrollo de la sociedad; Sin embargo, estas energías se terminan e impactan desfavorablemente al ambiente ya que emiten Gases de Efecto Invernadero (GEI), que se almacenan en una capa por debajo de la atmósfera, lo que paraliza la salida de la radiación infrarroja proveniente del sol, provocando aumentos en la temperatura y sin duda a cambios en el clima.

Uno de los mayores problemas a nivel nacional durante mucho tiempo ha sido el desabastecimiento de energía eléctrica que aqueja a los sectores productivos del país con sus respectivas pérdidas económicas.

Para prender una luminaria a 15 km de la ciudad más cercana es necesaria un tendido de 15 km desde este hasta la iluminaria. Es decir, una línea simultanea de cables con sus postes cada diez, doce o veinte metros, con todos los costos que supone este tendido: los costes iniciales de obra, los de explotación y mantenimiento, y la falta de beneficio.

Y es que cuando más largo es un tendido, más energía hace falta bombear para que llegue al extremo, más grueso ha de ser el cobre para resistir esa tensión, y más aislante requiere. Es decir, más gasto y más daño al medio ambiente. Eso sin contar las subestaciones de transformación intermedias que se requieran, y que bajan el rendimiento del sistema al completo.

1.2 Contextualización.

El Programa de Gobierno 2015-2020, en el apartado Revolución Ecológica, a posta por la innovación productiva bajo un modelo eficiente y con mayor valor económico, social y ambiental. En este sentido, se diseñan como prioridades la conservación y el uso sostenible del patrimonio natural y sus recursos naturales, la inserción de tecnologías ambientalmente limpias.

La aplicación de la eficiencia energética y una mayor participación de energías renovables, así como la prevención, la inspección y la mitigación de la contaminación y la elaboración, el consumo y el pos consumo sustentables (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades, 2013).

"A fin de conseguir una sostenibilidad económica y ambiental, la tendencia mundial es producir las fuentes renovables para la generación de electricidad. Por ello, para contrarrestar la naciente presencia de las fuentes no renovables en la generación de electricidad en el país, el Ecuador durante los últimos seis años, ha sentado las bases para cobijar la demanda interna de electricidad con producción nacional basada en energías de fuentes renovables". (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

Por lo tanto, se pretende realizar un estudio de factibilidad para la implementación de un Sistema Fotovoltaicos Activado por los vehículos que circulan como energía alternativa para el Puente de la Unidad Nacional de la ciudad de Guayaquil, que permitirá sustentar su Alumbrado.

1.3 Justificación.

El argumento ambiental ha conseguido estimular la conciencia de la mayoría de países, concentrando sus esfuerzos en el desarrollo y aplicación de energías limpias y renovables que florezcan la rentabilidad, accesibles y que no incorporen un peligro para el Medio Ambiente.

En el Puente de la Unidad Nacional, circulan aproximadamente 18.000 vehículos por día en cada sentido, esto sin duda es una gran fuente de energía que en la actualidad no es utilizada.

Es importante implementar un sistema de alterno que disponga de su propio generador de energía para el Puente de la Unidad Nacional, y que además esté activado y alimentado de los propios vehículos que circulan, facilita su reparación casi de forma inmediata, reduce los costes de instalación y mantenimiento además permite ser amigable con el medio ambiente.

Por otra parte, el impacto que estas turbinas pueden tener en el medio ambiente es muy bajo. No requieren irrumpir grandes extensiones de campo ya que se colocan en espacios inutilizados de la vía. Apenas generan ruido, sobre todo si lo comparamos con el del tráfico, no correrían tanto peligro de resultar heridos por la baja o alta velocidad de los vehículos. Para terminar, podrían incluso acabar con el tendido eléctrico actual de media tensión.

1.4 Delimitación.

La delimitación de la presente investigación se refiere a los siguientes aspectos:
Campo: Alumbrado público
Delimitación geográfica espacial: El Puente de la Unidad Nacional, que es un complejo vial que enlaza las ciudades de Guayaquil, Samborondón y Eloy Alfaro (Durán).
Coordenadas: 2°09′31″S 79°51′18″O.
Tiempo: Aproximadamente 5 meses.

1.4.1 Atlas Solar

El Ecuador tiene características topográficas muy diferente entre las regiones, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, las cuales no pueden permanecer al margen del Inventario de los Recursos Energéticos para Producción Eléctrica, pues las condiciones de cobertura y satisfacción de la demanda que se muestran en la actualidad, manifiestan un estrecho vínculo fundamentalmente con la electrificación y energización rural. El diseño de políticas, estrategias y medidas para estimular el mayor uso de estas energías limpias que originen el desarrollo especialmente en zonas rurales, se fundamenta en su cuantificación, disponibilidad y distribución estacional en el territorio. La implementación de la energía solar, es un recurso renovable y limpio, para generación eléctrica, los principales objetivos son: la contribución a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, el decremento de la generación con energías no renovables con el consecuente ahorro en combustibles fósiles, y el suceso de llegar con electricidad a zonas alejadas de las redes de distribución.

La necesidad de requerir un documento técnico que cumpla con esta exigencia a fin de promover el uso masivo de la energía solar como fuente energética, incentivó al CONELEC a informar, en agosto de 2008, el "Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica", el mismo que fue hecho por la Corporación para la Investigación Energética, CIE. El Atlas incluye la cuantificación del potencial solar aprovechable y con posibilidades de generación eléctrica, en base a los mapas mensuales de radiación directa, global y difusa y sus proporcionadas líneas isohelias, con el fin de instalar proyectos locales más específicos que acepten el uso de este tipo tecnología para conseguir calor y electricidad para diversas aplicaciones como producir colectores térmicos y módulos fotovoltaicos.

El Ecuador por quedar ubicado en la línea ecuatorial tiene un potencial solar que sin ser el superior del planeta, se sitúa en niveles muy significativos. Los datos de radiación solar en Ecuador muestran una homogeneidad de los valores a lo largo del año, por ejemplo, en el observatorio del Coca en la Amazonía, los resultados diarios oscilan entre los 3,35 kWh/m2 en el mes de mayo y los 4,33 kWh/m2 de septiembre. El hecho que la radiación solar sea homogénea a lo largo del año disminuye en forma significativa el problema de variaciones aleatorias de este parámetro, lo que hace muy confiable y rentable la utilización tecnológica de este recurso para diversas aplicaciones. Estas podrían dividirse en dos grandes tipos: solar fotovoltaico y solar térmico. La energía solar que se recoge en la superficie de la tierra se ha computado con un equivalente a 178.000 TW-año.

En 1990 se computarizaba que esta cantidad era 15.000 veces mayor que el gasto global. No obstante, cerca del 30% de esta energía es reflejada en el espacio, 50% es absorbida, convertida en calor y reenviada a la superficie terrestre; de este 50%, 49.000 TW-año son reembolsados como energía calorífica bajo la representación de radiación electromagnética y 40.000 TW-año como energía calórica conformemente dicha. Los 20% restantes permiten la formación de los vientos (~350 TW), alimentan de energía los ciclos hidrológicos (~35.000 TW) y tan solo una muy pequeña parte de la energía solar es empleada por la fotosíntesis, gracias a la cual la biodiversidad planetaria coexiste (100 TW). La energía geotérmica, estimada también renovable, y derivada del proceso de formación cósmica, puede ser sustraída de la corteza terrestre hasta un valor de 30 TW-año.

Las mareas originan energía, por la atracción de la luna, puede también conceder una pequeña parte de la energía aprovechable del orden de 3 TW-año. Las evaluaciones del potencial de las energías renovables (biomasa primaria, energía solar, energía hidráulica y energía geotérmica) descubren que su contribución se multiplicará por 10, El Ecuador posee características topográficas muy variadas, de gran diversidad climática y condiciones únicas que le confieren un elevado potencial de energías renovables y limpias, las cuales no pueden permanecer al margen del Inventario de los Recursos Energéticos para Producción Eléctrica, pues las condiciones de cobertura y complacencia de la demanda que se muestran en la actualidad, manifiestan un estrecho vínculo especialmente con la electrificación y energización rural. El diseño de políticas, habilidades y medidas para estimular el mayor uso de estas energías limpias que originen el desarrollo fundamentalmente en zonas rurales, se fundamenta en su cuantificación, disponibilidad y distribución estacional en el territorio.

La utilización práctica de la energía solar, un recurso renovable y limpio, para generación eléctrica, tiene como objetivos principales: la contribución a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, la disminución de la generación con energías no renovables con el consecuente ahorro en combustibles fósiles, y la posibilidad de llegar con electricidad a zonas alejadas de las redes de distribución. La necesidad de contar con un documento técnico que cumpla con esta exigencia a fin de impulsar el uso masivo de la energía solar como fuente energética motivó al CONELEC a publicar, en agosto de 2008, el "Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica", el mismo que fue elaborado por la Corporación para la Investigación Energética, CIE. El Atlas incluye la cuantificación del potencial solar disponible y con posibilidades de generación eléctrica, en base a mapas mensuales de radiación directa, global y difusa y sus correspondientes isohelias, con el fin de ubicar proyectos locales más específicos que permitan utilizar esta tecnología para obtener calor y electricidad para diversas aplicaciones como fabricar colectores térmicos y módulos fotovoltaicos.

En la elaboración del Atlas se utilizó la información generada por el modelo CRS, filtrando en primera instancia el amplio volumen de información proveniente de este modelo, hasta seleccionar aquellos que corresponden únicamente al territorio

continental ecuatoriano, y mediante códigos, ser exportados a una base de datos para que sean compatibles con la plataforma de trabajo que se escogió, en este caso, un Sistema de Información Geográfica (SIG). A través del SIG se convirtió las referencias geográficas al Sistema de proyección y coordenadas escogidas para el país, en este caso Universal Transversal de Mercator (UTM), WGS84, Zona 17 Sur.

1.4.2 Geográfica.

La ubicación geográfica en donde se ubica el estudio es en un complejo vial que conecta la ciudad de Guayaquil, con los cantones de Eloy Alfaro (Durán) y Samborondón. El complejo vial constituido por cuatro puentes: dos sobre el río Daule (el Puente Rafael Mendoza Avilés y el Puente Carlos Pérez Peraso) y dos sobre el río Babahoyo y una vía que enlaza estos sobre el sector de La Puntilla que no cuenta con sistema de generación de energía alterna:

Figura 1
Ubicación geográfica por satélite

Fuente: *Google Maps (2020).*

El 23 de marzo de 1967 se firmó el contrato para la construcción del puente Rafael Mendoza Avilés culminado 3 años después e inaugurado el 25 de julio de 1970 (Magni, 2013).

La capacidad de carga del puente Rafael Mendoza Avilés también llamado el primer puente permite el tránsito de camiones de hasta 66 toneladas. Es una superestructura de 2.5 km de longitud incluidos los accesos a los cantones Durán y Samborondón, cuenta con carriles más uno de servicio, acera peatonal y un área para ciclo vía. Por el viaducto transitarán un aproximado de 70.000 vehículos diarios promedio anual, en el sentido Guayaquil – La Puntilla para enlazarse luego con Duran a través del segundo puente.

La estructura de estos puentes son segmentos de vigas prefabricadas en el país, el primero en crearse bajo este diseño fue el puente Rafael Mendoza Avilés, que conecta a Guayaquil con La Puntilla, según. (Ministerio de obras públicas, 2011)

Figura 2
Puente de la Unidad Nacional en Construcción

Fuente: *Ministerio de Obras Públicas (2011).*

1.5. Evaluación del problema.

¿Cómo ayudaría la implementación de un sistema fotovoltaico para abastecer de energía al alumbrado del puente de la unidad nacional y mejorar los beneficios ambientales para la ciudad de Guayaquil?

1.6. Evaluación del Problema

Delimitado: Realizar un estudio de factibilidad para la implementación de un Sistema Fotovoltaicos Activado por los Vehículos que circulan, como energía alternativa para el puente de la unidad nacional de la ciudad de Guayaquil, que permitirá sustentar su Alumbrado.

Claro: El estudio se basará en una política clara del manejo de los recursos renovables eficiente (luz solar) y se enfocará en la mitigación de daños a la naturaleza.

Evidente: Esta problemática es evidente porque se no existe un estudio realizado por ninguna entidad o institución acerca de la factibilidad de implementar un sistema fotovoltaico para el puente de la unidad nacional además del impacta ambiental que ocasiona el no uso de energía renovables.

Relevante: La investigación es relevante porque tiene la finalidad promover el uso de energías alternativas como la que proviene de la luz solar, mediante paneles solares captar energías no contaminantes.

Original: Revisando los antecedentes acerca del tema se concluyó que no existe implementación similar en ningún puente o complejo vial dentro del Ecuador, aparte de los buenos beneficios que se obtendrá en ámbito ecológico.

1.7. Objetivos.

1.7.1 Objetivo general.

Realizar un estudio de factibilidad para la implementación de un Sistema Fotovoltaicos como energía alternativa para el puente de la unidad nacional de la ciudad de Guayaquil, que permitirá sustentar su Alumbrado, para demostrar los beneficios de su uso, a través del diseño y planificación de un proyecto, brindando un adecuado sustento teórico.

1.7.2 Objetivos específicos

- Conocer las condiciones, clasificación y tipo de sistemas fotovoltaicos principalmente utilizados.
- Realizar estudio de mercado para establecer los beneficios de la propuesta.
- Establecer un estudio técnico, organizacional y legal para fundamentar la teoría científica.
- Determinar un estudio y estimación financiera para calcular los costos de aplicación de la propuesta.

1.8. Beneficiarios.

Los beneficiarios en la elaboración del Estudio de Factibilidad para la implementación de un Sistema Fotovoltaicos Activado por los Vehículos que circulan, como energía alternativa para el Puente de la Unidad Nacional de la ciudad de Guayaquil, que permitirá sustentar su Alumbrado, seria toda la población porque se reduce el consumo de energía y se instala una forma de energía sustentable que ayudaría a minimizar el calentamiento global y cuidado del medio ambiente.

Para ayudar a mejorar su comprensión, a continuación, se te presenta cinco beneficios más importantes de las energías sustentables o limpias:

- Combatir contra el cambio climático.
- Recursos no se agotan nunca.
- Reduce la incertidumbre económica.
- Es buena para la economía del país
- Es competitiva y aceptada en el mundo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que origina electricidad renovable, obtenida de la radiación solar, por medio de un dispositivo semiconductor conocido como célula fotovoltaica la cual es responsable de transformar la energía luminosa en energía eléctrica. Estas células se ajustan entre sí como un circuito en serie para incrementar la resistencia de salida de electricidad, donde varias redes de circuito se vinculan en paralelo para desarrollar la capacidad de obtención de energía eléctrica de cada panel. (Proyect Latín, ESPOL., 2014).

La radiación ultravioleta en el Ecuador se encuentra en un nivel extremo dado al desgaste de la capa de ozono, provocando que en la franja ecuatorial los rayos solares bajen con mayor intensidad que en otros lugares de nuestro planeta. Se estima que en Ecuador se tiene una asoleada máxima de 1000 Watts en promedio anual. Cada región tiene una insolación diaria totalmente diferente, según su ubicación geográfica, estaciones del año, latitud, longitud, alterado por accidentes geográficos como los ríos, montañas, etc. (Retscreen, 2015).

El sol formula continuamente enormes aumentos de energía, una fracción de está adquiere la tierra. La cantidad de energía solar que tomamos en un solo día rastra suficiente para cubrir la demanda mundial de todo el año. Pero, no toda la energía derivada del sol puede ser manejada de manera efectiva. Parte de la luz solar es atraída por la atmósfera terrestre o reflejada de nuevo al espacio.

El sol se traslada de este a oeste, los paneles solares adquieren su mayor efectividad cuando su orientación es directa al sol, en un ángulo vertical con éste al mediodía. Los paneles que se implementaran en el recinto Sabanilla se colocaran en los techos de las 50 casas y tendrán una posición fija, por lo que no podrán seguir la trayectoria del sol, lo que nos indica que no tendrá un ángulo óptimo de 90°durante toda su jornada.

El ángulo entre el plano horizontal y el panel solar colocado se lo denomina ángulo de inclinación. Con la intención de alcanzar un mejor beneficio y rendimiento anual promedio de estos paneles se los instalara en un ángulo fijo.

La fabricación es la relación entre el resultado de una actividad productiva y los medios que han sido necesarios para conseguir dicha producción. La mejora de la productividad también es de vital importancia para la calidad de vida de un país ya que repercute en el incremento de salarios y logra hacer beneficioso el capital invertido lo que incentiva cada vez más la inversión, el aumento de empleo y el crecimiento de la economía. El aumento de la productividad impulsa el incremento de la economía y la competitividad. (EMPRENDE PYME. NET, s.f.).

2.2 Fundamentación teórica

Como parte notable de la investigación se procederá a describir la fundamentación teórica en cuanto al sistema fotovoltaico, el cual corresponde a la citación de los estudios similares que anteceden a este estudio para servir de fundamentación los cuales se detallan en los siguientes párrafos.

La innovación en productos consiste en el desarrollo y la búsqueda de nuevas tecnologías que promuevan la auto sostenibilidad, eviten el consumo innecesario de recursos y no generen desechos nocivos para el medio ambiente. Dichas tecnologías deben cumplir con ciertos requisitos de fabricación que garanticen no sólo un desempeño óptimo, sino también una disposición totalmente reciclable al momento de cumplir con su tiempo de vida útil. Estos productos se clasifican por su aplicación dentro la empresa. Pueden ser aplicados al transporte como los vehículos que utilizan electricidad almacenada en celdas electrolíticas, aplicados a la generación energética auto sostenible como los sistemas fotovoltaicos y los productos aplicados a la eficiencia energética como los controladores automatizados de operaciones industriales (Vīgants, Andra, Timma, Ījabs, & Blumberga, 2016).

El estudio realizado por Aguirre & Barrios (2016) con el tema “Estudio de factibilidad para implementar sistemas fotovoltaicos en la modernización del alumbrado público en el municipio Galapa-Atlántico (Colombia)”, el cual tuvo como objetivo principal estimar la factibilidad de implementar sistemas fotovoltaicos en el alumbrado público para el municipio de Galapa-Atlántico, como prueba piloto con el fin expandir y modernizar los puntos de alumbrado público usando la tecnología más eficiente para las condiciones dadas, mediante la recopilación de datos de radiación solar e información acerca de proyectos similares, bibliografía y otros, además del análisis de la información obtenida para la selección de referencia.

Realizando el estudio técnico y económico, el cual tuvo resultado que mostraron inconvenientes presentados durante el estudio técnico, los cuales tuvieron que ser ajustados con el fin de adaptarse a las condiciones energéticas y económicas, mediante el análisis económico se pudo demostrar que los costos de inversión inicial exceden en un margen notorio a los ingresos que podrían generar rentabilidad en el proyecto, Los indicadores que se utilizaron para el análisis económico que fueron la TIR y el VPN mostraron que no hay la probabilidad de que el proyecto tenga viabilidad bajo los escenarios mostrados, ya que para todos los escenarios se obtuvieron una TIR y un VPN negativos aun realizando las sensibilidades en los puntos más críticos.

Energía renovable y cambio climático En este trabajo se resumen las principales conclusiones de los estudios a futuro del uso de los sistemas de energías renovables como fuentes energéticas enfocándose en las características adecuadas que debe tener las políticas y leyes de un país para una implementación adecuada de las energías renovables reemplazando las convencionales y así poder mitigar en gran porcentaje la emisión de gases de efecto invernadero. Tiene como objetivo dar a conocer los alcances que tienen estas energías renovables en diferentes escenarios energéticos con un alto potencial tecnológico, dando paso a los debates para generar o mejorar las políticas ambientales. La aprobación y aceptación de estas energías ha sido un reto para las sociedades contemporáneas debido al poco conocimiento científico en el desarrollo de estas, siendo limitantes al igual que las inversiones económicas. (Labandeira, Linares, Pedro, & Würzburg, Klaas, 2012).

Mediante el uso de los paneles solares fotovoltaicos se obtiene la transformación directa de energía solar en corriente eléctrica. La tecnología que utilizan los sistemas fotovoltaicos se encuentra fuertemente avanzada, siendo esta la base de la industria electrónica, el desarrollo de estas celdas se evidencia cada vez más, existen diversos sistemas fotovoltaicos divididos en dos categorías que son, los sistemas aislados que constan del bombeo de agua y monitoreo y el sistema interconectado. La energía solar fotovoltaica además desempeña el rol den energía espacial. Los paneles solares alimentan de energía eléctrica a los satélites y son responsables del continuo funcionamiento de sus equipos. (Atómica, Departamento Energía Solar (DES) de la Comisión Nacional de Energía, 2010).

Estudia la factibilidad de los paneles solares fotovoltaico para las casas, habitaciones etc. En el municipio de Tlayacapan ya que obtendremos mejoras en rentabilidad económica. Además, que ellos representan un estado de Morelos dados de que diariamente hay radiación solar. Es cierto que las personas se están dando cuenta de lo que debes usar para el mejoramiento y el sostenimiento económico de cada quien. La energía solar es la única energía renovable lo cual consigue hacer que más de siete mil millones de personas se convenzan de esta energía fotovoltaica. Hacer reflexionar, por ejemplo, que todas las sociedades antiguas rindieron homenaje al Sol como símbolo de la verdad, la justicia y la igualdad. (Garcia, Corredor, Alejandra, Calderon, Laura, & Gomez, Muguel, 2013).

Una de las problemáticas que se está presentando en la actualidad es la generación de energía para satisfacer la demanda energética de una sociedad. Los recursos que el gobierno emplee para producir energía que determinaran el futuro de la civilización en cuanto a poder satisfacer las necesidades y exigencias que requiera el país de energía en la actualidad y futuro. El crecimiento poblacional genera una alta demanda para suplir las necesidades del ser humano para mantener un estilo de vida, pero esto requiere un alto número de energía lo que pone en urgencia generar nuevas alternativas de producción de esta e incentivar campañas de concientización para el ahorro o razonamiento. Las energías renovables son fuentes inagotables, limpias que se regeneran a mediano o corto plazo haciendo que los consumos no afecten ni contaminen al ser humano y medio ambiente, como la energía solar. (Estrada Gasca, C.A & Arancibia, Bulnes. C.A, 2010)

La producción de electricidad por medio de la fuente lumínica derivada del sol es una opción para la generación de energía. Para obtener energía eléctrica de los rayos emitidos por el sol es necesario utilizar sistemas fotovoltaicos con paneles solares. La tecnología ha evolucionado a través del tiempo aportando avances en la actualidad y futuros con el desarrollo de la ciencia, en 27 campos como la medicina, comunicaciones, minería, arquitectura, etc., proporcionando información, salud y servicios que contribuyen a mejorar la calidad de vida y bienestar de la comunidad. (Ortiz, Segura, Galvan. X., & Velazquez Espinosa, J.R, 2015).

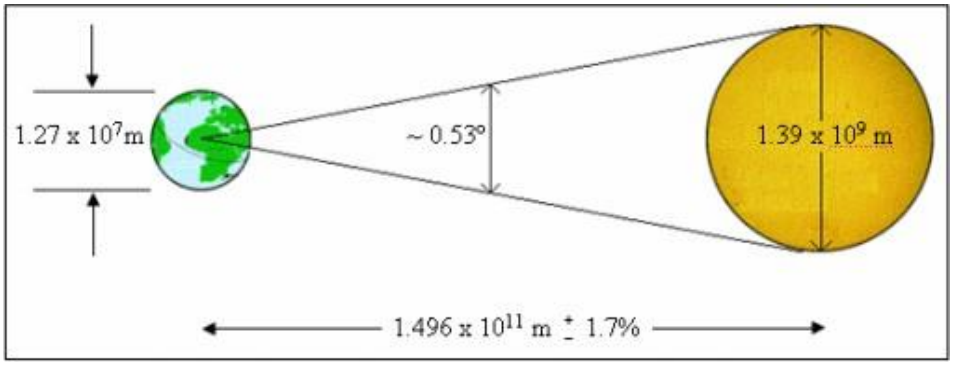
Casanare uno de los departamentos con más área en el país, no tiene una energía constante ya que por condiciones de falta de estudios de suelos este posee escarceos en épocas de lluvias los postes caen lo cual perjudica la energía allí se necesita mantenimiento con mano de obra calificada. Las dificultades, aprovechamiento y mejores beneficios para la calidad de vida de la sociedad en estudio; desde la ejecución de planes de energía fotovoltaica solar con paneles solares en zonas rurales y pueblos no conectados. (Galviz, 2013).

Este trabajo de tesis busca establecer los beneficios que se obtendrían en substituir el alumbrado público de la ciudad de Tocopilla por luminarias que trabajan con tecnología solar. Para ello se evalúan los factores directamente implicados en el proyecto. En esto podemos observar varias razones entre una de ellas el decreto de saturación ambiental el cual hace énfasis en las altas contaminaciones que se presentan en la ciudad, este decreto precisa a las empresas generadoras de energía eléctrica convencional, a producir una oferta energética por medio de 17 energías limpias y renovables, buscando con estas acciones disminuir los niveles de contaminación que se producen. Para la evaluación del proyecto se tienen en cuenta tres fases primero las ideas de proyectos, seguido de los análisis de pre-inversión y finalizando con la inversión. Para realizar la evaluación de rentabilidad se hace un estudio de los costos presentes y futuros, calculados mediante el flujo de caja. Los datos obtenidos del flujo se analizan, determinando así si el VAN del proyecto es beneficioso. (Aliaga, Fuentes, O.I.A, & Gonzalez, G.J.F, 2009)

2.3 Recurso Renovable – El Sol

El sol es una fuente inagotable de energía, debido a la fusión de átomos de deuterio que producen átomo de helio. Es sorprendente el hecho que la irradiación solar en tan solo un segundo, es mucho mayor a toda la energía consumida por la humanidad en toda su historia. Una parte de toda esta energía llega a la tierra en forma de radiación electromagnética, compuesta de rayos de diferentes longitudes de onda, que viajan a una velocidad de 3 x 105 km/s; la otra parte irradia el exterior de la atmósfera con una potencia de 1.73 x 1014 kW. El sol, visto desde la tierra, rota alrededor de su eje cada cuatro semanas y tiene una edad estimada de 5 mil millones de años; tiene un diámetro de 1.39 x 109 m y está situado a 1.5 x 1011 m de distancia a la tierra, que equivale a 8 minutos de trayecto a velocidad luz. Estas características físicas se pueden observar en la figura 3.

Figura 3
Características físicas del sol



Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

El sol consta de seis zonas:

1. **Núcleo** solar que comprende 23% de su radio, esta región tiene una alta temperatura de 107 K y por la cual se produce la fusión nuclear. Tiene una densidad de 105 kg. m-3 y genera un 90% de la energía.

2. **Zona Radiactiva** comprende una distancia del 70% del radio solar y tiene una temperatura de 105 K y una densidad de 70 kg. m-3. En esta zona las partículas que transportan la energía (fotones) intentan escapar al exterior en un viaje que puede durar unos 100,000 años debido a que estos fotones son absorbidos continuamente y reemitidos en otra dirección distinta a la que tenían.

3. **Zona Convectiva** comprende del 70% al 100% del radio solar y su temperatura y densidad disminuyen a 5000 - 6000 K y 10-5 kg m-3 respectivamente. En ésta zona se produce el fenómeno de la convección, es decir, columnas de gas caliente ascienden hasta la superficie, se enfrían y vuelven a descender.

4. **Fotósfera** es considerada como la superficie del sol, físicamente es una capa delgada de unos 300 km de longitud. Desde aquí se irradia luz y calor al espacio. La temperatura es de unos 5.5 x 103 K. En la fotosfera aparecen las manchas oscuras y las fáculas que son regiones brillantes alrededor de las manchas, con una temperatura superior a la normal de la fotosfera y que están relacionadas con los campos magnéticos del Sol.

5. **Cromósfera** sólo puede ser vista en la totalidad de un eclipse de Sol. Es de color rojizo, de densidad muy baja y de temperatura altísima, de medio millón de grados. Está formada por gases enrarecidos y en ella existen fortísimos campos magnéticos.

6. **Corona** es una capa de gran extensión, temperaturas altas y de bajísima densidad. Está formada por gases enrarecidos y gigantescos campos magnéticos que varían su forma de hora en hora. Ésta capa es impresionante vista durante la fase de totalidad de un eclipse de Sol.

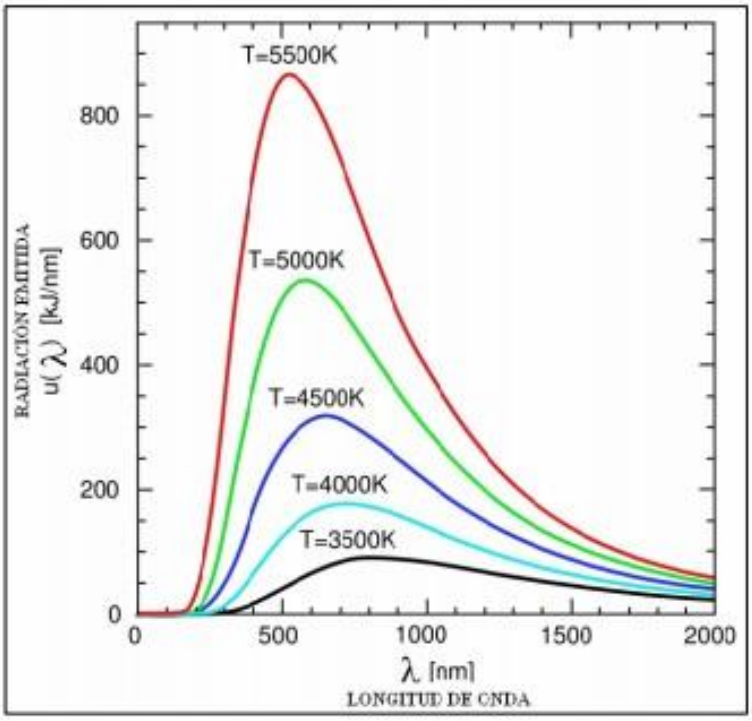
Figura 4
Capas del sol

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

2.4 Radiación Solar

El sol propaga radiación en toda la gama del espectro electromagnético, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio. Dando un efecto de la fotósfera, que se halla próxima a los 6,000 K, el flujo de energía expuesto por el sol pertenece a un cuerpo a esa temperatura. El Figura 5 se puede observar la energía emitida por cuerpos negros a temperaturas distintas hasta aproximarse a los 6,000 K en las desiguales longitudes de onda según expresa matemáticamente la ley de Planck.

Figura 5
Distribución espectral



Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

De acuerdo a la distribución espectral que se ilustra en la gráfica, se considera que la radiación solar proveniente del sol tiene longitudes de onda entre los 300 nm y 4000 nm. La energía solar que alcanza la superficie de la tierra es muy irregular variando no tan solo su insolación máxima diaria1 sino también la radiación solar que se atenúa según la composición instantánea de la atmósfera que atraviesa, siendo así, que solo un 47% de la radiación incidente sobre la atmósfera terrestre alcanza la superficie de la tierra, un 31% lo hace directamente y el 16% después de ser dispersada por polvo, vapor de agua y moléculas de aire. El 53 % de energía restante es reflejada al espacio o absorbida por la atmósfera.

2.5 Heliofanía

La heliofanía incorpora la duración del brillo solar u horas de sol, y está ligada al hecho de que el instrumento manejado para su medición, heliofanógrafo, reconoce el tiempo en que recibe la radiación solar directa. La ocurrencia de nubosidad determina que la radiación recogida por el instrumento sea radiación solar difusa, dificultando el registro. Por lo tanto, si bien hay energía incidente disponible, la concentración o densidad de la misma no es suficiente para ser inscrita. A pesar de lo mencionado, la duración del brillo solar está muy concerniente con la radiación solar global incidente.

2.6 Componentes de la Radiación

Los distintos constituyentes de la atmósfera tales como: gases, nubes y partículas sólidas en suspensión atenúan la radiación solar debido a distintos procesos de absorción, reflexión y refracción que sufre ésta al momento que atraviesa la masa de aire. Estos procesos se los puede visualizar en el Figura 6.

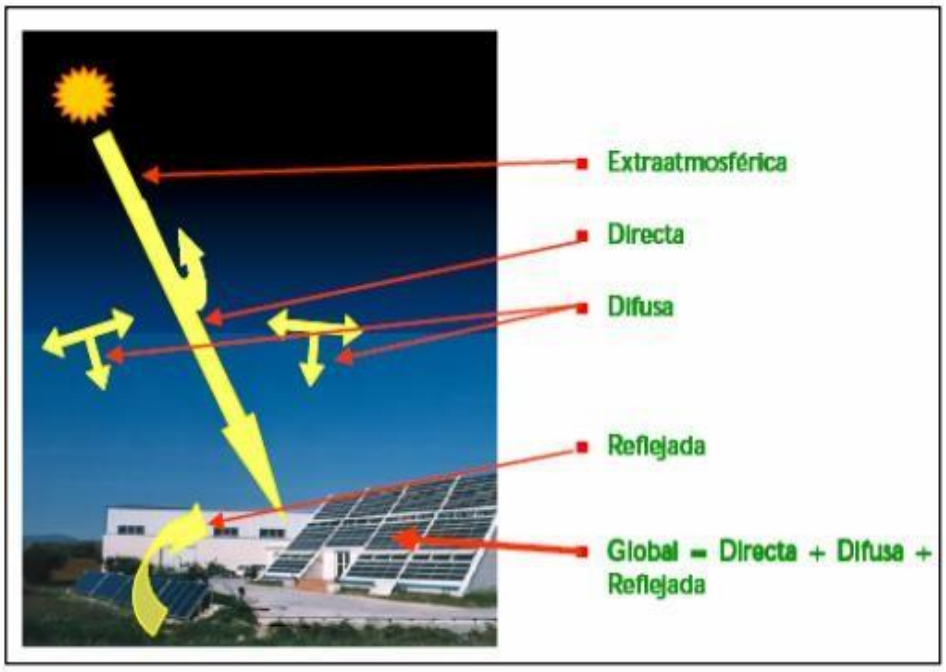
Figura 6
Procesos que atenúan la radiación solar

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

2.6.1 La radiación solar consta de cinco componentes

1. Radiación directa que llega a la superficie de la tierra en la dirección del disco solar.
2. Radiación difusa procede de la atmósfera y es consecuencia de los procesos de reflexión, difracción, dispersión y absorción.
3. Radiación reflejada procede de la reflexión de la radiación incidente sobre el entorno.
4. Radiación extra atmosférica fuera de la atmósfera.
5. Radiación global que es la radiación total incidente sobre una superficie.

Figura 7
Procesos que atenúan la radiación solar



Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

2.7 Las células y módulos fotovoltaicos.

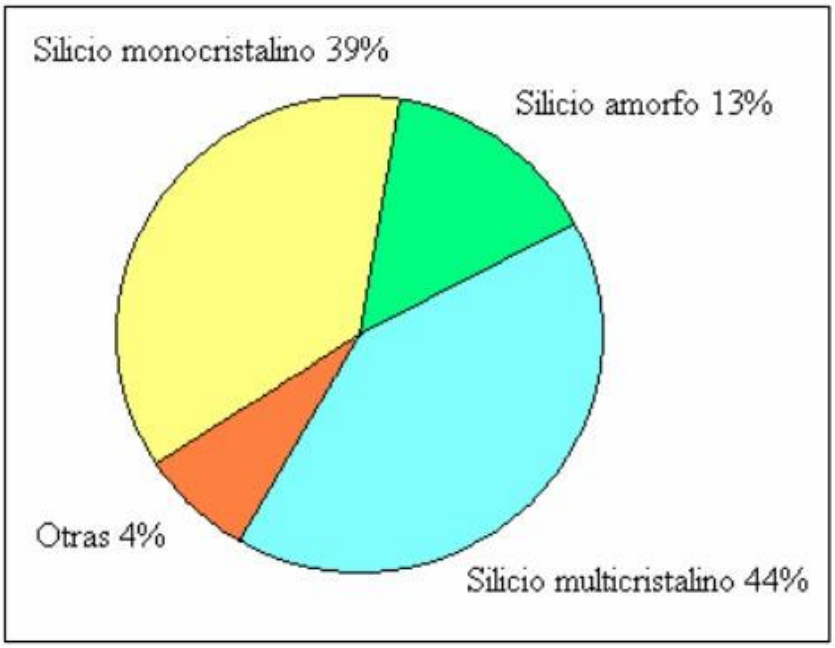
2.7.1 Fundamentos de las células solares.

Los primeros estudios en los que relacionan la luz y la electricidad fueron hechos a principios del siglo XIX, y fue en este mismo siglo que el científico Henry Becquerel describió un fenómeno donde la luz genera una fuerza electromotriz en el metal, llamado como efecto fotovoltaico.

Este gran descubrimiento dio paso a que los científicos Chapin, Fueller y Pearson fabricaran la primera célula fotovoltaica en el año de 1954. La fabricación de las células se lo realiza con material semiconductor y su eficiencia de conversión, de energía solar a energía eléctrica, es la característica principal que determina su funcionalidad. Las células ensayadas en laboratorios alcanzan una eficiencia del 30-40%, y las células comerciales superan, generalmente, una eficiencia del 15%.

Los costos de los distintos tipos de materiales y de estructuras de las células fotovoltaicas, son, prácticamente, los que determinan la eficiencia de éstas. Por ende, los fabricantes de estos elementos buscan conseguir un gran objetivo: máxima eficiencia a un menor costo. En el mercado se puede conseguir diversos tipos de células fotovoltaicas y dependiendo del material de fabricación, los precios y eficiencia de estas varían. Las células de silicio cristalino y policristalinas, con una eficiencia del 18-22%, son las más utilizadas, abarcando un 39 y 44% del mercado respectivamente. Las células de capa delgada de silicio amorfo, menos costosas, pero de menor eficiencia, abarcan un 13% del mercado y las células de otros materiales el 4%. Esta distribución se la puede observar en el Figura 8.

Figura 8
Distribución porcentual de células fotovoltaicas



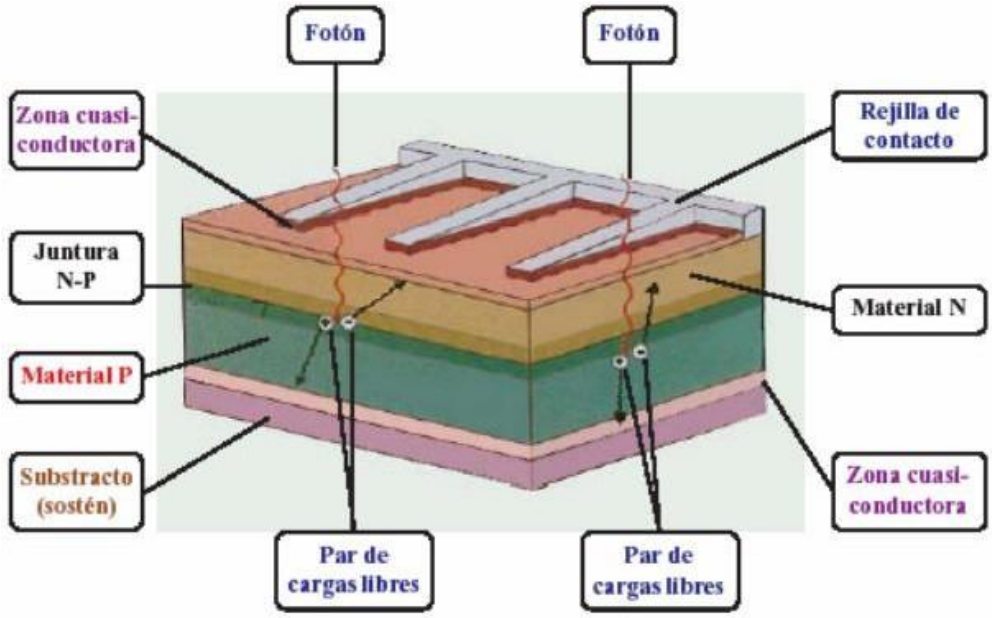
Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

2.7.2 Características físicas y eléctricas de las células fotovoltaicas.

La célula fotovoltaica de silicio está constituida por varios discos, de una barra cristalina de silicio dopado con boro, de espesor de 0.3 mm cada uno. Debido a procesos de difusión, una de las caras de estos discos logra obtener una mayor concentración de fósforo que la inicial de boro, constituyendo, así, la unión p-n. Sobre la cara de mayor concentración de fósforo, existe una rejilla conductora metálica en forma de dedos delgados, ampliamente espaciados, que permiten el paso de la radiación solar; y sobre la cara de mayor concentración de boro, hay una capa metálica conductora.

Para minimizar las pérdidas de reflexión, en la cara superior, la célula es recubierta por una capa delgada de material dieléctrico antirreflejante. La corriente eléctrica generada por la célula fotovoltaica es extraída colocando un material conductor en ambas caras de la fotocélula. Estas características físicas se las puede observar en el Figura 9.

Figura 9
Configuración física de la célula fotovoltaica

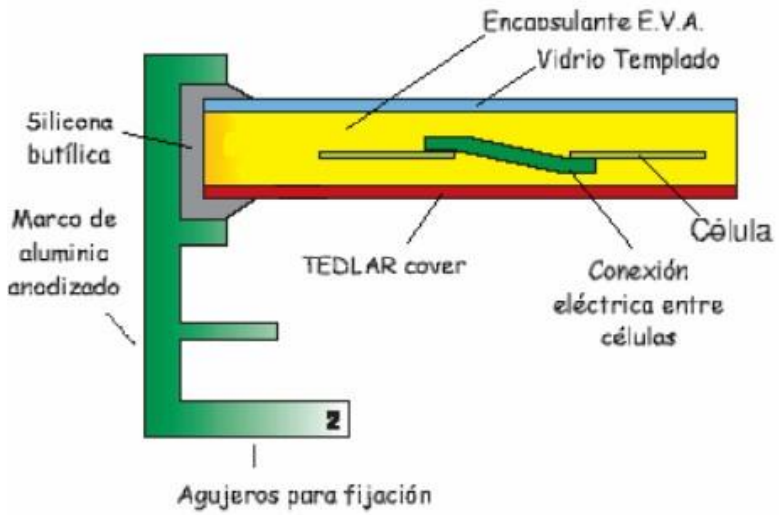


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

2.7.3 Características de los módulos fotovoltaicos.

Un módulo fotovoltaico es “un dispositivo en el que un conjunto de células solares se conecta convenientemente para conseguir las condiciones óptimas para su integración en un sistema de generación de energía, siendo compatibles en tensión y en potencia con las necesidades y los equipos normalizados disponibles en el mercado”. La conexión de las células fotovoltaicas, usualmente, se lo hace en serie debido a que la generación de tensión individual de cada fotocélula (0.5-0.6V) es muy baja para lo que requieren la mayoría de aplicaciones. Los fabricantes de componentes fotovoltaicos, generalmente, producen módulos de tensión estándar de 6, 12 y 24 V, con una tensión de trabajo mayor a la nominal, la cual depende de cuantas células fotovoltaicas conectadas en serie tiene el dispositivo. Por ejemplo, un módulo que comprende de 34 a 36 fotocélulas tiene una tensión nominal de 12 V, con tensiones de: circuito abierto de entre 20 y 21 V, y tensiones máximas en condiciones estándar de operación de 16 y 17 V. En los últimos años la evolución de los módulos fotovoltaicos ha ido mejorando notablemente, siendo así, que en la actualidad la eficiencia global de cada uno de éstos supera el 30% y sus costos han disminuido notablemente.

Figura 10
Estructura general de los módulos cristalinos



Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

La estructura física de un módulo fotovoltaico debe ajustarse a los parámetros eléctricos de las fotocélulas de las que comprende, de tal forma, de evitar descompensaciones; por ende, éstos deben cumplir las pruebas de clasificación de las células dentro de su proceso de fabricación. La estructura general de los módulos cristalinos, observada la gráfica 10, consta de los siguientes elementos:

Cubierta exterior: Es utilizada para la protección contra agentes atmosféricos mediante un vidrio templado, el cual, no obstruye el paso de la radiación solar y escuda a las células de cualquier tipo de impacto. El material de fabricación del vidrio es de óxido de cerio, el cual, reduce la transmisión de la radiación ultravioleta, la cual degrada a los materiales encapsulantes, por ende, afecta el funcionamiento de las células.

Capas encapsulantes: Protege y cubre las células solares y los contactos de interconexión mediante una capa de material caracterizada en permitir el paso de la radiación solar salvaguardando a las fotocélulas de la radiación ultravioleta, de tal forma, que la eficiencia de conversión no disminuya con el paso del tiempo. Los materiales de encapsulados deben satisfacer requerimientos muy estrictos ya que los módulos se garantizarán para más de 20 años. El material de mayor utilización es el etil-vinilo-acetileno (EVA) de grosor de 0.46 mm.

Protección posterior: Protege a la fotocélula de la humedad. De material Tedlar, Tefzel o poliéster; que, de color blanco, incrementan la reflexión posterior de la luz que pasa entre las aberturas de las células. Por último, se agrega una capa más de aluminio, laminada aplicando energía térmica hasta los 150 ºC, en la parte posterior para una mejor protección contra la humedad y para disipar el calor que generan las células fotovoltaicas. Los bordes se sellan con neopreno.

2.7.4 Funcionalidad

La mayoría de fabricantes especifican las características de sus módulos en las siguientes condiciones de prueba estándar:

- Irradiancia: 1000 Wm-2
- Incidencia de la luz: perpendicular al módulo
- Distribución espectral: AM1.5
- Temperatura de célula: 25 ºC

La generación de energía eléctrica de los módulos fotovoltaicos bajo condiciones de prueba estándar es llamada potencia pico (Wp). La tensión en circuito abierto, la intensidad de cortocircuito y la potencia máxima son los parámetros eléctricos más importantes y los cuales derivan la curva I-V de las fotocélulas.

"La caracterización de los módulos se completa determinando la temperatura en condiciones normales de operación (NOCT), definida como la temperatura de las células cuando el módulo opera en circuito abierto" en las siguientes condiciones:

- Irradiancia: 800 Wm-2
- Incidencia de la luz: perpendicular al módulo
- Distribución espectral: AM1.5
- Temperatura de célula: 20 ºC
- Velocidad del viento: > 1ms-1

2.8 Las células y módulos fotovoltaicos.

La heliofanía representa la duración del brillo solar u horas de sol, y está ligada al hecho de que el instrumento utilizado para su medición, heliofanógrafo, registra el tiempo en que recibe la radiación solar directa. La ocurrencia de nubosidad determina que la radiación recibida por el instrumento sea radiación solar difusa, interrumpiéndose el registro. Por lo tanto, si bien hay energía incidente disponible, la concentración o densidad de la misma no es suficiente para ser registrada. A pesar de lo expresado, la duración del brillo solar está muy relacionada con la radiación solar global incidente.

2.9 Sistemas Fotovoltaicos.

Los sistemas fotovoltaicos son un conjunto de dispositivos que permiten realizar la captación de la energía solar, para luego transformarla en energía eléctrica y posteriormente darle uso.

2.9.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Sistemas aislados: Estos sistemas son implementados para suplir la demanda del servicio de energía eléctrica, en lugares donde no se encuentra red eléctrica pública, o es de difícil el acceso. Estas instalaciones son totalmente independientes a la red pública de electricidad. Los componentes de este sistema son:

- **Módulos fotovoltaicos**: Por medio de este, se capta la energía solar y se transforman en energía eléctrica.
- **Regulador de carga**: Este dispositivo permite proteger a los acumuladores de un exceso de carga y de descarga.
- **Sistema de acumulación**: Almacena la energía para que pueda serutilizada en los días nublados.
- **Inversor**: Transforma la corriente continua (cc) en corriente alterna (ac).
- **Elementos de protección del circuito**: Protegen la de elementos en casode sobrecargas en el sistema.

Figura 11
Estructura general de los módulos cristalinos

Fuente: *Cenit Solar, (2004).*

Sistemas con conexión a red: Estos sistemas están conectados a la red pública de distribución de la energía eléctrica; No cuentan con baterías ya que la energía del sol se canaliza y se distribuye a toda la red eléctrica inmediatamente. Este sistema posee 12 los siguientes componentes:

- **Módulos fotovoltaicos**: Por medio de este, se capta la energía solar y se transforman en energía eléctrica.
- **Inversor para la conexión a la red**: Transforma la corriente continua en corriente alterna.
- **Elementos de protección del circuito**: Protegen la de elementos en caso de sobrecargas en el sistema.
- **Contador de energía**: Mide la energía producida por el sistema fotovoltaico durante el tiempo de funcionamiento.

2.10 Elementos Generales de los Sistemas Fotovoltaicos.

2.10.1 Panel Solar Fotovoltaicos

Los paneles solares fotovoltaicos permiten realizar la captación de la energía solar, para luego ser convertida en energía eléctrica; Están conformados por un conjunto de celdas solares que son placas que tiene un material semiconductor, usualmente cristales de silicio, que se encuentran conectadas entre sí. El funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos se da, mediante procesos químicos que se generan en las celdas solares, donde se realiza el dopaje del silicio para darle cargas positivas o negativas, mediante la adición de boro o fósforo; En este proceso se forma un campo eléctrico disponiendo de las cargas para la formación de energía eléctrica, cuando las celdas solares son 13 expuestas a la radiación solar.

Tipos de Paneles Solares Fotovoltaicos: Los Paneles Solares se pueden clasificar de acuerdo a:

Material de los semiconductores del Panel Solar Fotovoltaico: La eficiencia de los paneles solares se encuentra muy relacionado con la pureza del silicio; Entre más puro éste sea, mejor convierte la energía solar (SitioSolar.com, 2013). De acuerdo a esto, los paneles solares fotovoltaicos se dividen en:

- **Panel monocristalino de celdas de silicio**: *"Son formados por celdas solares, las cuales se componen de un único cristal de silicio de alta pureza"* (IM2 energía solar, 2016), tiene una vida útil mayor a 25 años y tienen un buen funcionamiento en condiciones de poca luz. Este tipo de panel es más costoso a diferencia de los paneles de policristalino y son reconocidos ya que las esquinas de las celdas son en forma redondeada.
- **Paneles policristalinos de celda de silicio**: Son formados mediante la fundición del silicio, que luego es llevado a un molde cuadrado donde se enfría y luego es cortado en láminas. Debido a su proceso de fabricación y a que no contiene un silicio tan puro, este panel es más económico y su eficiencia está entre el 13% al 16%.

Paneles de Capa Delgada: Formados por materias semiconductores como silicio amorfo, Teluro de Cadmio, Arseniuro de Galio, Telurio de Cobre, entre otros (Sitiosolar.com, 2013). Su fabricación es sencilla, tienen baja eficiencia, es de bajo costo y se degradan más rápidamente.

2.10.2 Regulador de Carga

Este dispositivo cumple la función de controlar la entrada de carga a las baterías, para evitar sobrecargas y descargas que puedan afectar su vida útil. El proceso que realiza es: Cuando la batería se encuentra cargada, el regulador abre la conexión entre los paneles solares 14 fotovoltaicos y la batería para evitar sobrecargas. Si por el contrario la batería se está descargando, el regulador permite el paso de la carga a las baterías para evitar una descarga total.

2.10.3 Batería

Las baterías cumplen la función acumular carga para suplir la demanda en momentos que se presenten variaciones en la captación de los paneles solares y ocasione un funcionamiento inadecuado del sistema fotovoltaico. En el mercado existen diferentes tipos de baterías; Sin embargo, las más utilizadas son las de plomo- acido.

2.10.4 Inversor

El inversor es un dispositivo electrónico que permite convertir la corriente continua proveniente de los paneles solares fotovoltaicos, en corriente alterna. Este proceso permite el uso de la corriente en los dispositivos electrónicos.

2.10.5 Caja para conexiones

La caja de conexiones es un contendor que permite alojar el cableado eléctrico y su distribución.

2.10.6 Balasto

El balasto es un instrumento electrónico que permite el paso de corriente necesaria para el funcionamiento del alumbrado.

2.10.7 Lámpara

La lámpara es un aparato que convierte la energía eléctrica, en energía lumínica artificial. Las lámparas están conectadas al balasto.

2.10.8 Cables

Los cables son hilos conductores que permiten el transporte de energía eléctrica en el sistema fotovoltaico.

2.11 Fuentes de Alimentación de energía Eléctrica.

Así como hay muchas fuentes naturales de energía, hay muchas tecnologías de energía renovable como la energía solar alimentación a través de celdas solares y la más usada en la actualidad que esta alimenta en base a la interconexión desde fluido eléctrico normal para establecer las diferencia entre ellas se presenta la siguiente tabla comparativa:

Tabla 1
Comparación de Fuentes de Alimentación Celdas Solares Vs Alimentación Convencionales

Celdas Solares	Convencionales (Normales)
La inversión inicial es más alta que una subestación. El doble o incluso más.	La inversión inicial es menor que los paneles solares.
Se puede conservar la tarifa que se tiene, tarifa 1 (domestica) o tarifa 02 (comercial), la ventaja de seguir con la misma tarifa es que no cobran el concepto de demanda máxima.	Te cambian a tarifa de consumo.
Se conserva la conexión a la línea de 110, 127 o 220 volts por lo que, si se presentan fallas constantes de CFE, seguirá igual.	La alimentación de energía es a través de una línea de media tensión, puede ser 13,200, 23,000 o 33,000 volts, esta línea tiene menores fallas de cortes de luz que la alimentación normal en 110, 127 o 220 Volts.
Se pueden obtener ahorros entre el 80 y 90%.	Se obtiene un ahorro de entre un 20 y un 40%.
No se requiere dejar depósito de demanda contratada.	El concepto más costoso de una subestación es la demanda facturable. Por cada kilowatt utilizado el cobro es de 164+IVA pesos aproximadamente. Es aquí donde en algunas aplicaciones no se recomienda una subestación.
No existe el cargo de factor de potencia.	Concepto de factor de potencia. Habrá que instalar un banco de capacitores para evitar multas o penalizaciones por bajo factor de potencia.
Se requiere hacer un trámite para realizar el cambio de medidor normal por un medidor bidireccional.	Realizar el trámite para obtener el permiso para conectarse a la red eléctrica.
Se requiere espacio en el techo o en el suelo libre de sombras aproximadamente 1.6 metros cuadrados por panel	En algunas ocasiones se tiene que invertir en infraestructura para llevar una línea de media tensión hasta el lugar donde estará el transformador o subestación. Postes, cableado, grúas y mano de obra especializada

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

2.12 Fundamentación Teórica.

Como parte notable de la investigación se procederá a describir la fundamentación teórica en cuanto al sistema fotovoltaico, el cual corresponde a la citación de los estudios similares que anteceden a este estudio para servir de fundamentación los cuales se detallan en los siguientes párrafos.

2.13 Marco legal.

La Constitución de la República del Ecuador con Registro Oficial N° 449, entre sus articulados considera el desarrollo y uso de las energías renovables, dichos artículos se transcriben a continuación:

"**Artículo 15**. El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua" (37).

"**Artículo 313**. El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social. Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley" (37).

"**Artículo 413**. El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua" (37).

Ley de Régimen del Sector Eléctrico LRSE, Suplemento-Registro Oficial N° 43 Contiene las normas relacionadas con la estructura del sector eléctrico y de su funcionamiento, vigente desde el 10 de octubre de 1996. Dentro del Capítulo IX Recursos Energéticos No Convencionales se incentiva a fomentar por parte del estado el aprovechamiento de recursos no convencionales mediante el siguiente artículo.

"**Artículo 63**. El Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas. El CONELEC asignará con prioridad fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no convencionales tales como energía solar, geotérmica, biomasa y otras de similares características".

"**Artículo 64**. El Consejo Nacional de Electrificación dictará las normas aplicables para el despacho de la electricidad producida con energías no convencionales tendiendo a su aprovechamiento y prioridad" Capitulo XI Exenciones y Exoneraciones, se trata de las ventajas arancelarias y exoneraciones del impuesto a la renta.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Descripción.

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad el análisis de las herramientas que permiten proponer un sistema fotovoltaico como energía alternativa para el puente de la Unidad Nacional de la ciudad Guayaquil, lo que tiene un enfoque cualitativo y cuantitativo porque se recogerán datos de registros y de la observación directa realizada del alumbrado público del complejo vial en mención.

3.2 Tipos de investigación.

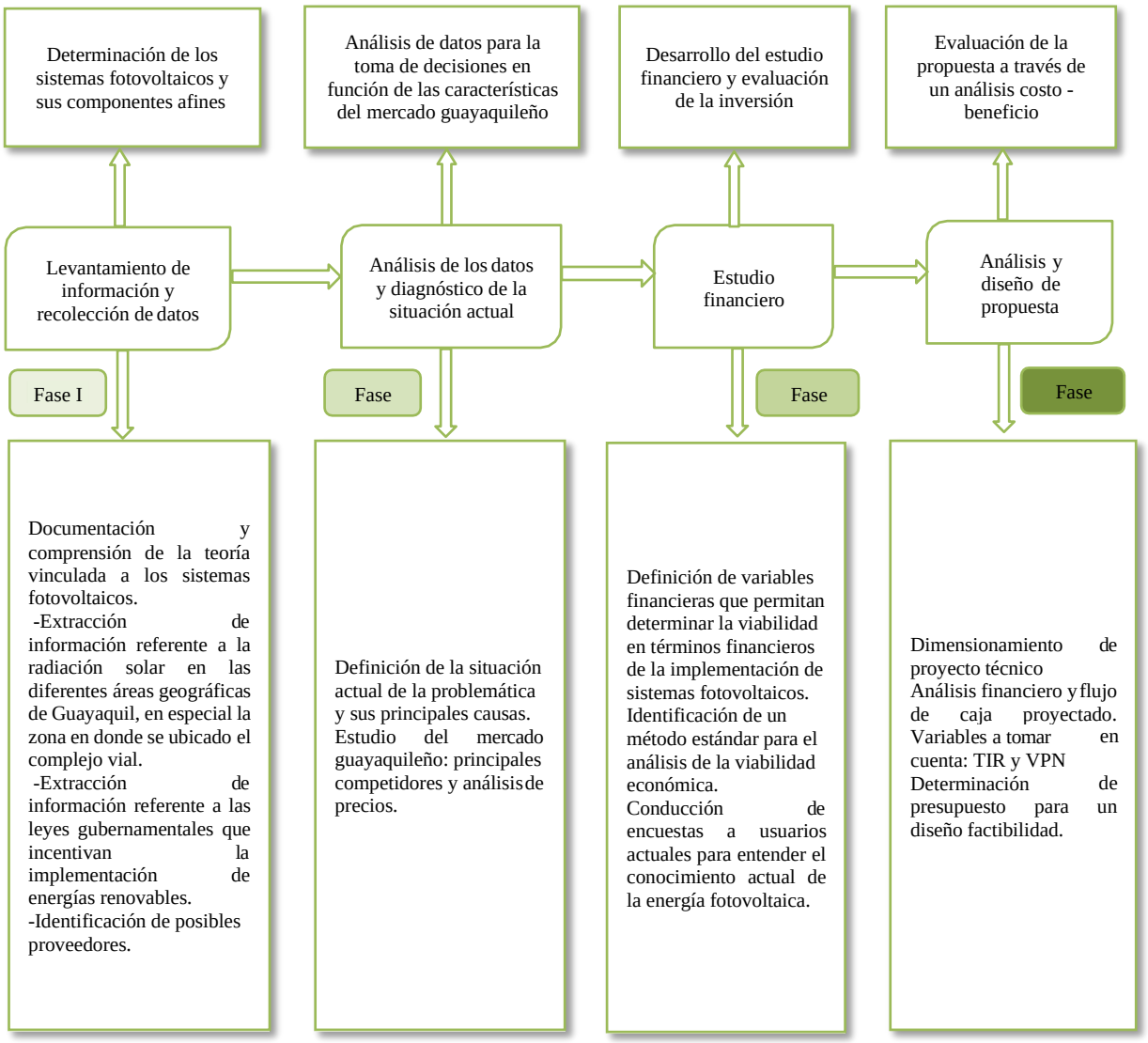
Mediante el método Deductivo se analizó la información considerando lo general para llegar a lo particular, permitiendo conocer las necesidades de alumbrado público que mejore la calidad del servicio del puente de la Unidad Nacional de la ciudad de Guayaquil, mediante el cambio de las iluminaciones y los postes que soporten el sistema fotovoltaico, mientras que mediante el método inductivo se busca analizar la información de lo particular a lo general mediante la utilización de los resultados recabados en el análisis de la ingeniería aplicados.

Los tipos de investigación empleados en el estudio son la descripción, bibliográfica y de campo:

- **Investigación Descriptiva**: Mediante la investigación descriptiva se detalla la problemática del estudio de factibilidad para la implementación de un sistema fotovoltaico, por lo que se pretende cambiar las redes eléctricas actuales por luminarias alimentadas por energía solar reduciendo así la contaminación del medio ambiente.
- **Investigación bibliográfica**: Es de tipo bibliográfica porque para justificar el estudio teóricamente se han conceptualizado las variables correspondientes a la factibilidad de la implementación de un nuevo sistema fotovoltaico, para esto se indagó en libros, enciclopedias, páginas web, registros y trabajos de investigación realizados anteriormente para sustentar el estudio.

- **Investigación de Campo**: Para cumplir con las necesidades del estudio fue pertinente aplicar la investigación de campo que permitió acudir a realizar la observación directa del sector donde se encuentra ubicado el puente de la Unidad Nacional, para obtener el registro del número de luminarias y las respectivas mediciones de la distancia de la que debe encontrase cada poste de luminaria para una correcta instalación de los paneles solare.

Figura 12
Metodología de la Investigación



Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

3.3 Diseño de la investigación

De acuerdo con los objetivos propuestos para el estudio, presentados anteriormente, y las características del problema, este estudio se enmarcó dentro del tipo de proyecto de grado de emprendimiento y un tipo de investigación del tipo de investigación proyectiva, bajo un diseño no experimental. La investigación de tipo proyectiva aborda la elaboración de un modelo como solución a un problema o necesidad de tipo práctico. “También conocido como proyecto factible, consiste en la elaboración de una propuesta o modelo para solucionar determinadas situaciones” (Hurtado, 2008, p.114). La misma autora señala que “se pueden ubicar como proyectivas, todas aquellas investigaciones que conducen a inventos, a programas, a diseños o creaciones dirigidas a cubrir una determinada necesidad, y basadas en conocimientos anteriores” (1998, p.311).

En función de esta información, “el investigador debe diseñar o crear una propuesta capaz de producir los cambios deseados” (Hurtado, 1998, p.314). Según lo establecido por Hurtado et. al., el presente estudio es una investigación proyectiva ya que se desarrollaron propuestas para solventar la problemática presentada tanto por el sector industrial, en términos de altos costos energéticos, así como del planeta tierra en relación a los altos índices de contaminación.

3.4 Unidad de análisis

Hernández et. al. (2003) señalan que “la unidad de análisis es aquella que se examina, es decir, en la que se busca información. Su naturaleza depende de los objetivos de estudio” (p.296). En función de los objetos de la investigación se optan las unidades de análisis y la estrategia a seguir para recoger la información. Para este estudio, se definió como unidad de análisis al complejo vial consta de 4 puentes:

dos sobre el río Daule (el Puente Rafael Mendoza Avilés y el Puente Carlos Pérez Peraso) y dos sobre el río Babahoyo y una vía que enlaza estos sobre el sector de La Puntilla.

3.5 Población y Muestra

Según Hernández et. al. (2003), la población se define como la totalidad de elementos que conforman el universo de estudio, mientras que la muestra implica un subconjunto de la población que debe ser representativa de la misma. Así mismo Ballestrini (2002) indica que:

> La Muestra Estadística es una parte de la población, o sea un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo. La muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población (p.141).

En esta investigación, la población se encuentra definida por los procesos e instrumentos asignados a la industria que requieran consumo de energía para su funcionamiento. La muestra estará constituida por un subgrupo de la población delimitada a que su funcionamiento sea únicamente en las horas del día.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la actualidad para un proyecto de investigación se usan una gran variedad de técnicas o instrumentos para la recolección de información en el trabajo de campo de una determinada investigación. De acuerdo con el método y tipo de investigación a realizar, se utiliza unas u otras técnicas.

Para una investigación cuantitativa se utiliza por lo general un instrumento y técnicas para recolección de información entre los encontramos las siguientes:

- Encuestas
- Entrevistas
- Observación sistemática
- Análisis de contenido
- Test estandarizados y no estandarizados
- Prueba de rendimiento
- Inventario
- Experimento
- Técnicas Proyectivas
- Pruebas estadísticas

A continuación, se hace una presentación general de la principal técnica o instrumento de recolección de información que se usara en ente proceso de investigación esta técnica tiene aplicación en cualquier enfoque cualitativo y cuantitativo de la investigación.

La encuesta es una de las técnicas de recolección de información más usadas, a pesar de que cada vez pierde mayor credibilidad por el sesgo de las personas encuestadas o por el incorrecto tamaño de la muestra; para corregir esta falencia en este proyecto se una muestra representativa con el propósito de tener la información más fiable.

3.7 Muestra Representativa

La Población participante dentro de esta encuesta desarrollada está compuesta por los transeúntes que circulan regularmente por el complejo vial desde la ciudad de Guayaquil hacia Samborondón o Durán y viceversa.

A partir de esta población de estudio, se determinará si el proyecto cumple con los requerimientos necesarios que demanda el mercado potencial, desde una perspectiva tecnológica y financiera.

Figura 13
Muestra Representativa.

Fuente: *EraGroup (Abr.2020).*

Una muestra representativa se puntualiza como una pequeña cantidad o un subconjunto de algo más grande, de tal manera se constituye las mismas propiedades y proporciones que la de la población a la que pertenece.

A partir de la población general, la cual son las personas que circular por el complejo vial de la Unidad Nacional, que según cifras de la Autoridad de Tránsito Municipal son 7.200 que circulan de 08:00 a 09:00 y unos 130.000 que lo hacen al día. Generalmente quienes toman esa ruta transitan desde el cantón Durán o La Puntilla hacia el centro y sur de Guayaquil, en base a estos datos se tomará una muestra de datos equivalente representativa al 7.11% de la población que circulan de 08:00 a 09:00, que son 512 encuestados. De los resultados obtenidos a partir de las encuestas realizadas, se tabularán y graficarán los datos para finalmente generar la conclusión correspondiente.

3.8 Cálculo del tamaño de la muestra

La fórmula que se va a utilizar es la siguiente:

$$n = \frac{\boldsymbol{M}}{e^2(M-1)+1}$$

En donde:

- n es el tamaño de la muestra
- M es el tamaño de la población
- e es el error de estimación

$$n = \frac{\boldsymbol{M}}{e^2(M-1)+1}$$

$$n = \frac{512}{(0.06)^2(512-1)+1}$$

$$n = \frac{512}{(0.0036)(511)+1}$$

$$n = \frac{512}{(1.8396)+1}$$

$$n = 180.31$$

$M = 512$

$e = 6\%$

$n = 180$

3.9 Cálculo de la fracción muestra

$$f = \frac{n}{M} = \frac{180}{512} = 0.3516$$

El resultado que se obtuvo partir de la fórmula indica que el tamaño de la muestra está conformado por 180 individuos que son parte de la población total de estudio, la cual corresponde a 512 personas ubicadas en la ciudad de Guayaquil, Duran y Samborondón, en el Ecuador y que deben ser encuestados.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS

4.1 Análisis y discusión de los resultados.

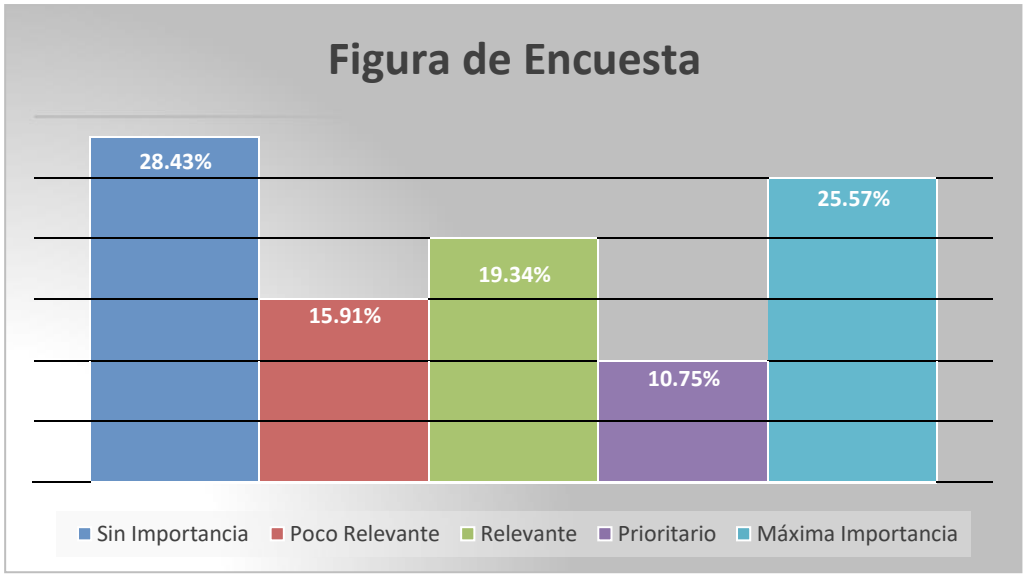
Conocida la metodología que se aplicará para el desarrollo de la investigación de campo, a través de la utilización del instrumento respectivo de recolección de datos para obtener los hallazgos que faciliten este estudio de factibilidad.

4.2 Análisis e interpretación de los resultados de la encuesta

Posterior a la recolección de datos, se procede a tabular la información en cuadros y gráficos estadísticos con ayuda de alguna herramienta informática u hoja de cálculo y así, poder generar la respetiva conclusión en base a los resultados.

1. ¿Cuál es la importancia que usted le da al cuidado del medio ambiente**?**

Figura 14
Resultado Encuesta – Pregunta No. 1

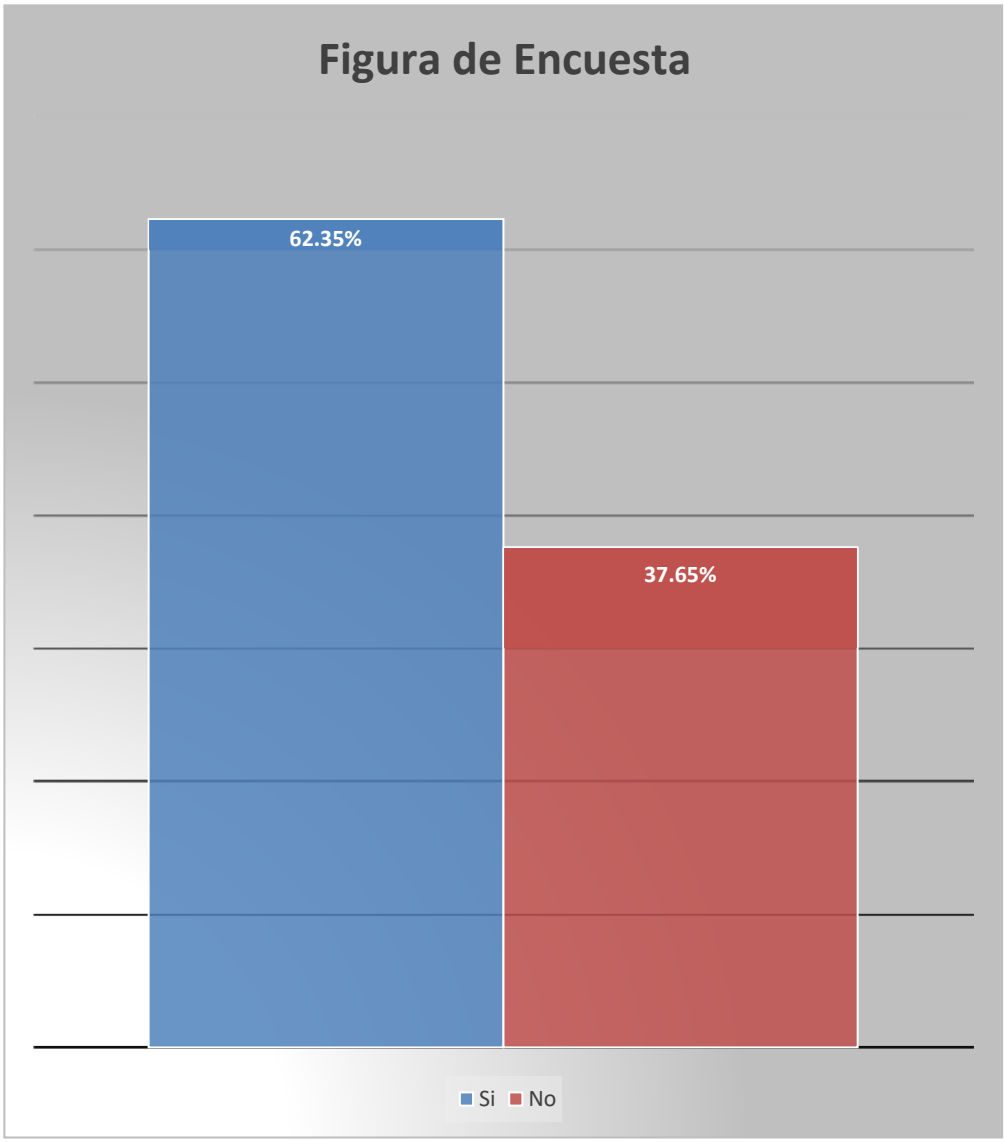


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 28.43% de las personas encuestadas eligieron sin importancia, el 15.91% Poco Relevante, el 19.34% Relevante, el 10.75% Prioritario y el 25.57% Máxima Importancia. Ver Figura 14.

2. ¿Usted ha considerado la implementación de la energía solar en su sector**?**

Figura 15
Resultado Encuesta – Pregunta No. 2

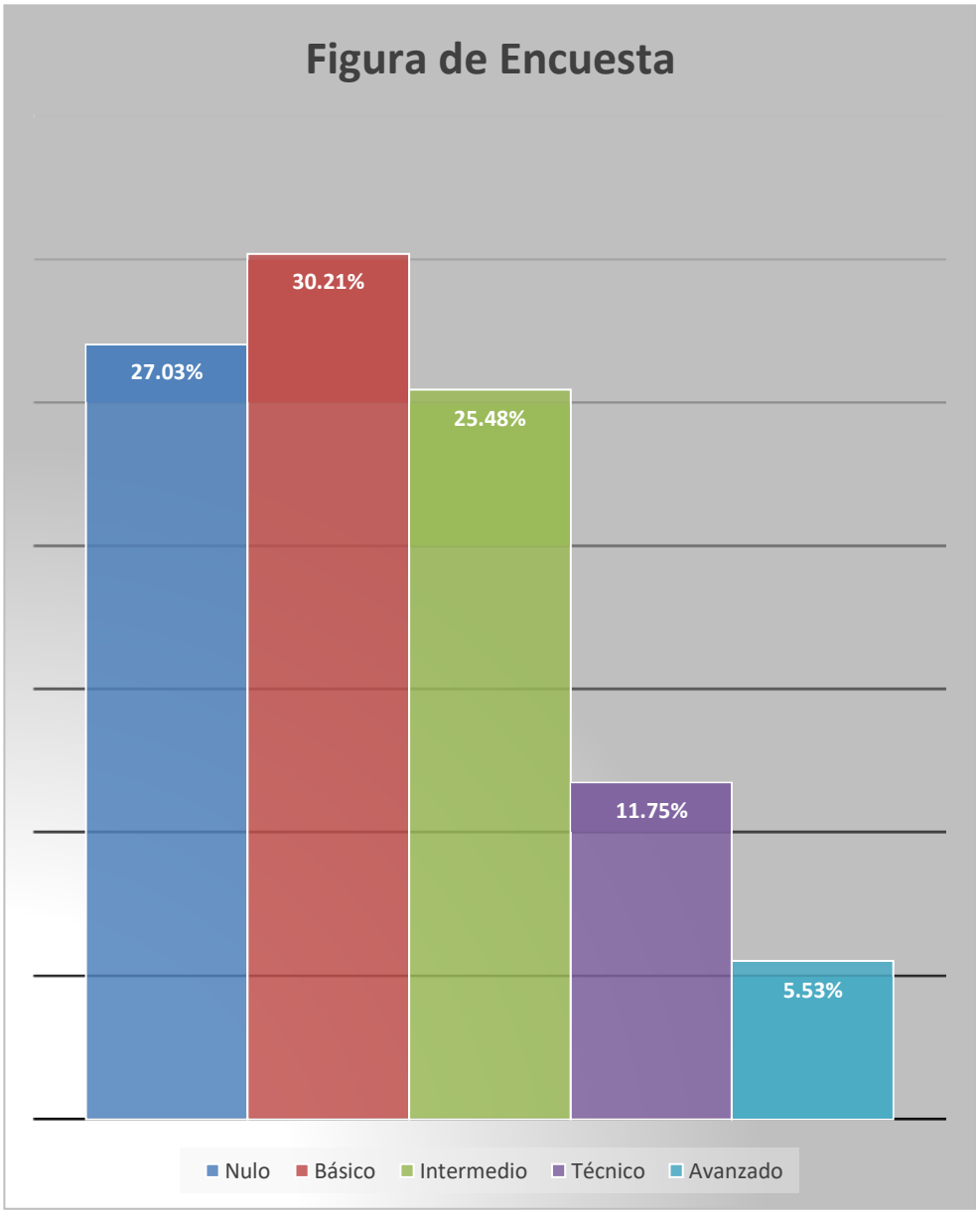


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 62.35% de las personas encuestadas ha considerado la implementación de la energía solar, en contraste con un 37.65% que no lo ha considerado. Esto indica, que la mayoría de las personas están de acuerdo en la implementación de energía solar en su comunidad o sector. Ver Figura 15.

3. ¿Cuál es su conocimiento sobre la energía solar**?**

Figura 16
Resultado Encuesta – Pregunta No. 3

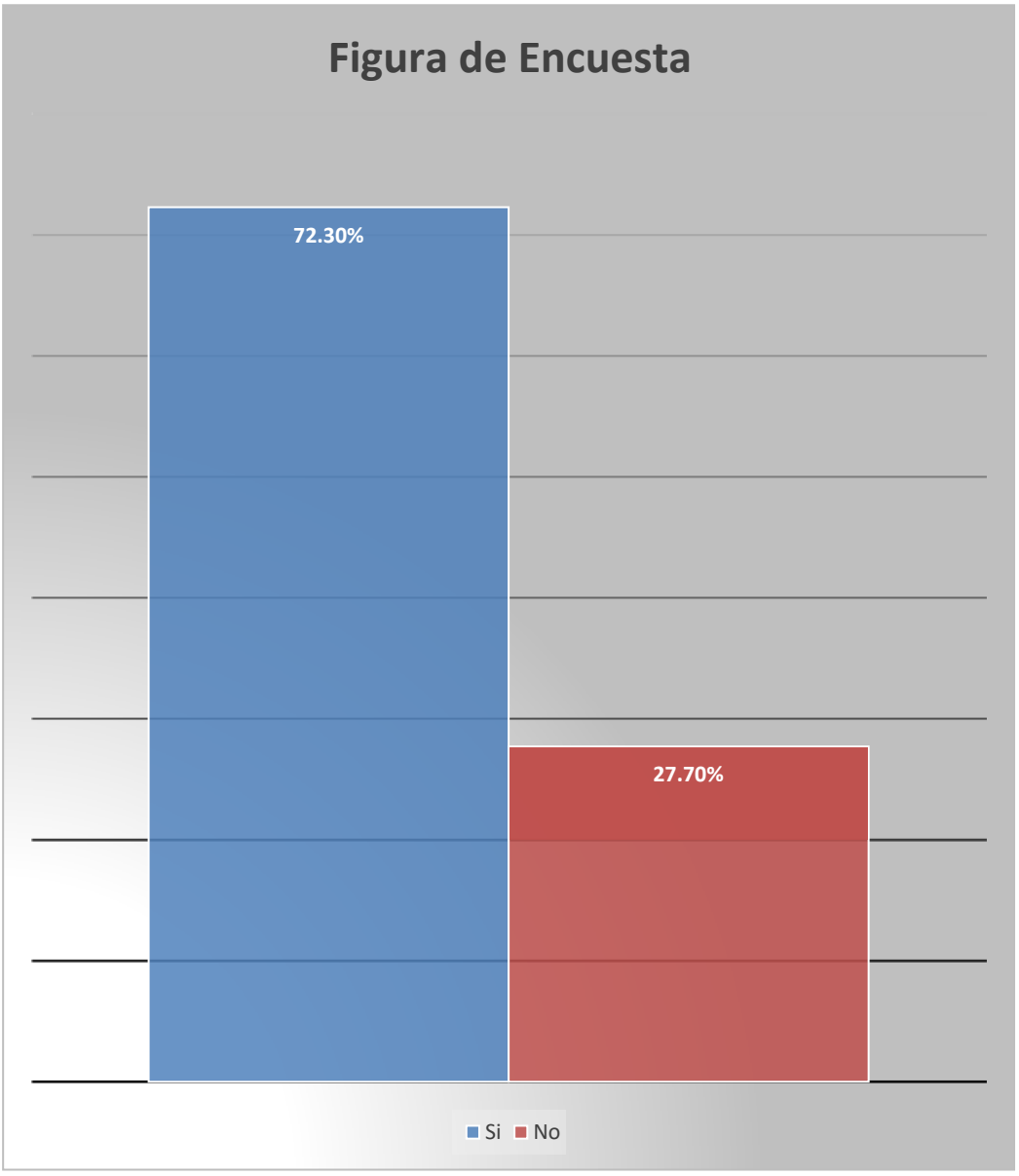


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 27.03% de las personas encuestadas no tiene conocimiento, el 30.21% Básicos, el 25.48% Intermedios, el 11.75% Técnicos y el 5.53% Avanzado. Ver Figura 16.

4. ¿Conoce los beneficios en términos de ahorro que le aporta la energía solar**?**

Figura 17
Resultado Encuesta – Pregunta No. 4

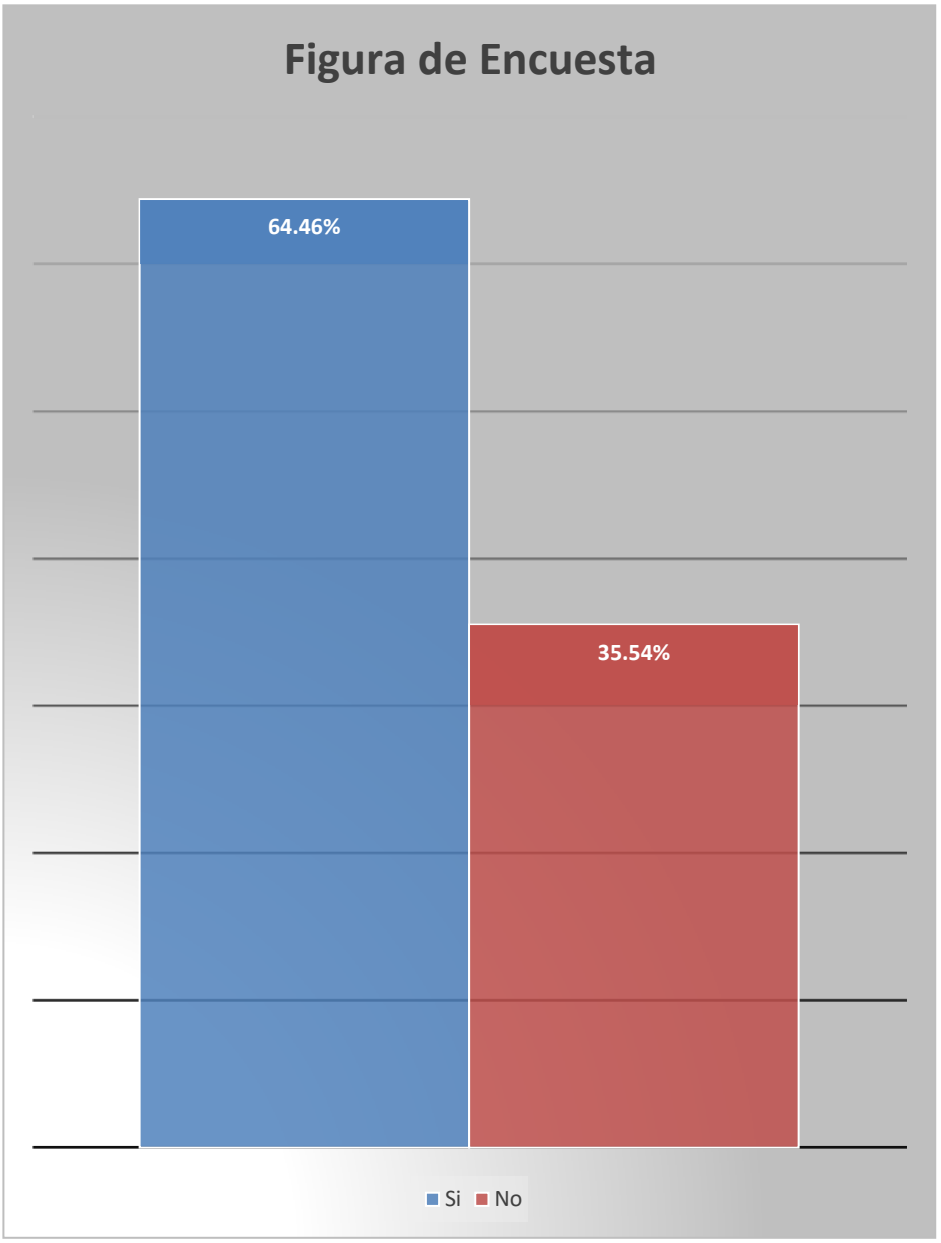


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 72.30% de las personas conoce los beneficios del ahorro al implementar un consumo de energía solar, en contraste con un 27.70% que no conoce los beneficios. Esto indica, que la mayoría de las personas conoce los beneficios en términos de ahorro que le aporta la energía solar. Ver Figura 17.

5. ¿Cree usted que la energía solar es una tecnología viable en Ecuador?

Figura 18
Resultado Encuesta – Pregunta No. 5

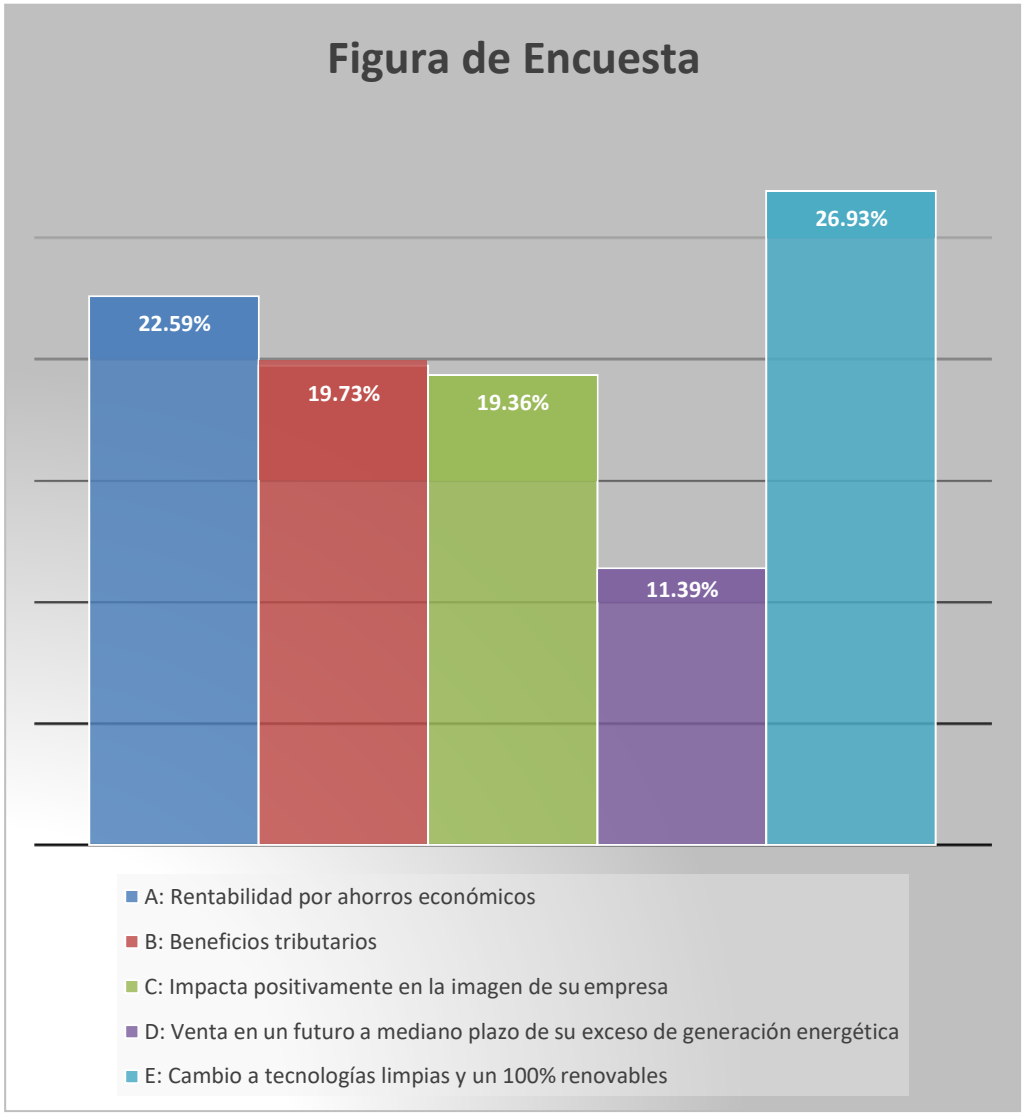


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 64.46% de las personas cree que la energía solar es una tecnología viable en Ecuador, en contraste con un 35.54% que no cree en la viabilidad en el Ecuador. Esto indica, que la mayoría de las personas cree en la viabilidad de la tecnología solar en el Ecuador. Ver Figura 18.

6. En caso de responder Si en la pregunta 5, seleccione las razones por las cuales considera Ud. que la energía solar si es viable:

Figura 19
Resultado Encuesta – Pregunta No. 6

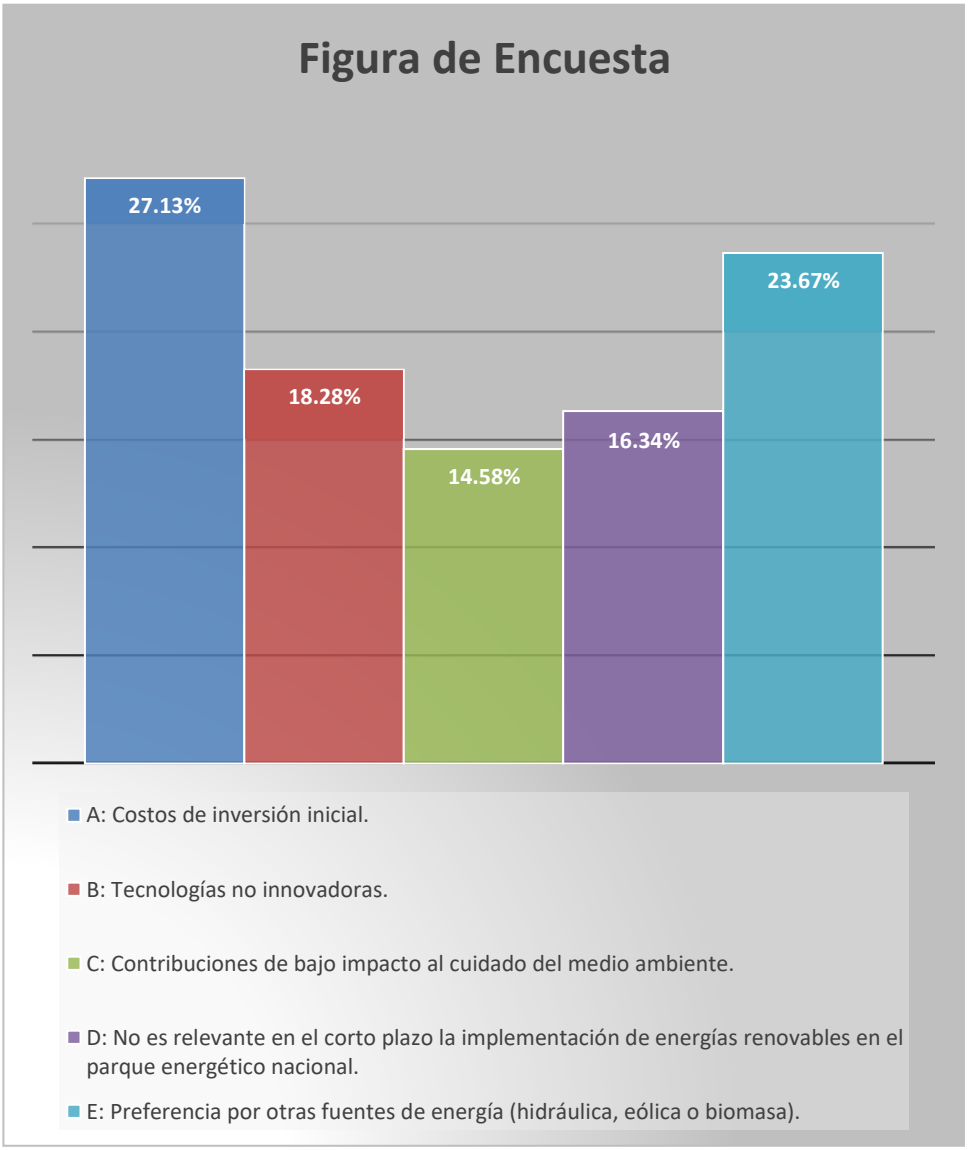


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 22.59% de las personas encuestadas consideran una Rentabilidad por ahorros económicos, el 19.73% Beneficios tributarios, el 19.36% Impacta positivamente en la imagen de su empresa, el 11.39% Venta en un futuro a mediano plazo de su exceso de generación energética y el 26.93% Cambio a tecnologías limpias y un 100% renovables. Ver Figura 19.

7. En caso de responder No en la pregunta 5, seleccione las razones por las cuales considera Ud. que la energía solar no es viable:

Figura 20
Resultado Encuesta – Pregunta No. 7

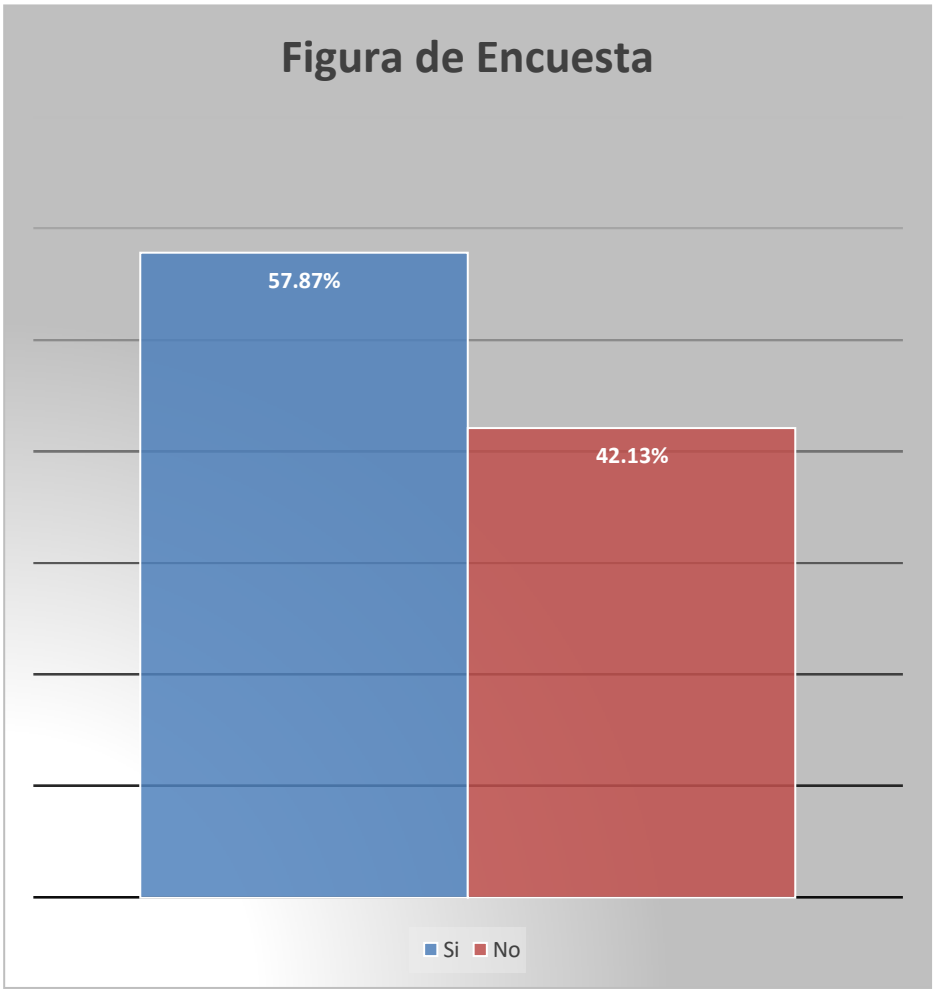


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 27.13% de las personas encuestadas piensan que no es viable por costo de inversión inicial, el 18.28% por Tecnologías no innovadoras, el 14.58% por Contribuciones de bajo impacto al cuidado del medio ambiente, el 16.34% por No es relevante en el corto plazo la implementación de energías renovables en el parque energético nacional y el 23.67% por Preferencia por otras fuentes de energía hidráulica. Ver Figura 20.

8. ¿Reemplazaría usted fuentes de energía convencionales (petróleo, gas natural y carbón) por fuentes 100% limpias como la energía solar, así estas tuvieran un costo superior?

Figura 21
Resultado Encuesta – Pregunta No. 8

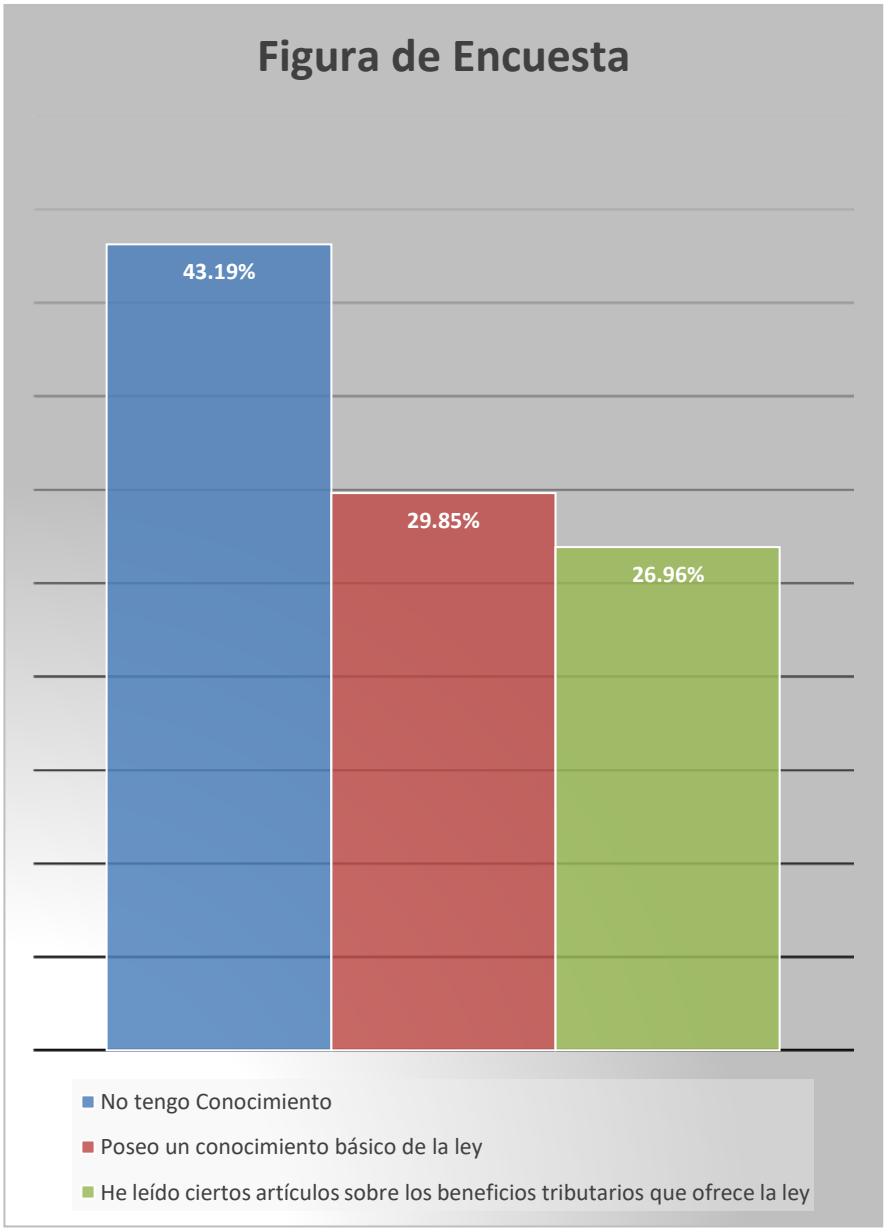


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 57.87% de las personas encuestadas reemplazaría la energía convencional por una fuente limpia como la energía solar, en contraste con un 42.13% no quiere hacer el reemplazo. Esto indica, que la mayoría de las personas desea cambiar a un fuente limpia e inagotable como la energía solar. Ver Figura 21.

9. ¿Qué tanto conocimiento tiene sobre los beneficios tributarios para las empresas y personas naturales que realicen inversiones en fuentes no convencionales de energía?

Figura 22
Resultado Encuesta – Pregunta No. 9

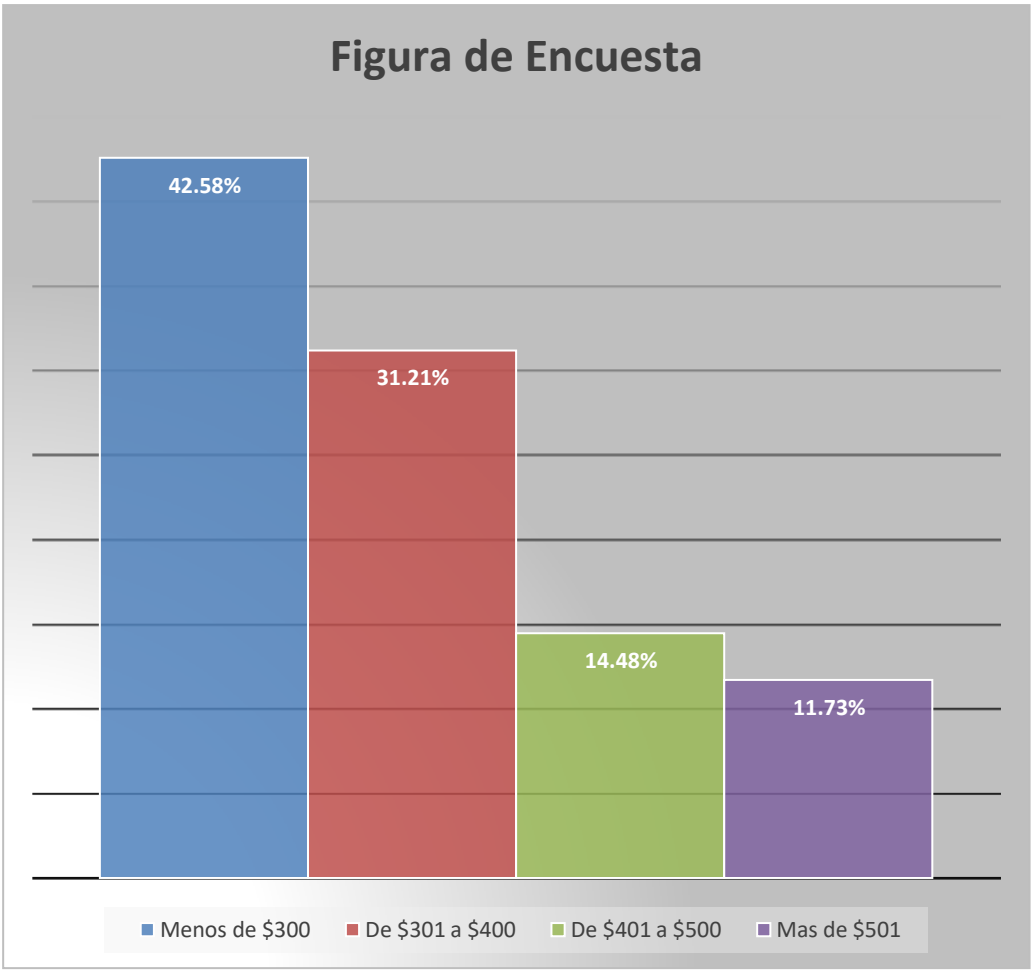


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 43.19% de las personas encuestadas No tienen conocimiento sobre los beneficios tributarios para las empresas y personas naturales, el 29.85% posee un conocimiento básico de la ley, el 26.96% ha leído ciertos artículos sobre los beneficios tributarios que ofrece la ley. Ver Figura 22.

10. ¿Cuál es el rango de precios del kWh que su empresa paga mensualmente?

Figura 23
Resultado Encuesta – Pregunta No. 10

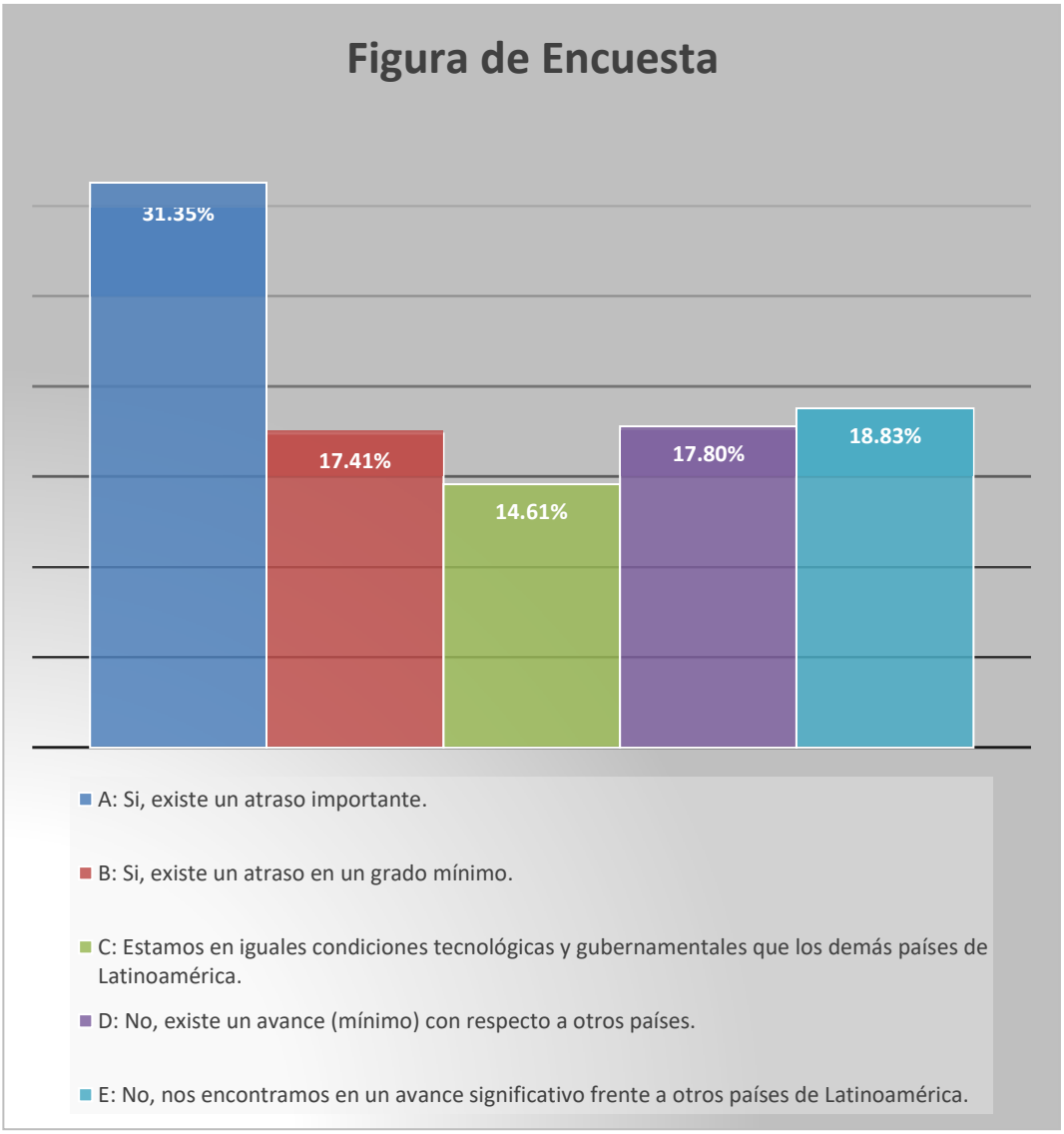


Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 42.58% de las personas encuestadas pagan menos de $300, el 31.21% paga de $301 a $400, el 14.48% paga de $401 a $500 y el 11.73% paga más de $501 por Kwh. Ver Figura 23.

11. ¿Cree usted que Ecuador se encuentra atrasado en implementación de energías no convencionales con respecto a otros países de Latinoamérica como Colombia, Perú, Argentina?

Figura 24
Resultado Encuesta – Pregunta No. 11



Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Análisis: Los resultados obtenidos señalan que el 31.35% de las personas encuestadas piensan que, si existe un atraso importante, el 17.41% piensa que existe un atraso mínimo, el 14.61% piensa que estamos en iguales condiciones tecnológicas y gubernamentales con los demás países de Latinoamérica, el 17.80% piensa que no existe un avance (mínimo) con respecto a otros países. y el 18.83% piensa que no nos encontramos en un avance significativo frente a otros países de Latinoamérica. Ver Figura 24.

4.3 Análisis de proveedores y costos

En la siguiente sección se muestran y evalúan los potenciales proveedores de los equipos y la tecnología aplicada la energía solar. Como se explicó en el marco teórico, un sistema de generación eléctrica con energía solar se compone de los siguientes dispositivos principales:

- Paneles
- Inversores

4.3.1 Paneles Solares

En la investigación y búsqueda del proveedor de los módulos solares policristalinos, se tomaron en cuenta los siguientes criterios. Primero que su calidad sea demostrable a partir de certificaciones que garanticen una vida útil mayor a los 20 años y segundo, que el costo unitario ($\$US/W$) posea un margen competitivo para el mercado local. Se contactó con tres de los mayores productores de paneles solares policristalinos a nivel mundial: Yingli, Trina Solar y Sun Gold, los cuales entregaron los datos y fichas técnicas de sus productos y sus correspondientes certificaciones de calidad.

Para la implementación de los paneles, se tomaron en consideración tres aspectos. El primero es la eficiencia de sus células solares, el segundo es el factor de llenado y el tercer aspecto es la certificación que el fabricante ofrezca en sus productos.

A continuación, se muestran los valores obtenidos de las fichas e información técnica entregada por los proveedores de las tres marcas además de los valores obtenidos a través las dos ecuaciones para una misma referencia de paneles con una potencia nominal de 250W.

Tabla 2
Comparación Técnicas paneles solares

	Trina	Yingli	Sungold
Voltaje MPP Vmpp (V)	30,3	29,8	29,5
Corriente MPP Impp (A)	8,27	8,39	8,47
Voltaje Circuito Abierto Voc (V)	38	37,6	36,6
Corriente Corto Circuito Isc (V)	8,79	9,82	9,15
Eficiencia (%)	15,3	15,4	17,1
Coeficiente P (%/°C)	-0,41	-0,42	-0,48
Carga estática viento (Pa)	2400	2400	2350
Impacto (Diámetro [mm]/Velocidad [m/s])	35/26,94	25/23	25/24,3
Peso	18,6	18,5	0
Fill Factor	0,750	0,677	0,746
Certificaciones y Normativa			
ISO 9001:2008	X	X	X
ISO 14001:2004	X	X	X
TÜV RHEINLAND	X	X	-
UL 1703	X	X	-
Garantía (años/desempeño)	25/81%	25/80,7%	25/80%
Costo Unitario ($US/W)	$ 0,53	$ 0,54	$ 0,51

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Examinando la información técnica se visualiza que la marca Trina, a pesar de poseer una menor eficiencia de transformación solar a energía eléctrica en comparación a los paneles de Yingli y Sungold (15,3% versus 15,4% y 17,1% respectivamente) posee el valor más alto en su Fill Factor, y en cuanto a calidad, ofrece igual número de certificaciones que Yingli y una gran cantidad de procedimientos certificados de la marca Sun Gold. Por lo tanto, la elección se resume a cuál de los tres paneles podrá crear un mayor margen de ganancia sin complicar la calidad que se ofrecerá a los clientes, es decir la mejor relación costo/beneficio. Como se aprecia, el costo unitario de los paneles Trina se encuentra en un punto intermedio con respecto a sus competidores. Al solo conservar una diferencia del 0,1% de eficiencia y un contraste de $US 0,01/W en relación a Yingli, se elige Trina como el proveedor insuperable debido a que su viabilidad de operación (Fill Factor) es más alta y su costo es competitivo en el mercado.

4.3.2 Inversores

Tomando en cuenta que un sistema fotovoltaico para que opere es necesario el funcionamiento de un inversor, y que, para el sector comercial e industrial, las plantas solares tienen un amplio rango de capacidad (desde los 10 kWp hasta los 500 kWp de potencia nominal); es necesario seleccionar un inversor con certificaciones de operación y desempeño que garanticen una vida útil equivalente a la de los paneles solares. Se contactó con tres marcas de inversores procedentes de tres países: Estados Unidos, Italia y China. Para lograr realizar una comparación coherente se seleccionaron tres referencias de capacidades similares. A continuación, se muestran sus características entregadas por los proveedores.

Tabla 3
Comparación Técnicas de Inversores

Marca	**ABB**	**Yaskawa Solectria**	**Satcon**
País de Fabricación	Italia	Estados Unidos	China
Referencia	PRO 33 TL-OUTD	PVI 28TL	Powergate 30 US-UL
Potencia	33 kW	28 kW	30 kW
Eficiencia	98,3%	98,5%	96%
Protección	NEMA 4X/IP 65	NEMA 3R/IP 44	NEMA 3R/IP 44
Costo Unitario ($US/W)	$ 0,26	$ 0,22	$ 0,19
	Certificaciones y Normas		
ISO 9001	X	-	-
ISO 14001	X	-	-
UL 1741	-	X	-
IEC 61683	X	-	X
CSA	-	X	X
VDE	X	-	-
CE	X	-	X
IEEE 1547	-	X	-

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Con la comparación de las tres referencias, se puede realizar un análisis para la correcta elección del potencial proveedor de los inversores. Como se estima en el cuadro anterior comparativo, el distribuidor que brinda mayores garantías de desempeño a través de sus certificaciones es ABB. A pesar de que su coste individual es mayor al de Solectria y Satcon, brinda amparo NEMA 4X lo cual garantiza su integridad en circunstancias climáticas de alto peligro y su eficiencia es mayor al 98% creando así menores pérdidas en la transformación de la energía.

4.4 Análisis del Retorno de Inversión

4.4.1 Paneles Solares

El proyecto evaluado consiste en una planta solar conectada a la red sin sistemas de almacenamiento de 10 kW aproximadamente, con la siguiente ficha técnica, componentes y costos asociados:

Tabla 4
Ficha Técnica del Proyecto

Potencia Nominal del Sistema (kW)	10.0
Número de Paneles	80
Potencia Máxima de la Celda (W)	250
Pérdidas Estimadas[1]	18%
Potencia Salida AC (kW)	8.2

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Los 10 kW de potencia nominal se obtienen a partir de un total de 80 paneles solares de potencia de 250W. En este sentido:

$$Potencia\ Nominal\ del\ Sistema = 80 * 250W$$

$$Potencia\ Nominal\ del\ Sistema = 20.000W$$

Los paneles solares de la compañía Trina Solar poseen células solares policristalinas con una potencia nominal de 250W y una eficiencia > 15%. En la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas:

Tabla 5
Ficha Técnica del Modelo de Panel

Marca	Trina Solar
Referencia	Allmax 250P
Potencia Nominal (W)	250
Eficiencia (%)	15,3
Vida útil (años)	35
Tipo de Célula	Silicio Policristalina
Potencia unitaria (W/m^2)	152
Células por panel	60
País de fabricación	China
Normas	UL, CE, ISO 9001, IEC61215, IEC61730, PV Cycle
Costo	$ 176,88 por Unidad

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

4.4.2 Inversor

Para esta planta solar se propone la implementación de un inversor ABB con una potencia nominal de 11 kW para que esté acorde al dimensionamiento del proyecto (10 kW) La siguiente tabla muestra las especificaciones del equipo:

Tabla 6
Ficha Técnica del Modelo de Inversor

Marca	ABB
Referencia	PVI-10.0-I-OUTD
Potencia nominal inyectada (W)	10000
Eficiencia Máxima (%)	96,5
Controladores MPPT	2
Costo Unitario	$ 4,736.52

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

4.4.3 Accesorios y estructura de los paneles

Entre los accesorios de instalación se incluyen la tubería de protección de los cables, canaletas y terminales de conexión. Las conexiones se componen principalmente de dos tipos de cables. Los cables que conectan internamente los paneles solares y forman las conexiones en serie y paralelo son cables solares calibre AWG 12 para uso externo.

Para proteger los paneles a inversores del sistema en la presencia de un pico de corriente o una sobrecarga eléctrica, utiliza para cada rack de paneles, un breaker de protección DC y para el inversor un breaker de protección AC.

La estructura se compone de rieles, abrazaderas intermedias y abrazaderas terminales las cuales se utilizan para soportar y fijar los paneles a la superficie de instalación.

Tabla 7
Costos de Accesorios

Ítem	Elementos del Sistemas	Precio por Unidad	Cant.	Valor Total
1	***Baterías solares PowerUp***	$124.99	17	$2,124.83
2	***Regulador de carga Xantrex.***	$95.00	1	$95.00
3	***Fusibles DC***	$0.90	1	$0.90
4	***Fusibles AC***	$0.80	1	$0.80
5	***Breaker DC***	$4.38	2	$8.76
6	***Breaker DC***	$4.79	2	$9.58
7	***Gabinete bifásico GE 6-12 puntos Policarbonato/Tol galvanizado en caliente***	$31.66	2	$63.32
8	***Cable sólido desnudo Cablec #10 AWG para conexión a tierra.***	$0.66	6	$3.96
9	***Cable flexible THW Cablec #10 AWG, 7 hilos para conexión módulos – regulador.***	$0.47	4	$1.88
10	***Cable flexible THW Cablec #12 AWG, 7 hilos para conexión entre paneles.***	$0.29	4	$1.16
11	***Cable flexible THW Cablec #8 AWG, 7 hilos para conexión entre baterías y al regulador.***	$0.81	4	$3.24
12	***Cable flexible THW Cablec #10 AWG, 7 hilos para conexión baterías - inversor.***	$0.47	2	$0.94
13	***Cable flexible bipolar THW Cablec #14 AWG para cargas DC (circuitos de iluminación).***	$0.65	60	$39.00
14	***Cable flexible bipolar THW Cablec #10 AWG para cargas AC (circuitos de fuerza).***	$0.84	40	$33.60
15	***Tomacorriente doble polarizado para cargas AC.***	$2.02	4	$8.08
16	***Interruptor unipolar sobrepuesto.***	$0.65	1	$0.65
17	***Caja de conexiones y empalmes***	$4.00	4	$16.00
18	***Varillas de cobre para puesta a tierra, 5/8"***	$5.80	1	$5.80
19	***Misceláneos (grapas, tape, terminales, clavos, etc.)***	$10.00	2	$20.00
				$2,437.50

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

4.4.4 Costos del proyecto

A continuación, se presentan los costos de los equipos y servicios de instalación asociados al montaje y la adquisición del proyecto. El costo unitario ($US) de la planta solar se obtiene dividiendo el costo total del proyecto entre la potencia nominal del sistema por todo el complejo vial:

Tabla 8
Detalle de Costos Principales

	Precio por Unidad	Cantidad	Valor Total
Paneles	$176.88	80	$ 14,150.40
Inversores	$4,736.52	4	$ 18,946.08
Transformador	$858.51	4	$ 3,434.04
Estructura	$1,952.95	4	$ 7,811.80
		Instalación	$ 5,084.38
		Accesorios	$ 2,437.50
			$ 51,864.20

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Dentro de esta estructura de costos no se incluyó costos asociados a mantenimiento pues para sistemas fotovoltaicos son muy bajos dado a que se basa en aplicación de agua y jabón en la superficie de los paneles frotando sin excesiva fuerza. Así las cosas, para este estudio se asumió costo 0.

4.4.5 Flujo de Caja por Inversión Directa y Retorno de la inversión

Este estudio contempla el análisis de retorno de inversión donde se muestra a continuación el flujo de caja proyectado para los próximos 10 años demostrando el ahorro energético por la implementación del sistema fotovoltaicos para el puente de la Unidad Nacional de la ciudad de Guayaquil, al quinto año, es importante saber que los datos del precio kWh de 1.02 fueron tomados desde la fuente de la CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad).

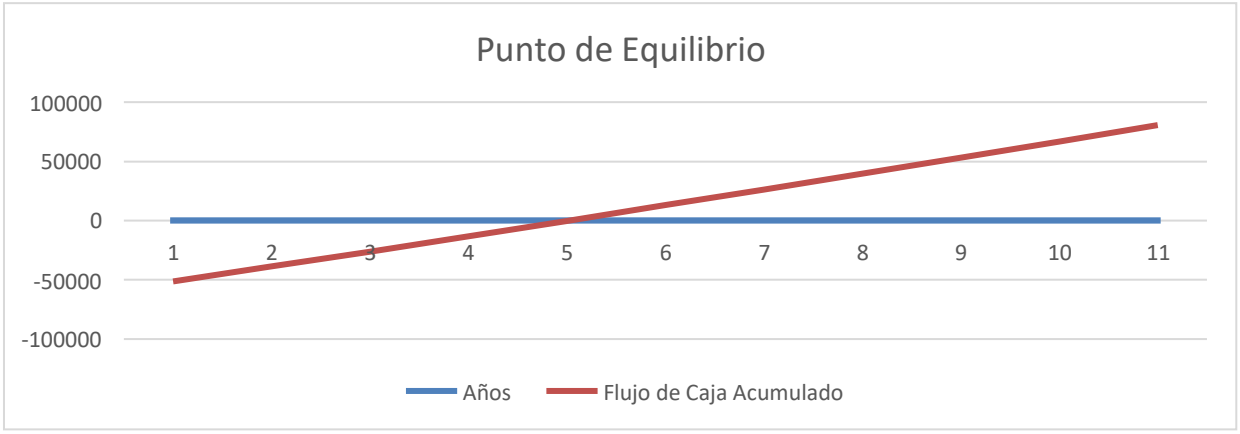
Tabla 9
Flujo de Caja General y Retorno de la Inversión

FLUJO DE CAJA											
Años	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Precio kWh Año ($)	1.02	1.05	1.07	1.09	1.11	1.13	1.15	1.16	1.19	1.22	1.26
Desempeño Panel (%)	100%	99%	98%	98%	97%	96%	95%	94%	94%	93%	92%
Generación KWh Anual	12,100.00	12,003.20	11,906.40	11,809.60	11,712.80	11,616.00	11,519.20	11,422.40	11,325.60	11,228.80	11,132.00
Ahorro Anual ($)		**12,603.36**	**12,739.85**	**12,872.46**	**13,001.21**	**13,126.08**	**13,247.08**	**13,249.98**	**13,477.46**	**13,699.14**	**14,026.32**

Inversión Inicial	-51,864.20										
Flujo de Caja Operativo	-51,864.20	12,603.36	12,739.85	12,872.46	13,001.21	13,126.08	13,247.08	13,249.98	13,477.46	13,699.14	14,026.32
Flujo de Caja Acumulado	-51,864.20	-39,260.84	-26,520.99	-13,648.53	-647.32	12,478.76	25,725.84	38,975.82	52,453.29	66,152.42	80,178.74

Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

Figura 25
Punto de Equilibrio



Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

4.5 Detalle General del Sistema Fotovoltaico

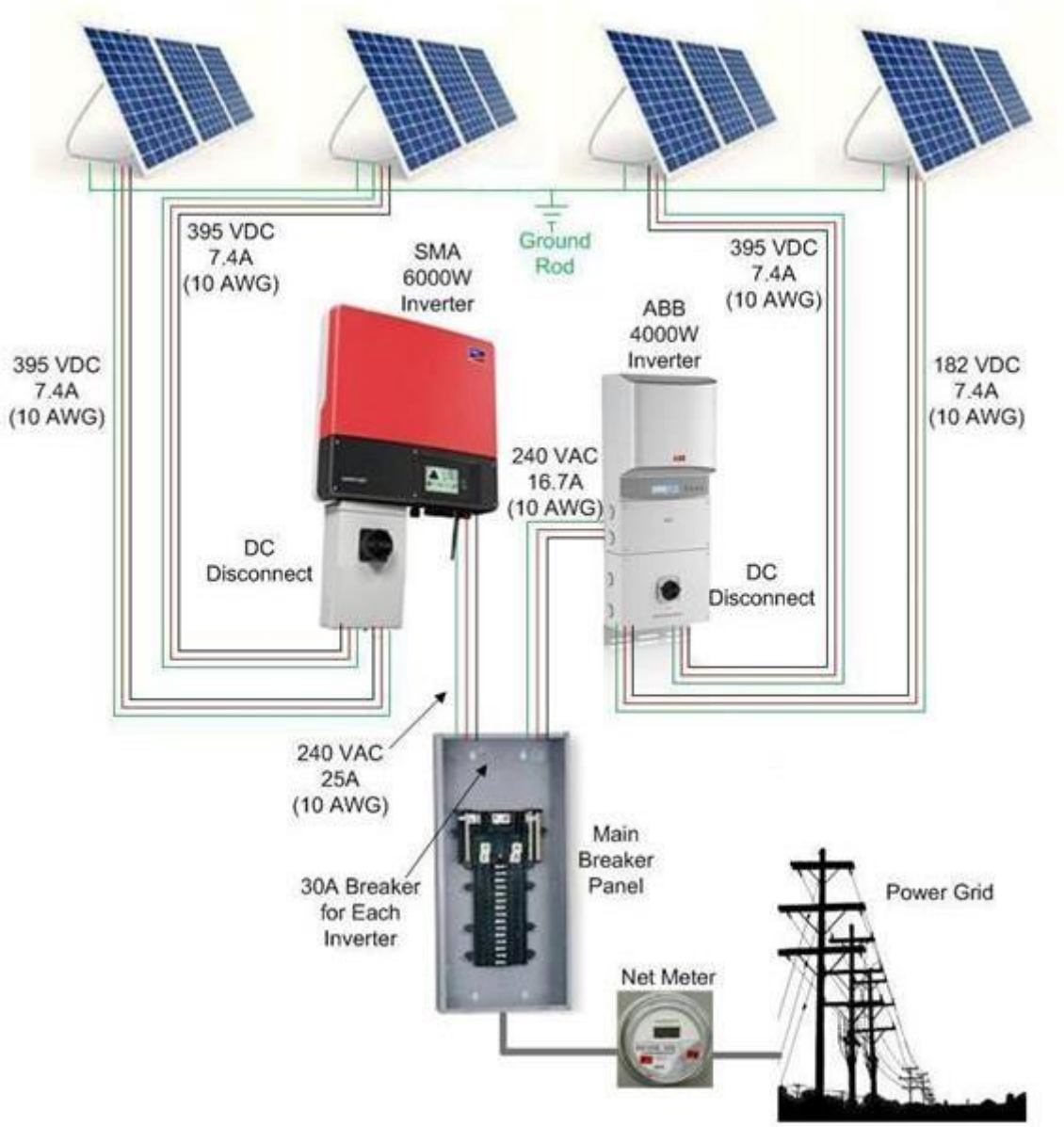
La figura siguiente muestra un diagrama de cableado básico del sistema de energía solar conectado a la red. Es muy simple, divide en los paneles solares ubicado en luminarias en varias cadenas para que coincidan con el voltaje y la capacidad de corriente del inversor. A máxima potencia, cada uno de los paneles solares puede producir 30,36 V y 7,41 A. Dado que los paneles solares están conectados en serie, el voltaje se agrega, pero la corriente es la misma a través de toda la cadena de paneles. Cada inversor solar acepta dos cadenas de paneles solares con el voltaje de los paneles en CC. Luego, convierte esto en energía de CA que se conecta directamente a su panel de interruptores con un interruptor estándar.

Los inversores tienen la inteligencia para detectar y producir una señal de CA que está en fase y al voltaje correcto para hacer posible la alimentación de la red eléctrica del complejo vial de la Unidad Nacional. Si los inversores producían energía fuera de fase con la red, como un generador de gas, por ejemplo, los interruptores estallarían inmediatamente y las cosas nunca funcionarían. Afortunadamente, los inversores de hoy en día se encargan de todo esto y todo lo que tiene que preocuparse es hacer algunas conexiones simples desde los paneles solares a los inversores y desde los inversores al panel de interruptores principal.

La última pieza requerida es que la compañía eléctrica reemplace su medidor eléctrico actual con un medidor neto. Estos medidores miden la energía en ambas direcciones, por lo que, si es de noche y está usando energía de la red, funciona como un medidor normal.

Sin embargo, durante el día, puede haber momentos en los que la energía solar que se genera excede la que se consume, por lo que está devolviendo el exceso de energía a la red y el medidor neto lo mide y le da crédito. En muchas naciones se permite que los créditos de energía se transfieran hasta por un año.

Figura 26
Diagrama Completo del Sistema Fotovoltaico



Fuente: *Datos de la Investigación*

4.6 Iluminación Activada por la movilidad Vehicular.

Con la ayuda de una Luminaria para calle crepuscular con detector de movimiento, 120 led, ideal para iluminar calles, entradas, patios y jardines. Garantiza una iluminación potente y duradera en espacios exteriores. La carga máxima se alcanza después de 11-12 horas de exposición solar y garantiza luz los 365 días del año. Ideal para calles, aparcamientos, plazas, entradas y jardines. Resiste a la intemperie y a los agentes externo (certificación waterproof IP65).

La vida de la lámpara es garantizada por 50000 horas gracias a su batería de litio 15.000 mAh y a su panel solar, flujo luminoso 10800 lm. Una vez montada no requiere ningún tipo de mantenimiento, exceptuando una limpieza superficial del panel en caso de excesiva suciedad. Su funcionamiento es automático gracias a su sensor óptico crepuscular que se activa al anochecer. Funcionamiento: La luz se enciende automáticamente al anochecer con luminosidad reducida del 50% hasta por la mañana.

El sensor integrado activa la luz con máxima intensidad durante 30 segundos si detecta una presencia o un vehículo pasar en un espacio de 7 - 9 metros hasta cuando deja de detectar movimientos.

Figura 27
Iluminaria con detector de movimiento

Fuente: *Goled.com (2021)*

4.7 Recomendaciones

- La implementación de sistemas de seguimiento solar es necesario para aprovechar la máxima generación que puede brindar un panel, este punto se refiere a la obtención de la máxima potencia de generación a pesar de que estos sistemas involucran un aumento en el costo del sistema.
- Al momento de realizar el montaje de los paneles se tienen que comprobar su correcto funcionamiento, evaluando que el voltaje y la intensidad sean los que indica el fabricante en la hoja de especificaciones. Esto se hace debido a que es mucho más fácil comprobarlos antes de instalarlos y no una vez ya estén instalados, lo que nos permite detectar posibles fallos de funcionamiento.

- Para el mantenimiento, se tendría que hacer semestralmente con una inspección visual del generador y hacer una limpieza mensual si es necesario. Teniendo presente que la misma inclinación de los paneles favorece la auto limpieza con ayuda de la lluvia.
- Para terminar, se recomienda el uso de sistemas fotovoltaicos aislados en lugares donde no sea factible la presencia de redes eléctricas además en lugares como puentes aislados

4.8 Conclusiones

- El uso de alimentación solar fotovoltaica, permite eliminar la contaminación ambiental que es producida por otro tipo de luminarias, como son las luminarias de vapor de mercurio y vapor de sodio.
- Los costos de mantenimiento de las luminarias led son reducidos en comparación con otro tipo de luminarias.
- Las luminarias led permiten tener una mejor eficiencia energética, porque no se tiene pérdidas de energía, como las que se tiene con la iluminación tradicional.
- Con base en el estudio realizado, se puede concluir que el comportamiento de la radiación solar es apto para la implementación de un sistema fotovoltaico.
- El proyecto tiene una inversión total de $51,864.20; CINCUENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y CUATRO 20/100 DOLARES AMERICADOS, cuyo punto de equilibrio tiene un gran crecimiento y recuperación de la inversión que está proyectada al QUINTO año calendario, donde los ingresos proyectados son $13,126.08; TRECE MIL CIENTO VEINTE Y SEIS 08/100 DÓLARES AMERICANOS hasta el DÉCIMO año y un análisis que demuestra que la propuesta es suficientemente rentable ya que tiene una ganancia de $80,178.74; OCHENTA MIL CIENTO SETENTA Y OCHO 74/100 DOLARES AMERICANOS al DÉCIMO año calendario.
- Las revisiones periódicas y mantenimiento al sistema de generación fotovoltaico muestran una influencia muy elevada de polvo sobre el panel, en vista de esto se concluye que el mantenimiento de toda instalación solar debe ser periódica para evitar disminución en la generación de energía de este y con esto obtener los niveles de generación para el cual fue proyectado.

- El proyecto es totalmente autónomo y garantiza la generación de energía necesaria para la carga propuesta y alimentar el complejo vial de energía limpia, en el lapso de tiempo determinado bajo condiciones de normal funcionamiento, también su modelo y forma es totalmente adaptable a cualquier infraestructura similar para la que fue diseñada.

REFERENCIAS

C. Frers, Una solución a la dependencia energética, El Cid, 2009, pp. 1-7.

C. Li, S. Haiquing, C. Yijia y W. Jianhui, Comprehensive review of renewable energy curtailment and avoidance: A specific example in China,» Renewable & Sustainable Energy Reviews; ScienceDirect, nº 41, p. 13, 2014.

Consejo Nacional de Electricidad, «Plan maestro de electrificación 2013-2022: estudio y gestión de la demanda eléctrica. vol 2, 2013.

S. Carcangiu y A. Montisci, A building-integrated eolic system for the exploitation of wind energy in urban areas, IEEE Xplore, p. 6, 2012.

S. Tucker y M. Negnevitsky, Renewable energy micro-grid power system for isolated communities, Universities Power Engineering Conference (AUPEC), 2011 21st Australasian; IEEE, p. 7, 2011.

Corporación para la Investigación Energética, CIEM - CONELEC, Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica, 2008.

Consejo Nacional de Electricidad, Plan Maestro de Electrificación 2013 - 2022: Perspectiva y expansión del sistema eléctrico ecuatoriano. vol 3, Quito, 2013.

Vgants, E., Andra, B., Timma, L., jabs, I., & Blumberga, D. (2016). La dinámica de la sustitución tecnológica: el caso de la difusión de ecoinnovación de productos de limpieza de superficies. Journal of Cleaner Production, 132, 279-288.

Aliaga, A., Fuentes, O.I.A, & Gonzalez, G.J.F. (2009). http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112450/Tesis%20Tocopilla%20AliagaFuentes-Gonz%C3%A1lez.pdf?sequence=1.

Galviz, G. J. (2013). http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/2590/1/75101283. pdf.

Ortiz, J. N., Segura, Galvan. X., & Velazquez Espinosa, J.R. (2015). OBTENCIÓN DE ENERGÍA POR MEDIO DE CELDAS SOLARES.

Estrada Gasca, C.A, & Arancibia, Bulnes. C.A. (2010). Las Energías Renovables: la Energía Solar y sus Aplicaciones.

Garcia, H., Corredor, Alejandra, Calderon, Laura, & Gomez, Muguel. (2013). Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia.

Atómica, Departamento Energía Solar (DES) de la Comisión Nacional de Energía. (2010). ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.

Labandeira, X., Linares, Pedro, & Würzburg, Klaas. (2012). Energías Renovables y Cambio Climatico.

P. Aguirre y C. Barrios, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LA MODERNIZACION DEL ALUMBRADO PUBLICO EN GALAPA- ATLÁNTICO, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.

Diego Carrión. (2013). https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Sistema-de-generacion-distribuida-hibrido-2_fig4_259559053

Factorenergia https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-eolica/

DeGunther, R. *Alternative Energy for Dummies.* Wiley Pub. 2009.

Schmidt, J.H., Klokker, M. *Health Effects Related to Wind Turbine Noise Exposure: A systematic Review*. Plos One 2014; 9: e114183. doi: 10.1371/journal.pone.0114183

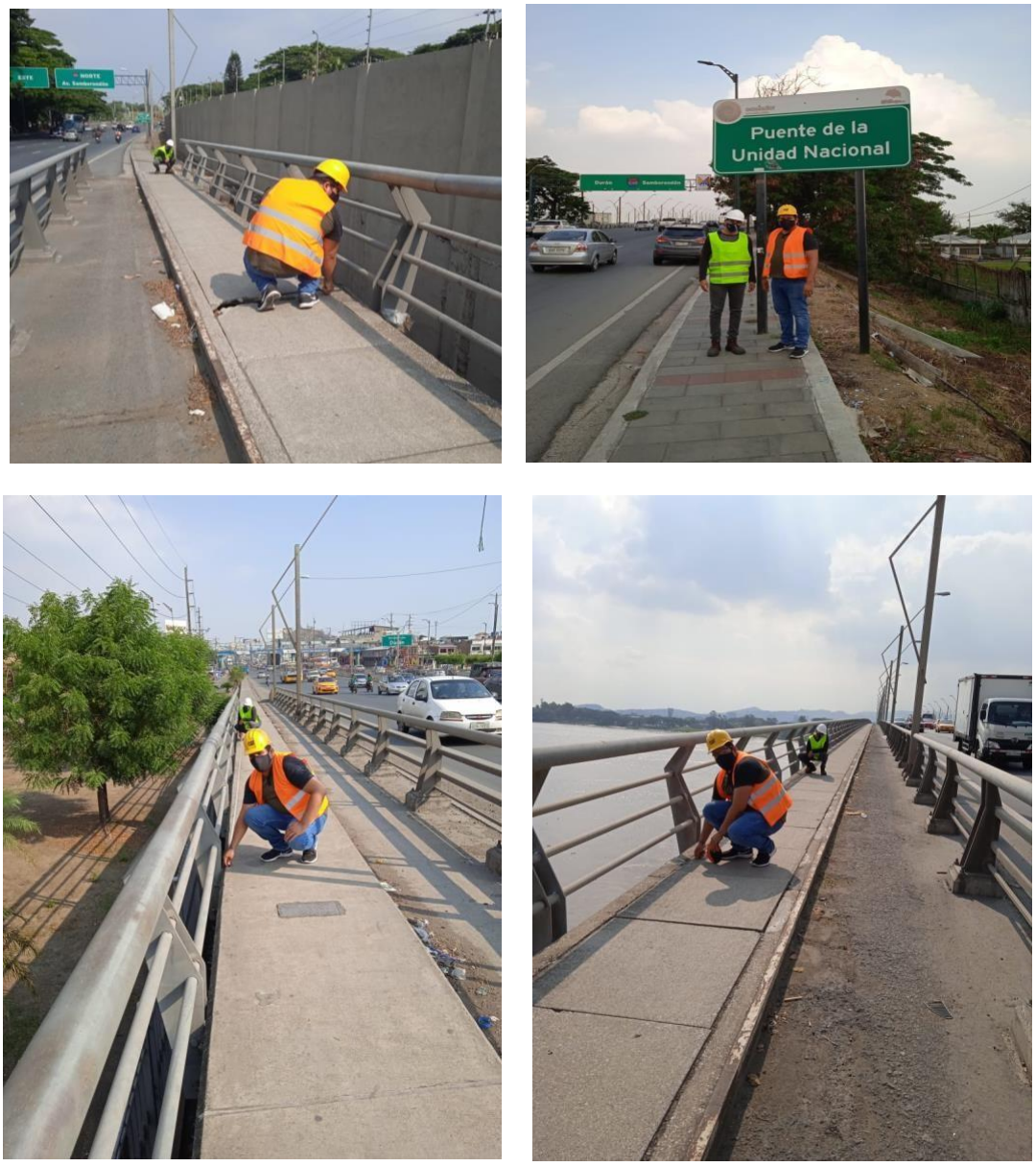
Zimmerling, J.R., Francis, C.M. *Bat mortality due to wind turbines in Canada*. The J. of Wildlife Management 2016: https://doi.org/10.1002/jwmg.21128

IHOGA Universidad de Zaragoza https://ihoga.unizar.es/

ANEXOS

ANEXO 1: TRABAJO DE CAMPO

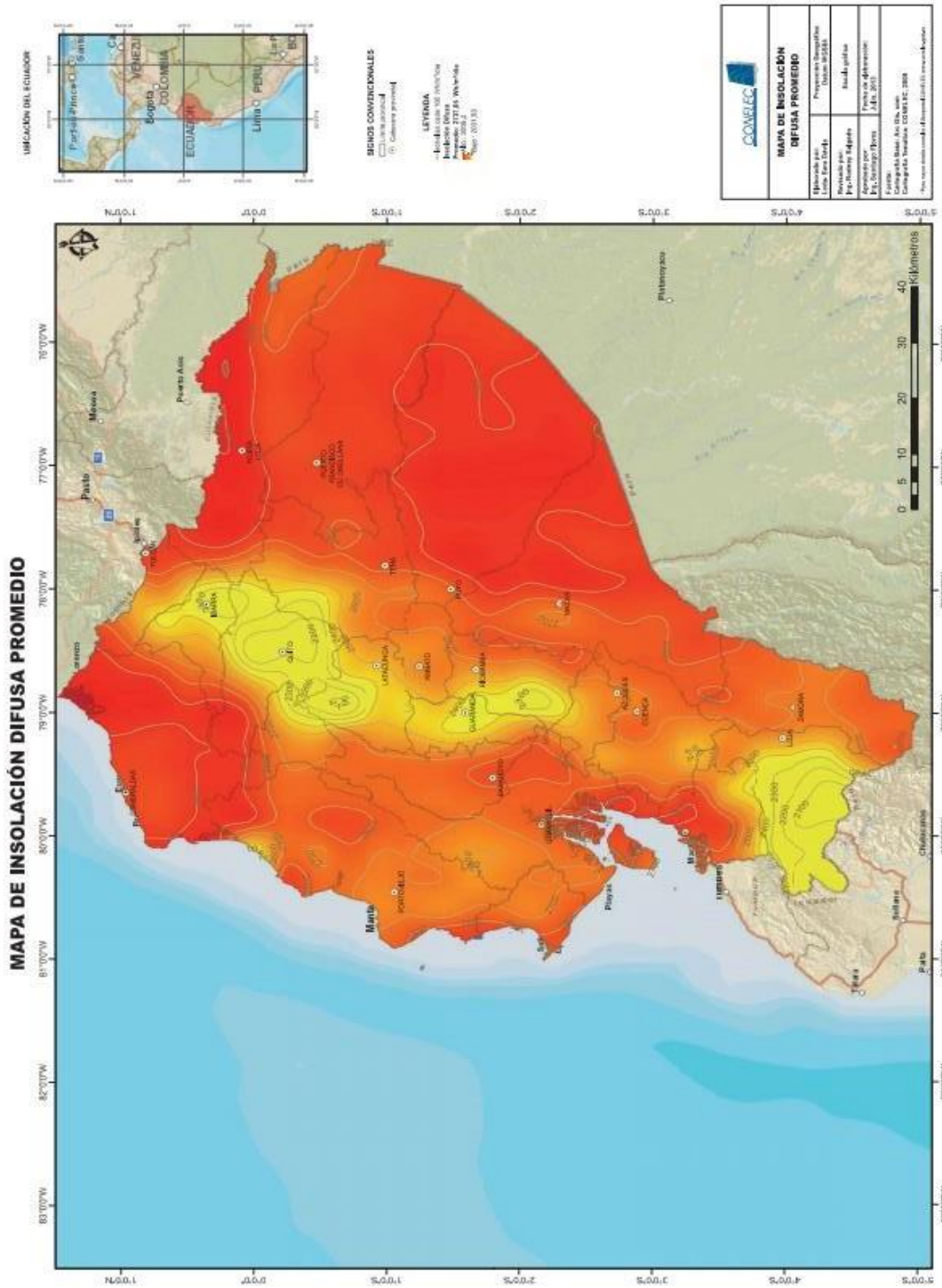
Figura 28
Mediciones del Terreno



Fuente: *Datos de la Investigación (2020).*

ANEXO 2: INSOLACIÓN DIFUSA PROMEDIO

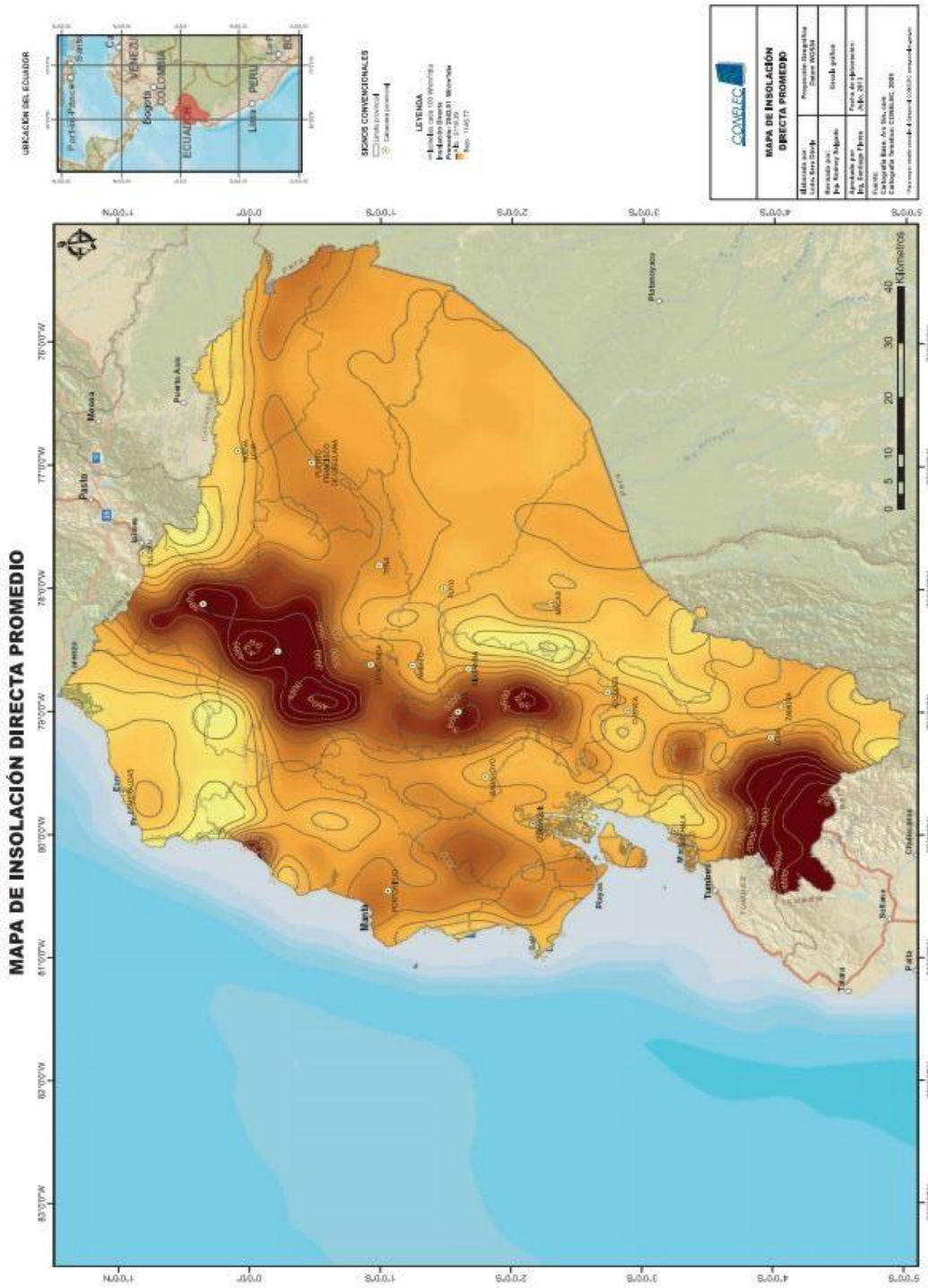
Figura 29
Insolación difusa promedio



Fuente: *Conelec (2020).*

ANEXO 3: INSOLACIÓN DIRECTA PROMEDIO

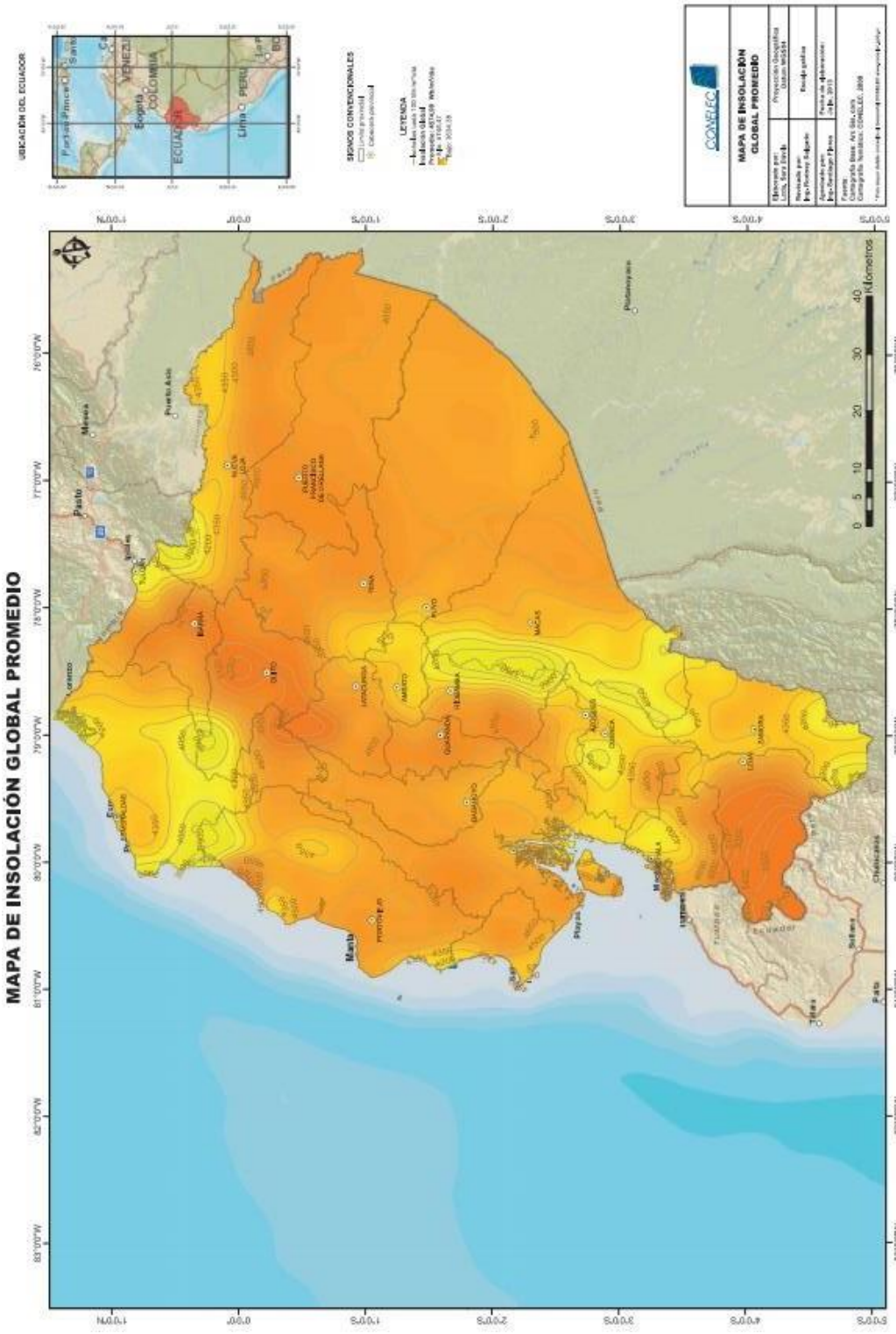
Figura 30
Insolación directa promedio



Fuente: *Conelec (2020).*

ANEXO 4: INSOLACIÓN GLOBAL PROMEDIO

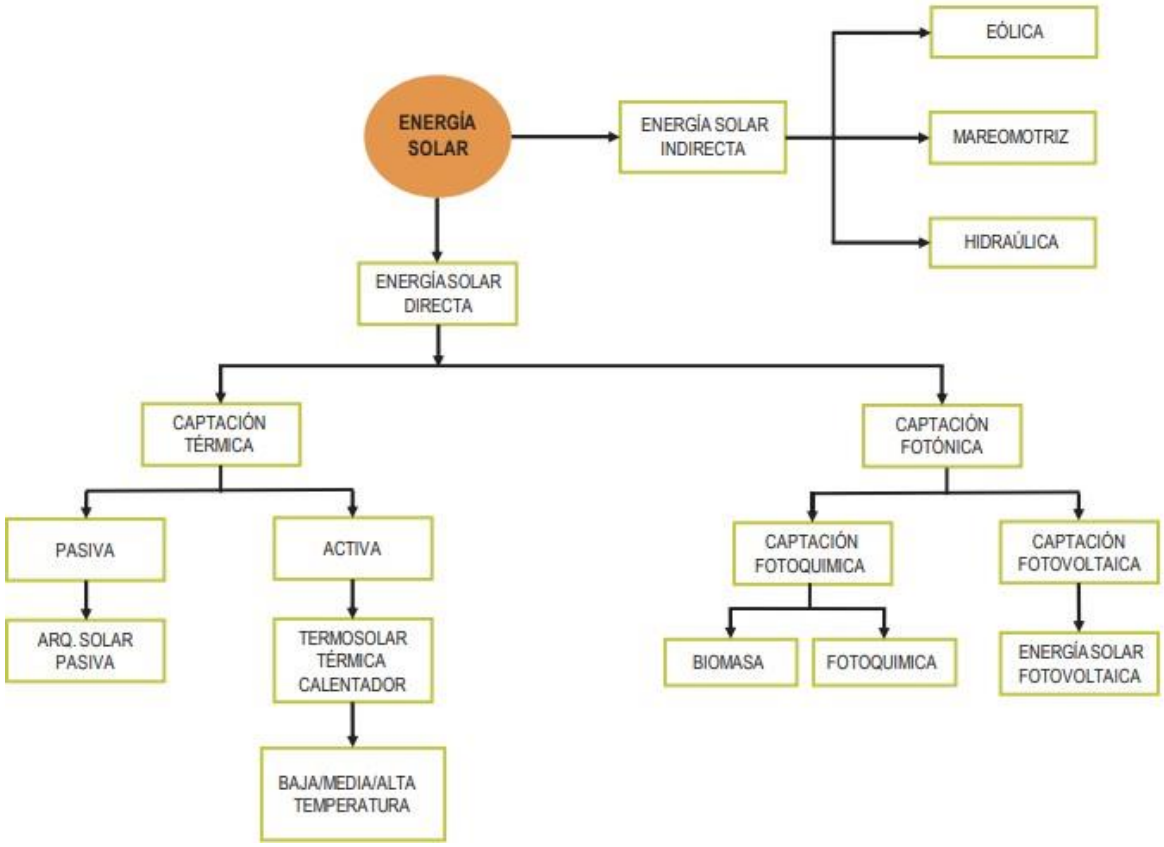
Figura 31
Insolación Global promedio



Fuente: *Conelec (2020).*

ANEXO 5: ENERGIA SOLAR

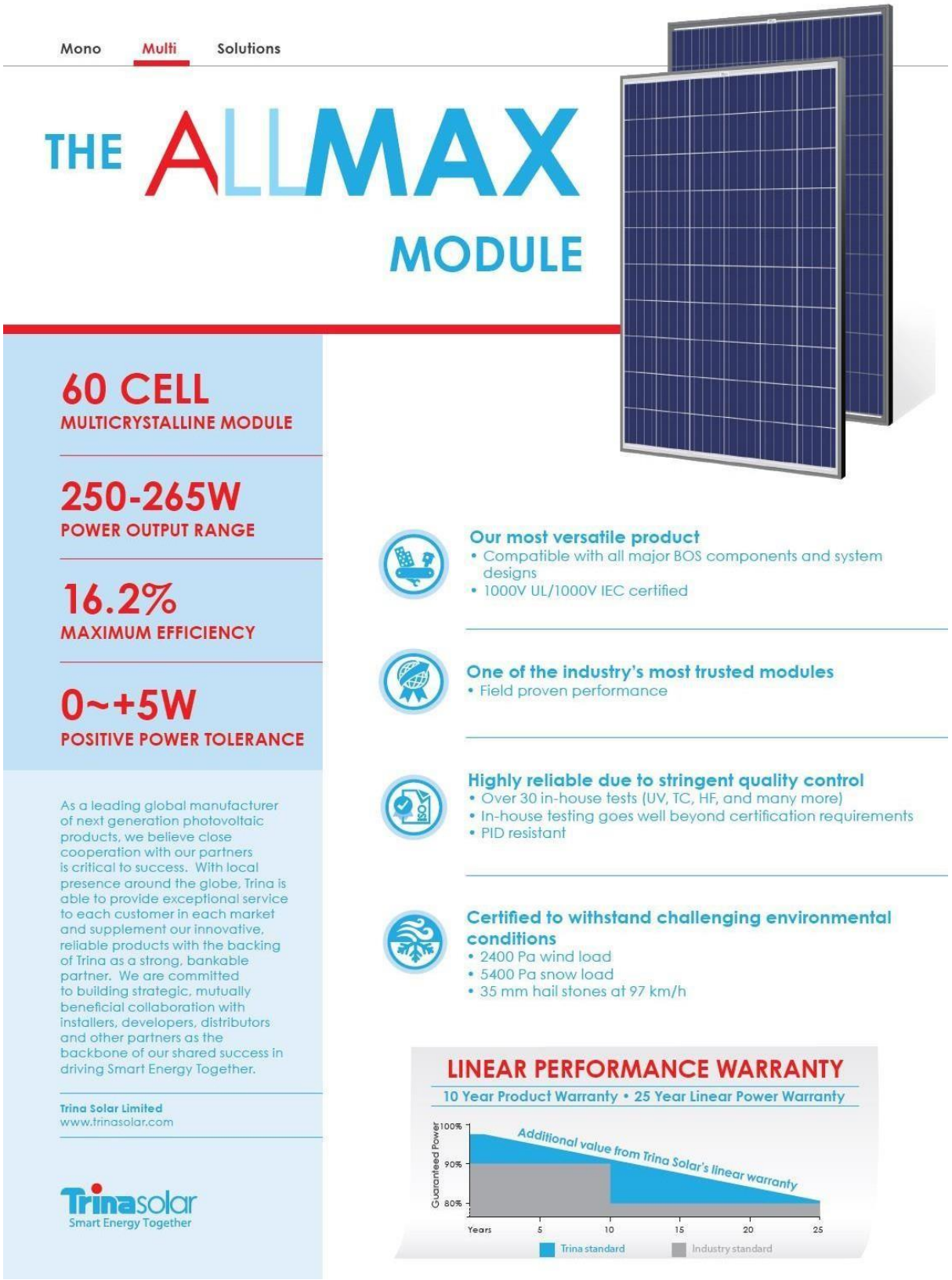
Figura 32
Clasificación de la energía Solar



Fuente: *Censolar.com (2020).*

ANEXO 6: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS PANELES SOLARES

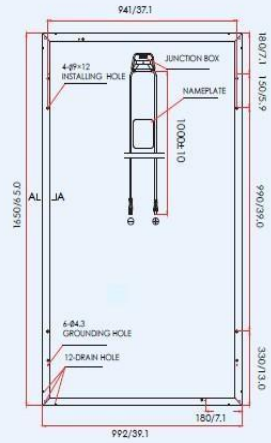
Figura 33
Paneles solares Trina Solar

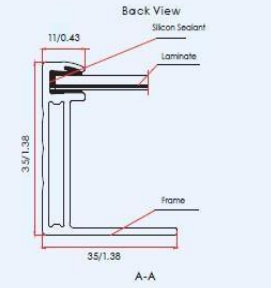


THE ALLMAX MODULE

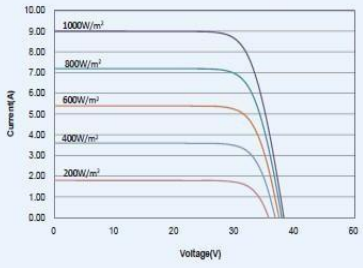
PRODUCTS	POWER RANGE
TSM-PD05.08	255-265W
TSM-PD05.05	250-260W

DIMENSIONS OF PV MODULE
unit:mm/in





I-V CURVES OF PV MODULE (260W)



CERTIFICATION

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P_{MAX} (Wp)	250	255	260	265
Power Output Tolerance-P_{MAX} (W)	0 ~ +5			
Maximum Power Voltage-V_{MPP} (V)	30.3	30.5	30.6	30.8
Maximum Power Current-I_{MPP} (A)	8.27	8.37	8.50	8.61
Open Circuit Voltage-Voc (V)	38.0	38.1	38.2	38.3
Short Circuit Current-Isc (A)	8.79	8.88	9.00	9.10
Module Efficiency η_m (%)	15.3	15.6	15.9	16.2

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power-P_{MAX} (Wp)	186	189	193	197
Maximum Power Voltage-V_{MPP} (V)	28.1	28.2	28.4	28.6
Maximum Power Current-I_{MPP} (A)	6.63	6.71	6.81	6.89
Open Circuit Voltage-Voc (V)	35.3	35.3	35.4	35.5
Short Circuit Current-Isc (A)	7.10	7.17	7.27	7.35

NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Multicrystalline 156 × 156 mm (6 inches)
Cell orientation	60 cells (6 × 10)
Module dimensions	1650 × 992 × 35 mm(65.0 x 39.1 x 1.4 inches)
Weight	18.6 kg (41 lb)
Glass	3.2 mm(0.13 inches),High Transmission, AR Coated Tempered Glass
Backsheet	White(PD05.08); Black(PD05.05)
Frame	Black Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 65 or IP 67 rated
Cables	Photovoltaic Technology cable 4.0mm² (0.006 inches²), 1000mm(39.4inches)
Connector	UTX Amphenol
Fire Type	Type 1 or 2

TEMPERATURE RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	44°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	- 0.41%/°C
Temperature Coefficient of Voc	- 0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V DC(IEC) 1000V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	15A

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty

25 year Linear Power Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 30 pieces

Modules per 40' container: 840 pieces

TSM_EN_2016_A

Fuente: *trinasolar.com (2020).*

Figura 34
Paneles Solares Yingli Solar

YINGLI SOLAR

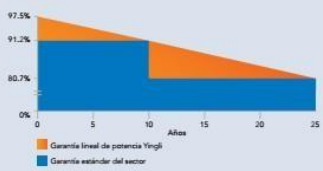
YGE 60 CELL SERIES 2

18.0%
EFICIENCIA DE LA CELDA

10 AÑOS
GARANTÍA DE PRODUCTO

0-5W
TOLERANCIA DE POTENCIA

Garantía lineal a 25 años



YINGLISOLAR.COM

YINGLI SOLAR
Power Your Life

CALIDAD PROBADA
EN UNA NUEVA DIMENSIÓN

Probados de manera independiente para garantizar su calidad y fiabilidad a largo plazo. Millones de módulos fotovoltaicos instalados en todo el mundo demuestran el liderazgo de Yingli en el sector.

Durabilidad
Módulos fotovoltaicos duraderos, probados independientemente en condiciones ambientales adversas tales como la exposición al ambiente salino, amoniaco y factores de riesgo del PID.

Cristal avanzado
Nuestro cristal de alta transmisión cuenta con una capa antirreflejante única que permite dirigir más luz hacia las celdas solares, resultando en una mayor producción energética.

Tamaño de módulo más vendido
Opción preferida de millones de bancos e inversionistas, este tamaño es perfecto para casi todas las aplicaciones.

Resistente al PID
Probado conforme a la norma IEC 62804, nuestros módulos fotovoltaicos han demostrado ser resistentes al PID (Degradación por Potencia Inducida), que se traduce en seguridad para su inversión.

Yingli Green Energy

Yingli Green Energy Holding Company Limited (NYSE:YGE), conocida como "Yingli Solar", es uno de los fabricantes líderes de paneles solares con la misión de ofrecer energía verde asequible para todos. Con más de 50 millones de paneles solares mundialmente, Yingli Solar hace posible la energía solar en comunidades en todo el mundo gracias a su experiencia global en fabricación y logística para abordar retos locales específicos.

YGE 60 CELL SERIES 2

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar (STC)							
Tipo de módulo			YLxxxP-29b (xxx=P_{max})				
Potencia de salida	P_{max}	W	270	265	260	255	250
Tolerancias de potencia de salida	P_{max}	W	0 / + 5				
Eficiencia del módulo	η_m	%	16.6	16.3	16.0	15.7	15.4
Tensión en P_{max}	V_{mpp}	V	30.7	30.5	30.3	30.0	29.8
Intensidad en P_{max}	I_{mpp}	A	8.80	8.70	8.59	8.49	8.39
Tensión en circuito abierto	V_{oc}	V	37.9	37.8	37.7	37.7	37.6
Intensidad en cortocircuito	I_{sc}	A	9.27	9.18	9.09	9.01	8.92

STC: 1000 W/m² de irradiancia, 25ºC de temperatura de célula, espectro AM 1.5g conforme a la EN 60904-3.
Reducción media de la eficiencia relativa de 3,3% a 200 W/m² según la EN 60904-1.

Parámetros eléctricos a temperatura operativa nominal de la célula (TONC)							
Potencia de salida	P_{max}	W	196.9	193.3	189.7	186.0	182.4
Tensión en P_{max}	V_{mpp}	V	28.0	27.8	27.6	27.4	27.2
Intensidad en P_{max}	I_{mpp}	A	7.04	6.96	6.87	6.79	6.71
Tensión en circuito abierto	V_{oc}	V	35.0	34.9	34.8	34.8	34.7
Intensidad en cortocircuito	I_{sc}	A	7.49	7.42	7.35	7.28	7.21

TONC: temperatura operativa del módulo en circuito abierto a 800 W/m2 de irradiancia, 20ºC de temperatura ambiente y 1m/s de velocidad del viento.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura operativa nominal de la célula	TONC	ºC	46 +/- 2
Temperatura coeficiente de P_{max}	γ	%/ºC	-0.42
Temperatura coeficiente de V_{oc}	β_{Voc}	%/ºC	-0.32
Temperatura coeficiente de I_{sc}	α_{Isc}	%/ºC	0.05
Temperatura coeficiente de V_{mpp}	β_{Vmpp}	%/ºC	-0.42

CONDICIONES OPERATIVAS

Tensión máxima del sistema	1000V_{DC}
Valor máximo del fusible en serie	15A
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C to 85°C
Máxima carga estática frontal (ej. nieve)	5400Pa
Máxima carga estática posterior (ej. viento)	2400Pa
Máx. impacto por granizo (diámetro/velocidad)	25mm / 23m/s

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado de bajo contenido en hierro / 3,2 mm
Célula solar (cantidad / tipo / dimensiones / número de busbar)	60/ silicio multicristalino / 156 mm x 156 mm/ 2 o 3
Marco (material / color / color de anodizado / sellado de bordes)	Aluminio anodizado / plata / claro / adhesivo
Caja de conexiones (grado de protección)	≥ IP65
Cable (longitud / sección transversal)	1000mm / 4mm²
Conector (tipo / grado de protección)	MC4 / IP67 or YT08-1 / IP67 o Amphenol H4 / IP68

- Debido a la continua innovación, investigación y mejora del producto, la información y las especificaciones citadas en eta hoja de características están sujetas a cambios sin previo aviso. Las especificaciones pueden variar ligeramente y no están garantizadas.
- Los datos no están referidos a un único módulo y no forman parte de la oferta, sirvan solo para su comprobación entre diferentes tipos de módulos.

CUALIFICACIONES Y CERTIFICADOS

IEC 61215, IEC 61730, MCS, MCS, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000

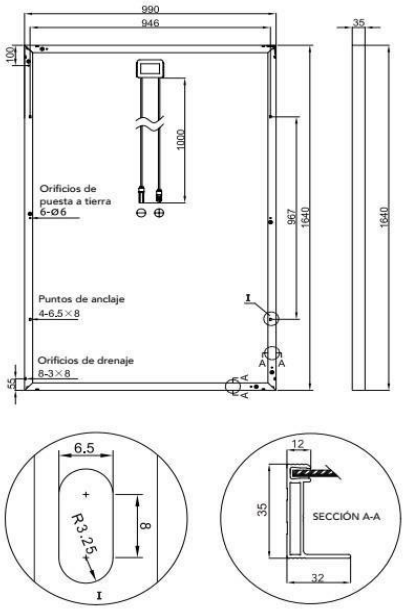
CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones (Longitud/Ancho/Alto)	1640mm / 990mm / 35mm
Peso	18.5kg

ESPECIFICACIONES DE EMBALAJE

Número de módulos por palé	29
Número de palés por contenedor de 40'	28
Dimensiones de la caja de embalaje (Longitud/Ancho/Alto)	1700mm / 1135mm / 1165mm
Peso de la caja	568kg

Unidad: mm



Advertencia: Lea el Manual de Instalación y Uso en su totalidad antes de manejar, instalar u operar módulos de Yingli Solar.

Partners de Yingli:

Yingli Green Energy Americas
LatAm-info@yingliamericas.com

YINGLISOLAR.COM

© Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.

DS_YGE60Cell-29b_35mm_EU_EN_201505_V04_YBS

Fuente: *yinglisolar.com (2020).*

Figura 35
Paneles Solares Sungold Poly

Sungold Solar 250W Poly solar panel	
Cell size(mm):	156*156
Power tolerance:	±3%
Peak power(WP):	250w
Voltage at Pmax（Vmp）:	29.5
Current at Pmax（Imp）:	8.47
Open circuit voltage（Voc）:	36.6
Short circuit current（Isc）:	9.15
Max system voltage（VDC）:	1000V(IEC)
Operating Temperature:	-40℃ to + 85℃
Cells Efficiency:	17.10%
Temperature Coefficient of Pmax:	-0.48%/℃
Temperature Coefficient of voc:	-0.34%/℃
Temperature Coefficient of ISC:	0.015%/℃
Nominal Operating Cell Temperature:	45+/-2℃
Data under standard testing conditions(STC)	1000W/M²; 1.5AM
Type of Connector:	MC4
Dimension(mm):	992*1640*40

Fuente: *sungoldsolar.com (2020).*

ANEXO 7: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS INVERSORES

Figura 36
Inversor ABB

Solar inverters

ABB string inverters
PRO-33.0-TL-OUTD
33 kW

ABB string inverters cost-efficiently convert the direct current (DC) generated by solar modules into high quality three-phase alternating current (AC) that can be fed into the power distribution network (i.e. grid). Designed to meet the needs of the entire supply chain – from system integrators and installers to end users – these transformerless, three-phase inverters are designed for de-centralized photovoltaic (PV) systems installed in commercial and industrial systems up to megawatt (MW) sizes.

A new inverter from the world's leading power technology company

ABB, a global leader in power and automation technologies, brings decades of experience, technology leadership and application knowhow from renewable energies to this new string inverter. Such experience and technology ensures high quality, safe and reliable solar inverters are delivered every time.

High power package for de-centralized PV systems

ABB's three-phase PRO-33 string inverter is designed for medium and large de-centralized PV systems either on large-scale commercial and industrial rooftops or ground-mounted PV plants. The inverter offers cost-efficiency in a high power, wall-mountable package with very high conversion efficiency. The all-in-one design with built-in and monitored PV plant protection devices reduces the need of costly external devices.

The single maximum power point tracker (MPPT) and optimized MPPT window are suitable for uniform-shaped PV plants with long strings connected to the inverter. The high maximum DC input voltage of up to 1100 V gives PV plant designers extra flexibility and allows more PV modules to be connected in series to reduce cabling costs.

Highlights

- Compact, high power wall-mountable package
- High maximum DC input voltage of up to 1100 V
- Configurable all-in-one design
- Advanced grid support functions
- Safe and intuitive user interface
- Robust enclosure, with IP65 rating suitable for outdoor installation

Power and productivity for a better world™ ABB

ABB string inverters

Configurable all-in-one design

The ABB PRO-33.0 string inverter comes in three product variants. The standard model with or without DC switch is designed for use with an external string combiner box. The all-in-one model with built-in string combiner box includes a DC switch, string current monitoring with alarm, PV fuses, monitored surge protection devices and tool-less solar quick connectors. The inverter's all-in-one design, with built-in and monitored PV plant protection devices, reduces the need of costly external devices.

High total efficiency maximizes return on investment

The PRO-33.0 inverter offers a high conversion and MPP tracking efficiency in all conditions. A flat efficiency curve provides high revenues in low and high radiation conditions.

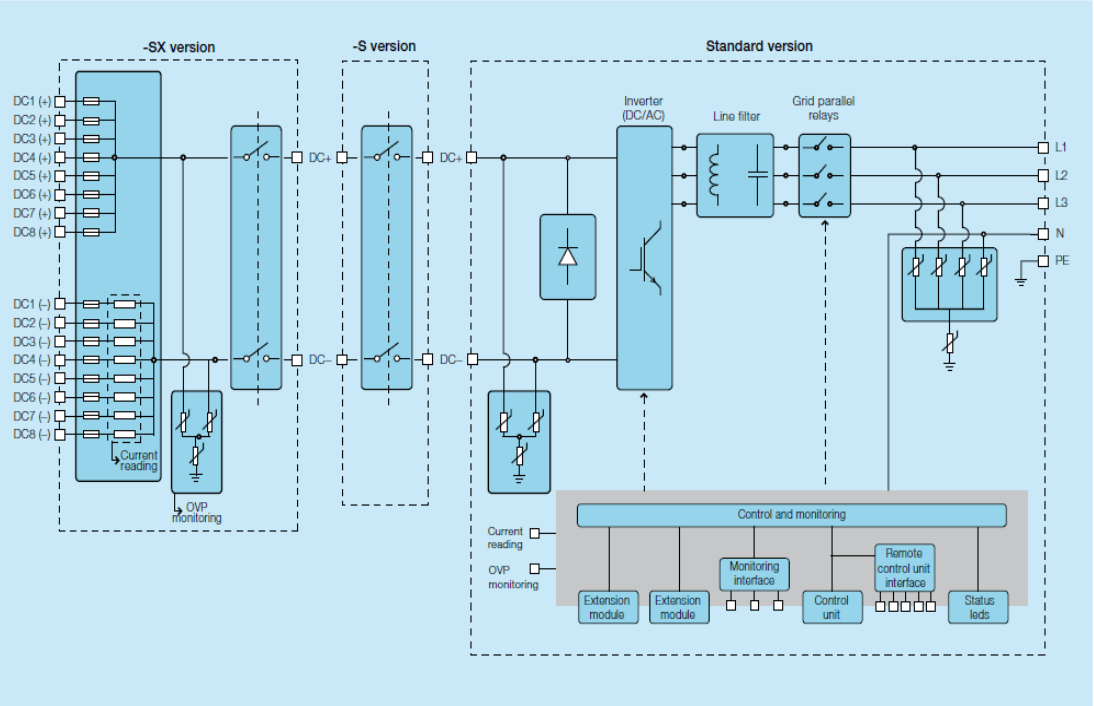
Fast and easy commissioning

Fast PV plant commissioning is enabled via pre-programmed country grid code settings that are easily selectable. Extensive certification ensures wide grid code compatibility. Plug and Play DC and AC connectors enable fast and safe cabling. A touch protected installation area provides additional safety and comfort for inverter installation and maintenance.

Technical data and type

Type designation	33 kW PRO-33.0-TL-OUTD
Input side	
Absolute maximum DC input voltage ($V_{max,abs}$)	1100 V [3]
Startup DC input voltage (V_{start})	610 V
Operating DC input voltage range (V_{dcmin}...V_{dcmax})	580 to 950 V
Rated DC input voltage (V_{dcr})	580 V
Rated DC input power (P_{dcr})	33 700 W
Number of independent MPPT	1
MPPT input DC voltage range ($V_{MPPTmin}$...$V_{MPPTmax}$) at P_{acr}	580 to 850 V
Maximum DC input current (I_{dcmax})/for each MPPT ($I_{MPPTmax}$)	58 A
Maximum input short circuit current for each MPPT	80 A
Number of DC inputs pairs for each MPPT	1 in standard and -S version/8 in -SX version
DC connection type	Tool-less PV connector Phoenix Sunclix on -SX version/screw terminal block on standard and -S version
Input protection	
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source
Input over voltage protection for each MPPT - varistor (-/S) version	Yes
Input over voltage protection - plug in modular surge arrester (-SX version)	Type 2
Photovoltaic array isolation control	According to local standard
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	58 A/1000 V, 50 A/1200 V
Fuse rating (versions with fuses)	15 A/1100 V
Output side	
AC grid connection type	Three-phase 3W+PE or 4W+PE
Rated AC power (P_{acr} @cosϕ>0.99)	33 000 W
Maximum apparent power (S_{max})	33 000 VA
Rated AC grid voltage ($V_{ac,r}$)	400 V
AC voltage range	320 to 480 V [1]
Maximum AC output current ($I_{ac,max}$)	50.3 A
Contributory fault current	50.3 A
Rated output frequency (f_r)	50 Hz/60 Hz
Output frequency range (f_{min}...f_{max})	47 to 53 Hz/57 to 63 Hz [2]
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, with P_{acr} = 33.0 kW, adj. ± 0.9 with P_{acr} =29.7 kW, adj. ± 0 to 1 with S = 33.0 kVA
Total current harmonic distortion	< 3%
AC connection type	Fixed plug type connector

ABB string inverter design diagram



Technical data and type

Type designation	33 kW
	PRO-33.0-TL-OUTD
Output protection	
Anti-islanding protection	According to local standard
Maximum external AC overcurrent protection	80 A
Output overvoltage protection - varistor	5
Operating performance	
Maximum efficiency (η_{max})	98.3%
Weighted efficiency (EURO/CEC)	98.0%/98.1%
Feed in power threshold	20 W
Night consumption	< 1 W
Communication	
Remote monitoring	VSN700 Data logger (opt.)
User interface	Detachable graphical display
Environmental	
Ambient temperature range	-25 to +60°C /-13 to 140°F with derating above 45°C/113°F
Relative humidity	0 to 100% condensing
Sound pressure level, typical	67 dBA @ 1 m
Maximum operating altitude without derating	3000 m / 9840 ft
Physical	
Environmental protection rating	IP 65 (IP54 fans)
Cooling	Forced
Dimension (H x W x D) mm/inch	740 x 520 x 300 mm/29.1" x 20.5" x 11.8"
Weight kg/lb	< 66.0 kg/146 lbs (standard version)
Mounting system	Wall bracket
Safety	
Isolation level	Transformerless
Marking	CE, RCM
Safety and EMC standard	IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, EN61000-6-2, AS/NZS 3200, EN61000-6-3, EN61000-3-11, EN61000-3-12
Grid standard (check availability)	CEI 0-21, CEI 0-16, DIN V VDE V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G59/3, C10/11, EN 50438 (not for all national appendices), PPC Greece, RD 1699, RD 413, RD 661, P.O. 12.3, UNE206007-1, AS 4777.2, AS 4777.3, BDEW, NRS-097-2-1, SAGC, MEA, PEA, IEC 61727, IEC 62116, ABNT NBR16149/16150
Available product variants	
Standard	PRO-33.0-TL-OUTD-400
With DC switch	PRO-33.0-TL-OUTD-S-400
With DC switch, fuses and DC surge arresters	PRO-33.0-TL-OUTD-SX-400

[1] The AC voltage range may vary depending on specific country grid standard

[2] The frequency range may vary depending on specific country grid standard

[3] Inverter does not start >1000 V

Remark. Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product

Fuente: *new.abb.com (2020).*

Figura 37
Inversor Yaskawa Solectria Solar

YASKAWA
SOLECTRIA SOLAR

PVI 14TL
PVI 20TL
PVI 23TL
PVI 28TL
PVI 36TL

3-PH TRANSFORMERLESS
STRING INVERTERS

FEATURES

- 600 or 1000 VDC
- Best in class efficiency
- Touch-safe fuses
- Dual & wide MPP tracking zones
- Modbus communications
- Integrated DC fused string combiner
- DC arc-fault protection
- PVI 36TL - HECO and Rule 21 compliant

OPTIONS

- Web-based monitoring
- Shade cover
- DC/AC disconnect covers
- Roof mount array brackets
- DC combiners bypass

SOLECTRIA.COM

3-PH TRANSFORMERLESS STRING INVERTERS

Yaskawa - Solectria Solar's PVI 14TL, PVI 20TL, PVI 23TL, PVI 28TL, and PVI 36TL are compact, transformerless three-phase inverters with a dual MPP tracker. These inverters come standard with AC and DC disconnects, user-interactive LCD, and an integrated fused string combiner. Its small, lightweight design makes for quick and easy installation and maintenance. These inverters include an enhanced DSP control, comprehensive protection functions, and advanced thermal design enabling highest reliability and uptime. They also come with a standard 10 year warranty with options for 15 and 20 years. Options include web-based monitoring, shade cover, DC/AC disconnect covers, DC combiners bypass, and roof mount array bracket.

SPECIFICATIONS	PVI 14TL	PVI 20TL	PVI 23TL	PVI 28TL	PVI 36TL
DC Input					
Absolute Maximum Open Circuit Voltage	600 VDC		1000 VDC		
Operating Voltage Range	180-580 VDC	260-580 VDC	300-900 VDC		240-950 VDC
Max Power Input Voltage Range (MPPT)	300-540 VDC	300-550 VDC	500-800 VDC		540-800 VDC
MPP Trackers	2 with 4-fused inputs per tracker				2 with 5-fused inputs per tracker
Maximum Operating Input Current	25 A per MPPT (50 A)	35 A per MPPT (70 A)	25 A per MPPT (50 A)	29 A per MPPT (58 A)	35 A per MPPT (70 A)
Maximum Available PV Current (Isc x 1.25)	45 A per MPPT (90 A)	45.5 A per MPPT (91 A)	41 A per MPPT (82 A)	48 A per MPPT (96 A)	62.5 A per MPPT (125 A)
Maximum PV Power (per MPPT)	9.5 kW	13.5 kW	15.5 kW	19 kW	27 kW
Strike Voltage	300 V		330 V		
AC Output					
Nominal Output Voltage	208 VAC, 3-Ph	480 VAC, 3-Ph			
AC Voltage Range (Standard)	-12%/+10%				
Continuous Output Power	14 kW	20 kW	23 kW	28 kW	36 kW
Maximum Output Current	39 A	25.5 A	27.7 A	33.7 A	43.5 A
Maximum Backfeed Current	0 A				
Nominal Output Frequency	60 Hz				
Output Frequency Range	59.3-60.5 Hz (adjustable 55-65 Hz)				57-63 Hz
Power Factor	Unity, >0.99 (±0.8 adjustable)	Unity, >0.99 (±0.9 adjustable)	Unity, >0.99 (±0.8 adjustable)		
Fault Current Contribution (1 Cycle RMS)	70.4 A	43.3 A	69.6 A		73.2 A
Total Harmonic Distortion (THD) @ Rated Load	< 3%				
Grid Connection Type	3ø+/N/GND (4-wire)				
Efficiency					
Peak Efficiency	96.6%	97.4%	98.6%		98.5%
CEC Efficiency	96.0%	97.0%	98.0%		
Tare Loss	4 W	2 W			
Integrated String Combiner					
Fused Positions	8 fused positions (4 positions per MPPT) 15 A (fuse by-pass available)				10 fused positions (5 positions per MPPT) 15 or 30 A (30A only for combined inputs)
Temperature					
Ambient Temperature Range	-13°F to +140°F (-25°C to +60°C) Derating occurs over +50°C		-22°F to +140°F (-30°C to +60°C) Derating occurs over +45°C		
Storage Temperature Range	-22°F to +158°F (-30°C to +70°C)				-40°F to +158°F (-40°C to +70°C)
Relative Humidity (non-condensing)	0-95%				
Operating Altitude	13,123 ft/4,000 m (derating from 6,562 ft/2,000 m)				
Data Monitoring					
Optional SolrenView Web-based Monitoring	Integrated				
Optional Revenue Grade Monitoring	External				
External Communication Interface	RS-485 Modbus RTU				
Testing & Certifications					
Safety Listings & Certifications	UL 1741/IEEE 1547, CSA C22.2#107.1, FCC part 15 B				
Testing Agency	ETL		CSA		
Warranty					
Standard	10 year				
Optional	15, 20 year; extended service agreement				
Enclosure					
dBA (Decibel) Rating	< 50 dBA @ 3 m				
AC/DC Disconnect	Standard, fully-integrated				
Dimensions (H x W x D)	41.6 in. x 21.4 in. x 8.5 in. (1057 mm x 544 mm x 216 mm)		39.4 in. x 23.6 in. x 9.1 in. (1001 mm x 600 mm x 232 mm)		
Weight	141 lbs (64 kg)	132 lbs (60 kg)	104 lbs (47.2 kg)		121 lbs (55kg)
Enclosure Rating	Type 4				Type 4X
Enclosure Finish	Polyester powder coated aluminum				

Copyright © Yaskawa - Solectria Solar. All information subject to change without notice. August 2016 DOCR-070252-S

YASKAWA
SOLECTRIA SOLAR

www.solectria.com | inverters@solectria.com | 978.683.9700

Fuente: *solectria.com (2020).*

Figura 38
Inversor Satcon Solar

PV Inverters

PowerGate Plus 30 kW UL

PVS-30-UL

Satcon PowerGate Plus PV inverters are the world's most widely deployed solutions, powering many of the largest commercial and utility-scale solar installations.

Advanced Performance

With their advanced system intelligence, next-generation EDGE® MPPT technology, and industrial-grade engineering, PowerGate® Plus inverters maximize system uptime and power production, even in cloudy conditions.

Utility-Ready Features

- Open communication protocol, compatible with virtually any third-party monitoring system and easily integrated into SCADA systems allowing fast communications
- Remote control of real and reactive power
- Low-voltage ride through
- Power factor control
- Simplified grid interconnection

EDGE MPPT

- Provides rapid and accurate control that boosts PV plant kilowatt yield
- Provides a wide range of operation across all photovoltaic cell technologies

Printed Circuit Board Durability

- Conformal coated to withstand extreme humidity and air-pollution levels

Profitable PV Power

The Satcon® PowerGate® Plus 30 kW PV inverters have a significant impact on the profitability dynamic of large-scale solar PV systems. With its system intelligence, next-generation EDGE® MPPT technology and industrial-grade engineering, the PowerGate Plus 30 kW inverters maximize system uptime and power production, even in the harshest environments.

Advanced, Rugged, and Reliable

Engineered from the ground up to meet the demands of large-scale installations, Satcon PV inverters feature an outdoor-rated enclosure, advanced monitoring and control capabilities and EDGE, Satcon's next-generation MPPT solution.

Proven Performance

The proven leader in solar PV inverter solutions for commercial installations, Satcon sets the standards for efficient large-scale power conversion.

Increased PV Plant Yield

At the heart of PowerGate Plus is EDGE, Satcon's next-generation power optimization solution. With rapid and accurate MPPT control, EDGE increases PV plant kWh yield by extending the production window of arrays, enabling them to operate at optimal voltage and current levels for longer periods of time—even in varied sun conditions. To maximize efficiency, EDGE improves the performance of all PV technologies, including fixed and tracking solar arrays, enabling you to get the most from your investment.

Satcon®

Utility-Ready Solar Inverters

Streamlined Design

With all components encased in a single, space-saving enclosure, PowerGate Plus PV inverters are easy to install, operate and maintain.

Rugged Construction

- Engineered for outdoor environments
- Wide thermal operating range: from -4° F to +122° F (-20° C to +50° C) without derating
- Solar shield attached to exterior of enclosure dissipate solar radiation, reduce heat buildup
- Single cooling fan
- Single cabinet with small footprint

Easy Maintenance

- Modular components make service efficient
- Convenient access to all components
- Customizable large in-floor cable gland plates make installation of DC and AC cables easy
- Integrated DC two-pole disconnect switch isolates the inverter, with the exception of the GFDI (Ground Fault Detection and Interruption) circuit, from the photovoltaic power system to allow inspection and maintenance

Proven Reliability

Rugged and reliable, PowerGate Plus PV inverters are engineered from the ground up to meet the demands of large-scale installations.

Safety

- UBC seismic Zone 4 compliant
- Built-in DC and AC disconnect switches
- Protective covers over exposed power connections

Output Transformer

- Provides galvanic isolation
- Matches the output voltage of the PV inverter to the grid

PowerGate Plus 30 kW Specifications		UL/CSA		
Input Parameters				
Input Voltage Range		305-600 VDC		
Maximum Array Input Voltage		600 VDC		
Maximum Operating Input Current[1]		104 ADC		
PV Array Configuration	Negative Ground	•		
	Positive Ground	•		
DC Input Combiner Options				
Combiner Bus Bar Inputs	•	6		
Number of Inputs and Fuses	○ ○	4 x 50A 5 x 40A		
Transformer				
Integrated Transformer[2]		Yes		
Efficiency				
Maximum[3]		96%	96%	95.8%
CEC		95%		
Output Parameters				
Nominal Power		30 kW		
Nominal Output Voltage		208 VAC	240 VAC	480 VAC
Output Voltage Range, [-12%/10%]		183-229 VAC	211-264 VAC	422-528 VAC
Maximum Output Current/Phase		84 A	72 A	36 A
Standby Consumptions (tare losses including control power and aux.)		76 W	65 W	72 W
Nominal Output Frequency, 3-Phase		60 Hz		
Maximum Harmonic Distortion		<3% THD		
Power Factor, Full Load		>99%		
Dynamic Power Factor Control		+/- 0.8		
Power Curtailment		0-100%, 1% steps		
Environment				
Operating Temperature Range (Nominal Power)		-4° F to +122° F (-20° C to +50° C) (Opt. -40° C to +50° C)		
Storage Temperature Range		-22° F to +158° F (-30° C to +70° C)		
Cooling		Forced Air		
Noise Level (Distance of 3 m)		<65 dB(A)		
Relative Humidity (Non-Condensing)		up to 90%		

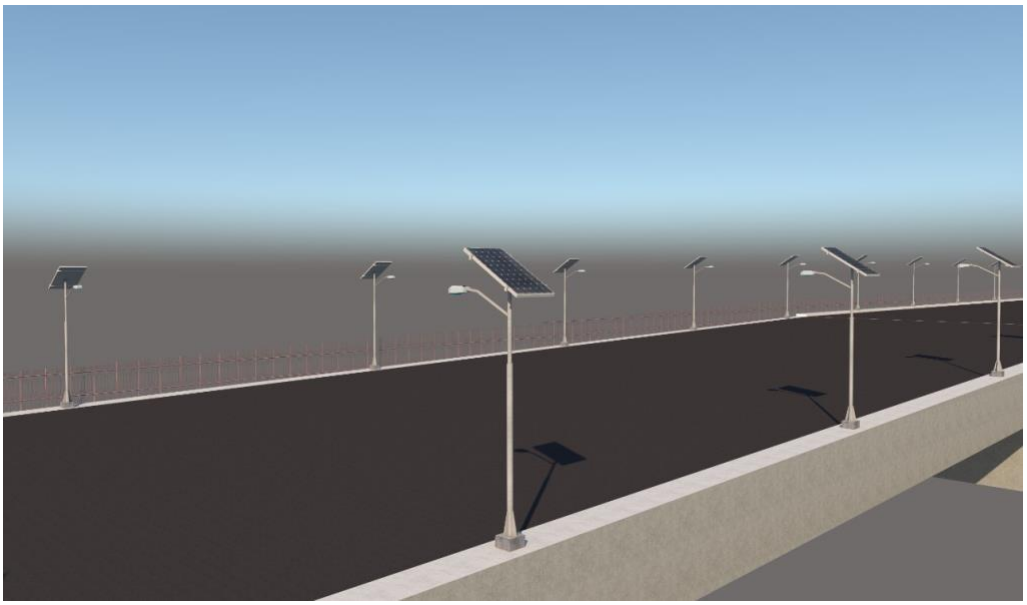
Satcon®
Utility-Ready Solar Inverters

2

Fuente: *satcon.com (2020).*

ANEXO 8: SIMULACIÓN EN 3D DEL PROYECTO

Figura 39
Luminarias Proyectadas



Fuente: *Datos de la Investigación.*

Figura 40
Luminarias Proyectadas

Fuente: *Datos de la Investigación.*

ANEXO 9: UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO

Figura 41
Vista aérea de la Ubicación Geográfica del Proyecto

Fuente: *Datos de la Investigación.*

Figura 42
Vista vial de la Ubicación Geográfica del Proyecto

Fuente: *Datos de la Investigación.*

ANEXO 10: LUMINARIA LED

Figura 43
Luminaria Led con Sensor de Movimiento

Fuente: *Goled.com.*

ANEXO 11: APLICACIÓN PROYECTOS SIMILARES

Figura 44
Luminaria Led con Sensor de Movimiento en otros proyectos

Fuente: *Goled.com.*