



**UNIVERSIDAD CÁTOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

**TEMA:**

Proyecto para el diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo “Cancha Sho” en la Ciudadela Bellavista de la ciudad de Guayaquil.

**AUTOR:**

Quinzo Lucas, Luis Fernando

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de

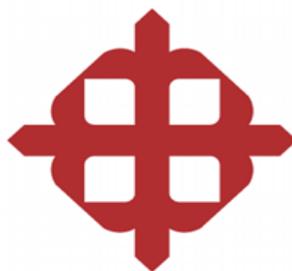
**INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO**

**TUTOR:**

Ing. Echeverría Parra, Ricardo Xavier, M.S.C

Guayaquil – Ecuador

19 de marzo del 2019



**UNIVERSIDAD CÁTOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Quinzo Lucas, Luis Fernando** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico – Mecánico**

**TUTOR:**

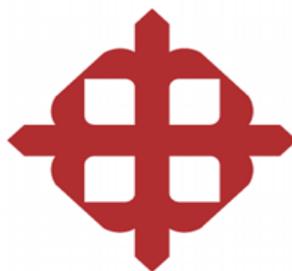
---

**Ing. Echeverría Parra, Ricardo Xavier, M.S.C.**

**DIRECTOR DE CARRERA**

---

**Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando**



**UNIVERSIDAD CÁTOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Quinzo Lucas, Luis Fernando**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación “**Proyecto para el diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo “Cancha Sho” en la Ciudadela Bellavista de la ciudad de Guayaquil.**” previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico – Mecánico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

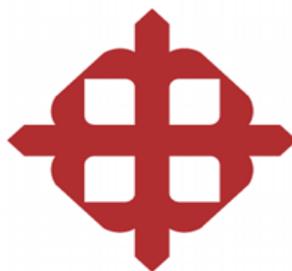
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del trabajo de titulación.

Guayaquil, a los 19 días del mes de marzo del 2019.

**AUTOR:**

---

**QUINZO LUCAS, LUIS FERNANDO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Quinzo Lucas, Luis Fernando**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación, **“Proyecto para el diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo “Cancha Sho” en la Ciudadela Bellavista de la ciudad de Guayaquil.”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

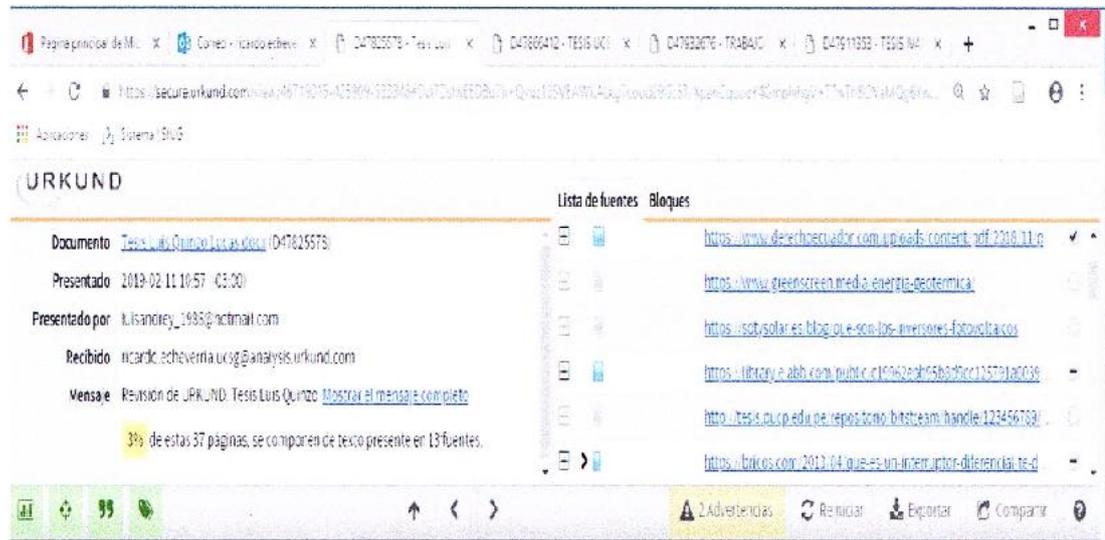
Guayaquil, a los 19 días del mes de marzo del 2019.

**AUTOR:**

---

**QUINZO LUCAS, LUIS FERNANDO**

## REPORTE URKUND



The screenshot displays the URKUND report interface. On the left, the document details are as follows:

- Documento:** Tesis Luis Quinzo Lucas Quinzo (047625575)
- Presentado:** 2019-02-11 10:57 - 03:00
- Presentado por:** luisandrey\_1993@hotmail.com
- Recibido:** ricardoc.echeverria.ucog@analysis.orkund.com
- Mensaje:** Revisión de URKUND: Tesis Luis Quinzo. [Mostrar el mensaje completo](#)

Below the message, a yellow highlight indicates: "3% de estas 37 páginas, se componen de texto presente en 13 fuentes."

On the right, the "Lista de fuentes" (List of sources) section shows 13 sources with their respective URLs and icons for document type and status:

- <https://www.derechoecuador.com/uploads/content/pdf/2018/11/0...>
- <https://www.greenscreen.media/energia-geotermica/>
- <https://sdtysolar.es/blog/que-son-los-inversores-fotovoltaicos>
- <https://library.abb.com/public/616962ed6f5b5d3cc1157a1a0038>
- [http://tesis.cuq.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/...](http://tesis.cuq.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/)
- <https://bricos.com/2012/04/que-es-un-interruptor-diferencial-te-d>

The interface also includes a top navigation bar with browser tabs, a search bar, and a bottom toolbar with icons for printing, refreshing, and other actions.

Reporte Urkund del trabajo de titulación **“Proyecto para el diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo “Cancha Sho” en la Ciudadela Bellavista de la ciudad de Guayaquil.”** del estudiante **Quinzo Lucas, Luis Fernando** al 3 % de coincidencias.

## **Agradecimiento**

Durante todos estos años, el despertarme en la mañana apreciando salir el sol para asistir a clases y respirar el aire de limpio del despertar de la ciudad o llegar a casa cuando se escucha el sonido de la calle en su descanso, es sin duda unas de la experiencia más agradables que he pasado en mi vida universitarias, por tal motivo mi profundo agradecimiento a Dios, mi padre celestial, por tenerme con vida y darme la oportunidad de sentir lo dulce y lo amargo que viví durante todo este tiempo en la facultad. Solo él sabe cuántas veces he pedido por su ayuda y su misericordia.

A mi papá Fernando Quinzo, mamá Grace Lucas, hermanas Magdalena y Melissa por su ayuda, consideración y respaldo en todos estos años de carrera universitaria.

A todos mis docentes que he tenido el agrado de conocerlo y tratado durante todos estos años, brindándome su conocimiento sin ningún impedimento y por el respaldo otorgado a mí persona. A mi tutor de tesis el Ing. Ricardo Echeverría durante el periodo de titulación que, con su ayuda y consejos he logrado salir adelante en estos últimos pasos en mi tesis.

Quinzo Lucas, Luis Fernando

## **Dedicatoria**

Por algunas mañanas, tardes y noches que han sentido mi ausencia, por los momentos que no he podido compartir con ellos, con estas palabras les digo cuanto los amo y que el esfuerzo que hago es por ustedes Alicia e Isaías mis hijos queridos.

A mi esposa la Dra. Dorys Elizabeth Pazmiño Rojas especialmente se lo dedico a ella. Por su personalidad, sus ganas de triunfar y seguir preparándose profesionalmente son para mí el ejemplo de persona y una mujer que siempre quise tener a mi lado, y que gracias a Dios me dio la oportunidad de que seas mi compañera de vida. Por todo esto y por el futuro que nos depara.



**UNIVERSIDAD CÁTOLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

Ing. Romero Paz, Manuel De Jesús

**DECANO**

f. \_\_\_\_\_

Ing. Philco Asqui, Luis Orlando

**COORDINADOR DE TITULACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

Ing. Efraín Oswaldo, Suarez Murillo

**OPONENTE**

## INDICE GENERAL

Índice de gráficos.....	XII
Índice de tablas.....	XIII
Resumen .....	XIV
Abstract .....	XV
Capítulo 1 .....	1
1.1    Introducción.....	1
1.2    Justificación .....	2
1.3    Planteamiento del problema .....	2
1.3.1    Formulación de variables de investigación .....	2
1.3.1.1    Variable independiente.....	2
1.3.1.2    Variable dependiente .....	2
1.4    Objetivos .....	3
1.4.1    Objetivo general.....	3
1.4.2    Objetivo específico .....	3
1.5    Hipótesis.....	3
1.6    Metodología de la investigación .....	3
1.6.1    Investigación explicativa .....	3
1.6.2    Investigación documental .....	3
1.6.3    Investigación descriptiva.....	4
Capítulo 2.....	5
2.1    El sol y tipos de radiaciones .....	5
2.1.1    Radiación solar .....	5
2.1.2    Irradiancia solar .....	5
2.1.3    Irradiación solar.....	6
2.1.4    Radiación directa.....	6
2.1.5    Radiación indirecta .....	6
2.1.6    Radiación del albedo .....	6
2.1.7    Radiación global.....	6
2.1.8    Disponibilidad de radiación solar en Ecuador .....	8
2.1.9    Efecto invernadero.....	9
2.1.10    Efecto fotoeléctrico.....	10
2.2    La energía.....	10

2.2.1	La energía cinética .....	10
2.2.2	La energía potencial .....	10
2.3	Energía no renovable .....	11
2.3.1	El petróleo .....	12
2.3.2	Gas natural .....	12
2.3.3	El carbón mineral .....	12
2.4	Energía renovable .....	12
2.4.1	Energía hidráulica .....	14
2.4.2	Energía geotérmica .....	14
2.4.3	Energía mareomotriz .....	16
2.4.4	Energía por biomasa.....	17
2.5	<b>Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico</b> .....	18
2.5.1	<b>Sistema Híbrido</b> .....	18
2.6	<b>Energía Eólica</b> .....	18
2.6.1	<b>Aerogeneradores</b> .....	21
2.6.2	<b>Tipos de aerogeneradores</b> .....	22
2.6.3	<b>Partes de un aerogenerador</b> .....	23
2.6.4	<b>Causa de los vientos</b> .....	23
2.6.5	<b>Ventajas y desventajas de la energía eólica</b> .....	24
2.7	<b>Energía solar</b> .....	25
2.8	<b>Energía solar fotovoltaica</b> .....	25
2.8.1	<b>Células solares</b> .....	26
2.8.1.1	<b>Células de silicio monocristalino</b> .....	28
2.8.1.2	<b>Células de silicio policristalino</b> .....	28
2.8.1.3	<b>Células de silicio amorfo</b> .....	29
2.8.2	<b>Paneles solares y estructura</b> .....	29
2.8.3	<b>Elementos del sistema eólico – fotovoltaico</b> .....	31
2.8.3.1	<b>Regulador de cargas</b> .....	31
2.8.3.2	<b>Baterías o acumuladores</b> .....	32
2.8.3.3	<b>Inversores</b> .....	33
2.8.3.4	<b>Diodo</b> .....	34
2.9	<b>Principios elementales de la electricidad y accesorios</b> .....	35
2.9.1	<b>Corriente eléctrica</b> .....	35
2.9.2	<b>Voltaje o Tensión</b> .....	35
2.9.3	<b>Potencia</b> .....	36
2.9.4	<b>Resistencia eléctrica</b> .....	36

2.9.5	Conductor.....	36
2.9.6	Tablero de control .....	37
2.9.7	Diagrama unifilar .....	37
2.10	Protecciones eléctricas en el sistema fotovoltaico .....	38
2.10.1	Puesta a tierra .....	38
2.10.2	Interruptores diferenciales.....	41
2.10.3	Contactador.....	42
2.10.4	Magnetotermico .....	42
2.11	Mantenimiento del sistema eólico - fotovoltaico .....	42
2.12	Ventajas y desventajas del sistema eólico - fotovoltaico.....	45
2.13	Iluminación.....	47
2.14	Regulación para los sistemas híbrido eólico - fotovoltaico en Ecuador .....	48
<b>Capítulo 3</b> .....		<b>50</b>
<b>Diseño y cálculos para el sistema híbrido</b> .....		<b>50</b>
3.1	Información general del complejo.....	50
3.2	Datos climatológicos de la ciudad de Guayaquil .....	51
3.3	Cálculos para el sistema híbrido .....	51
3.4	Calculo de la iluminación del complejo .....	52
3.5	Levantamiento de la potencia eléctrica instalada en el complejo....	53
3.6	Dimensionar los aerogeneradores .....	54
3.7	Selección del regulador de cargas para los aerogeneradores.....	55
3.8	Ubicación de los paneles solares.....	57
3.9	Dimensionar paneles solares .....	57
3.10	Selección del regulador de cargas para los paneles .....	59
3.11	Calculo de banco de baterías .....	60
3.12	Selección de Inversor .....	62
3.13	Costo de la instalación eléctrica híbrido .....	63
<b>Capítulo 4</b> .....		<b>64</b>
4.1	Conclusiones.....	64
4.2	Recomendaciones.....	65
<b>Bibliografía</b> .....		<b>66</b>
<b>Anexos</b> .....		<b>74</b>

## Índice de gráficos

Figura 2. 1 Mapa Isohelias promedio .....	9
Figura 2. 2: Conservación de la energía .....	11
Figura 2. 3: Capacidad global de energía renovable, 2007-2017 .....	13
Figura 2. 4: Ubicación de los prospectos geotérmicos del Ecuador .....	16
Figura 2. 5: Velocidad máxima del viento en Ecuador .....	20
Figura 2. 6: Atlas Eólico del Ecuador .....	21
Figura 2. 7: Tipos de aerogenerador.....	22
Figura 2. 8: Capacidad global de energía solar fotovoltaica, por país o región, 2007-2017 .....	26
Figura 2. 9: Estructura de una célula solar.....	27
Figura 2. 10: Efecto de temperatura en la curva V-I de una célula fotovoltaica sometida a una determinada irradiancia .....	28
Figura 2. 11: Estructura de un módulo solar .....	29
Figura 2. 12: Energía anual recibida de acuerdo al grado de inclinación .....	31
Figura 2. 13: Puesta a tierra de los paneles solares. ....	39
Figura 2. 14: Esquema TN-C .....	40
Figura 2. 15: Esquema TN-S .....	40
Figura 2. 16: Esquema TT .....	40
Figura 2. 17: Esquema IT .....	41
Figura 3. 1: Ubicación del complejo en el mapa.....	50

## Índice de tablas

Tabla 2. 1: Zona del Ecuador según irradiación solar .....	6
Tabla 2. 2: Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador .....	7
Tabla 2. 3: Valores mensuales promedio de irradiación solar en Guayaquil ..	8
Tabla 3. 1: Potencia total del complejo deportivo .....	53
Tabla 3. 2: Cotización de materiales .....	63

## Resumen

El presente trabajo, está realizado con el fin de realizar un diseño y estudio eléctrico de fuentes renovable por medio de la energía solar y eólica o también conocida “hibrido”, el estudio que se ha efectuado es mediante métodos investigativos como los textos documentados, descriptivos y explicativos donde se indica los motivos del efecto invernadero debido a los derivados del petróleo y sus gases tóxicos, como también el esfuerzo por reducir estas problemáticas con los índices de productividad que existen en todo el mundo con la energía fotovoltaica y eólica. Estos sistemas son por consiguientes una fuente inagotable de energía por lo que este trabajo se presenta estudios ya realizados por otros autores de los niveles de energía solar que puede entregar el sol como así también estudios de velocidades de vientos de todas las regiones del Ecuador. También se describirá el cómo obtener las demandas de energía que requieren el sistema hibrido para el buen comportamiento de los paneles solares y no estén afectados por puntos calientes producido por su alta temperatura, además del cuidado que se debe de tener al manejar ciertas tensiones en banco de baterías como sus debidas protecciones que se deben incorporar al sistema, además de como dimensionar correctamente los reguladores, inversores y baterías con pasos que hay que seguir para realizar una instalación segura y confiable.

**PALABRAS CLAVES: FUENTES RENOVABLES; SISTEMA HIBRIDO; EFECTO INVERNADERO; PUNTOS CALIENTES; ENERGÍA EÓLICA.**

## **Abstract**

The present work is carried out in order to carry out an electrical design and study of renewable sources by means of solar and wind energy or also known as "hybrid", the study that has been carried out by means of investigative methods such as documented, descriptive texts and explanatory statements indicating the reasons for the greenhouse effect due to petroleum products and their toxic gases, as well as the effort to reduce these problems with the productivity indexes that exist worldwide with photovoltaic and wind energy. These systems are therefore an inexhaustible source of energy so this work presents studies already conducted by other authors of solar energy levels that can deliver the sun as well as studies of wind speeds of all regions of Ecuador. It will also describe how to obtain the energy demands that the hybrid system requires for the good behavior of the solar panels and not be affected by red dots caused by its high temperature, in addition to the care that must be taken when managing certain bank tensions. of batteries as their proper protections that must be incorporated into the system, as well as how to properly size the regulators, inverters and batteries with steps that must be followed to perform a safe and reliable installation.

**KEYWORDS: RENEWABLE SOURCES; HYBRID SYSTEM;  
GREENHOUSE EFFECT; HOT POINTS; WIND POWER.**

# Capítulo 1

## 1.1 Introducción

Durante el periodo de la revolución industrial que se originó en Gran Bretaña en el comienzo del siglo XVIII hasta la actualidad de nuestros tiempos son las máquinas de combustión que proporcionan a las empresas los mayores ingresos económicos, pero son estas que han perjudicado en un porcentaje importante al planeta tierra. Desde las talas de los arboles hasta los gases tóxicos CO<sub>2</sub> que emanan estas grandes compañías, la capa de ozono se sigue deteriorando paulatinamente teniendo como causa el efecto invernadero ocasionando daños a ciudades como a la gente que los rodean. Las Naciones Unidas con el Plan Kyoto en el año 1995 y el Acuerdo de Paris en 2016 son unos de los principales ejemplos de cómo la humanidad está combatiendo este mal.

Es importante destacar que se encuentran alternativas para contrarrestar este problema. Siendo la energía renovable una de los principales métodos para disminuir el problema ambiental, entre ellas podemos mencionar la Eólica, Hídrica, Fotovoltaica, mareomotriz y otra que con el tiempo se pueda descubrir. Por lo tanto, de este trabajo entenderemos el papel fundamental de una de estas energías, la cual destacaremos la energía solar fotovoltaica, siendo esta una de las fuentes más confiables para proporcionar electricidad y reemplazar las plantas termoeléctricas, nucleares, etc., que consumen toneladas de combustibles derivados del petróleo para generar energía eléctrica para la distribución en general.

En cuanto a estos rayos ultravioletas y sus aplicaciones fueron estudiada por primera vez por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel y en el año de 1833 aplicada por el inventor norteamericano Charles Fritts creado con semiconductores de Selenio y capas delgadas de Oro hasta la actualidad que se disponen con diversos materiales que se usan para su fabricación.

Como consecuencia a esto los países proporcionan energía fotovoltaica a su red eléctrica se destaca por Europa, Alemania con 20.000 MW y América del Sur, el país de Chile alrededor de 700 MW. En Ecuador el proyecto de Energía

Fotovoltaica se basa en entregar este beneficio a zonas retiradas como la región del oriente ecuatoriano donde es difícil el acceso de redes eléctricas, y en lugares de la ciudad que por iniciativa propia eligen este medio de energía renovable siendo este para bajar costos monetarios en sus facturas eléctricas.

En este trabajo de titulación está dirigido al uso indispensable e importancia de las energías renovables en nuestro país y en especial a la manera más eficiente de conseguir energía limpia, por lo consiguiente se diseñará un sistema híbrido eólico-solar donde se entregará un esquema eléctrico para el complejo deportivo “Cancha Sho” en la Ciudadela Bellavista de la Ciudad de Guayaquil

## **1.2 Justificación**

En primer lugar, la energía fotovoltaica es uno de los recursos que está a disposición de todo el mundo y ya que nuestro país y especialmente en Guayaquil tenemos un grado moderado de radiación solar se puede sacar beneficioso de ellos, con las instalaciones de paneles solares para suministrar energía a casas, edificios, complejos deportivos y hasta compañías.

En segundo aspecto el uso de esta tecnología de energía renovable promueve el descenso en gastos económicos con respecto a la facturación de energía eléctrica, siendo este proyecto para un área de entretenimiento el cual no se usará en largas horas del día. Además de tener beneficios a largo plazo ya que los paneles solares tienen una larga vida útil de hasta 10 años.

## **1.3 Planteamiento del problema**

Falta de un diseño de generación eléctrica por medio de un sistema híbrido eólico-solar para las áreas comunes e iluminación del complejo deportivo “Cancha Sho” ubicado en la ciudadela Bellavista en la ciudad de Guayaquil.

### **1.3.1 Formulación de variables de investigación**

#### **1.3.1.1 Variable independiente**

Generación Eléctrica

#### **1.3.1.2 Variable dependiente**

Sistema eólico - fotovoltaico

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Estudiar y diseñar de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo “Cancha Sho” ubicado en la ciudadela Bellavista de la ciudad de Guayaquil.

### **1.4.2 Objetivo específico**

Estudiar la demanda eléctrica requerida para el funcionamiento de áreas comunes e iluminación del complejo deportivo “Cancha Sho”.

Establecer el diseño de un plano eléctrico requerido para el complejo deportivo “Cancha Sho”.

Calcular la potencia requerida para la instalación de un sistema eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo “Cancha Sho”.

## **1.5 Hipótesis**

La instalación de un sistema híbrido de energía renovable ayudará a bajar el índice de las emisiones de gases tóxicos y el propietario tendrá autonomía con el servicio eléctrico.

## **1.6 Metodología de la investigación**

### **1.6.1 Investigación explicativa**

La investigación explicativa se orienta a establecer las causas que originan un fenómeno determinado. Se trata de un tipo de investigación cuantitativa que descubre el por qué y el para qué de un fenómeno. Se revelan las causas y efectos de lo estudiado a partir de una explicación del fenómeno de forma deductiva a partir de teorías o leyes. La investigación explicativa genera definiciones operativas referidas al fenómeno estudiado y proporciona un modelo más cercano a la realidad del objeto de estudio. (Yanez, 2018)

### **1.6.2 Investigación documental**

La investigación documental depende fundamentalmente de la información que se recoge o consulta en documentos, entendiéndose este término, en sentido amplio, como todo material de índole permanente, es decir, al que se puede acudir como fuente o referencia en cualquier momento o lugar, sin que

se altere su naturaleza o sentido, para que aporte información o rinda cuentas de una realidad o acontecimiento. (Cazares Hernández, Christen, Jaramillo Levi, Villaseñor Roca, & Zamudio Rodríguez, 1990, p. 18)

### **1.6.3 Investigación descriptiva**

Este tipo de investigación según Cerda (como se citó en Bernal Torres, Salavarieta, Sánchez Amaya, & Salazar, 2006, p. 112) piensa que “tradicionalmente se define la palabra *describir* como el acto de representar, reproducir o figurar a persona, animales o cosas”.

“Es uno de los tipos o procedimiento investigativo más populares y utilizados por los principiantes en la actividad investigativa. Los trabajos de grado, en los pregrados y en muchas de las maestrías, son estudios de carácter eminentemente descriptivo.”(Bernal Torres et al., 2006, p. 112)

## Capítulo 2

### 2.1 El sol y tipos de radiaciones

El sol es la fuente principal de energía de todo el sistema solar, el planeta tierra depende de ella para conservar un estado de confort, el desprendimiento de rayos ultravioletas es capaz de brindar suministro de energía a todos los seres vivientes de este planeta, por ejemplo con la fotosíntesis de las plantas que nos brinda sus frutos para alimentarnos, con la transformación a lo largo de los años en los derivados de los combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural), su incidencia en los vientos donde se produce la energía eólica, en los mares con la energía mareomotriz y especialmente los rayos ultravioleta con la energía solar térmica y fotovoltaica (Vázquez Abeledo, 2005).

“El sol es una esfera de gas compuesto, 90 % de hidrogeno, 7 % de helio y aproximadamente un 3 % del resto de elementos químicos, en él se producen millones de reacciones nucleares por medio de la fusión” (Tobajas, 2017, p. 9)”.

#### 2.1.1 Radiación solar

Esta radiación que se traslada a través del espacio es el resultado de un proceso de fusión nuclear enviada desde el sol como ondas electromagnéticas hacia la tierra con una velocidad de 300 km/s donde llegan como ondas electromagnéticas. El primer parámetro para la radiación solar que podemos determinar a partir de la radiación es la temperatura. Su cálculo necesita de dos cálculos previos importantes. Por un lado, se deberá medir la energía solar que nos llega a la superficie terrestre, y por otro, entender como esta radiación se relaciona con la temperatura del cuerpo que la emite. (Vázquez Abeledo, 2005, p. 28)

#### 2.1.2 Irradiancia solar

Se mide en  $W/m^2$  o  $KW/m^2$  y se denomina la potencia que es recibida por la radiación solar que proviene del espacio (Tobajas Vázquez, 2015, p. 36).

### 2.1.3 Irradiación solar

Es la energía que se recibe en la superficie por un determinado lapso de tiempo y esta se mide por  $W \cdot h/m^2$  o  $KW \cdot h/m^2$  (Tobajas Vásquez, 2015, p. 36).

### 2.1.4 Radiación directa

Es la que llega directamente del Sol, quiere decir que no son dispersados por la atmosfera (Tobajas Vásquez, 2015, p. 40).

### 2.1.5 Radiación indirecta

Es la que llega de todo el cielo y los que son dispersado por la atmosfera (Tobajas Vásquez, 2015, p. 40).

### 2.1.6 Radiación del albedo

Es el efecto que produce al ser reflejado en el suelo, por consecuencia a la reflexión de parte de la radiación de los rayos ultravioleta.(Tobajas Vásquez, 2015, p. 40).

### 2.1.7 Radiación global

Es el conjunto de las tres radiaciones presentadas (Tobajas Vásquez, 2015, p. 40).

Tabla 2. 1: Zona del Ecuador según irradiación solar

Zonas	Kwh/m <sup>2</sup> .dia
Zona I:	3200 a 3600
Zona II:	3600 a 4000
Zona III:	4000 a 4400
Zona IV:	4400 a 4800
Zona V:	4800 a 5200

Fuente: (MIDUVI, 2011, p. 19)

Tabla 2. 2: Valores promedio de irradiación solar de ciertas zonas del Ecuador

Provincia	Ciudad	Wh/m <sup>2</sup> .dia promedio	Zona
Carchi	Tulcán	4140	II
Esmeralda	Esmeralda	4350	II
Imbabura	Ibarra	4560	IV
Manabí	Portoviejo	4160	III
Pichincha	Quito	4990	IV
Tsáchilas	Sto. Domingo	3440	III
Cotopaxi	Latacunga	4420	IV
Napo	Tena	4350	II
Santa Elena	Salinas	4360	II
Guayas	Guayaquil	4370	III
Los Ríos	Babahoyo	3780	III
Bolívar	Guaranda	4800	IV
Tungurahua	Ambato	4550	III
Chimborazo	Riobamba	4490	II
Pastaza	Puyo	3800	II
Cañar	Azogues	4500	III
Morona Santiago	Macas	4090	II
Azuay	Cuenca	4350	II
El Oro	Machala	4200	II
Loja	Loja	4350	II
Zamora Chinchipe	Zamora	4350	II
Galápagos	Puerto Ayora	4835	V

Fuente: (MIDUVI, 2011, p. 20)

Tabla 2. 3: Valores mensuales promedio de irradiación solar en Guayaquil

<b>Irradiación solar global promedio mensual en Guayaquil KWh/m<sup>2</sup>.dia</b>	
Latitud	2,2 S
Longitud	79,88 W
Años de lectura	9
Enero	4
Febrero	4,17
Marzo	4,67
Abril	4,58
Mayo	4,56
Junio	3,86
Julio	4,17
Agosto	4,5
Septiembre	4,67
Octubre	4,56
Noviembre	4,31
Diciembre	4,44
<b>Promedio</b>	<b>4,37</b>

Fuente: (MIDUVI, 2011, p. 21)

### 2.1.8 Disponibilidad de radiación solar en Ecuador

Ecuador se encuentra ubicado al oeste del meridiano de Greenwich, al encontrarse en la línea equinoccial el sol tiene pocos cambios de direcciones durante todo el año lo cual implica a una buena energía solar que puede ser empleada para producir energía eléctrica y calor, esto es debido a las extensas horas de calor que hay en el día. (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (MIDUVI), 2011, p. 18)

Hay que tener en cuenta que para aprovechar la mayor cantidad de radiación para producir electricidad el ángulo de los colectores ha de tener 15°. (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (MIDUVI), 2011, p. 18)

El CONELEC contrató en el año 2008 la elaboración del Mapa Solar del Ecuador, y se basa en datos tomados de sistemas satelitales del

NREL (National Renewable Energy Laboratory) de los Estados Unidos entre 1985 y 1991 que interpola la información a celdas de 1 km<sup>2</sup> . Se muestra información sobre las insolaciones directa (isohelias a 300 Wh/m<sup>2</sup> .día), difusa (isohelias a 100 wh/m<sup>2</sup> .día) y global (isohelias a 150 Wh/m<sup>2</sup> .día) para cada mes del año y el promedio anual.(Ministerio de desarrollo urbano y vivienda (MIDUVI), 2011, p. 19)

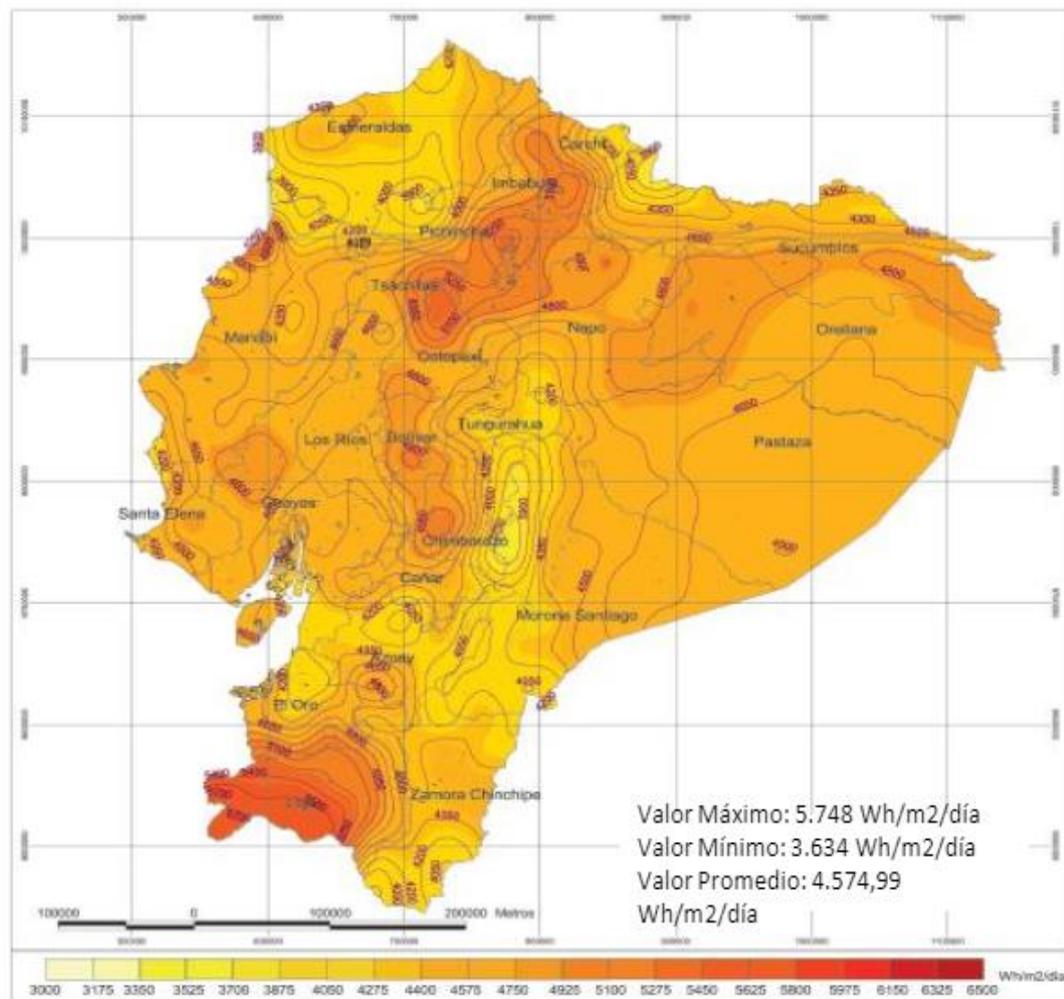


Figura 2. 1 Mapa Isohelias promedio  
 Fuente: (MEER, 2015, p. 14)

### 2.1.9 Efecto invernadero

Este fenómeno, también conocido como “efecto invernadero”, es cuantificado en función de la emisividad de la atmósfera a través de la variación de tres parámetros: la temperatura efectiva, atmosférica y superficial del planeta (Peñaloza, 2006, p. 1).

### **2.1.10 Efecto fotoeléctrico**

Se conoce como efecto fotoeléctrico a los metales que tienen la propiedad de emitir electrones cuando están propenso a la irradiación de niveles de frecuencia de luz ultravioleta (Rodríguez Meza & Cervantes Cota, 2006, p. 304).

Las aplicaciones del efecto fotoeléctrico las encontramos en: cámaras, en el dispositivo que gobierna los tiempos de exposición; en detectores de movimiento, en el alumbrado público, como regulador de la cantidad de toner en las maquinas copiadoras, en las celdas solares muy útiles en satélites, en calculadoras y en relojes.(Rodríguez Meza & Cervantes Cota, 2006, p. 311)

## **2.2 La energía**

“La energía de una partícula es una medida de la capacidad que posee la partícula de realizar trabajo” (Trenzado Diepa, 2014).

Su unidad de medida que la representa en es el Joule (J), además, la ley de conservación indica que toda clase de energía que se estudie no hay como crearla ni destruirla, solo podemos transformarla, como por ejemplo que la energía mecánica pueda convertirse en energía eléctrica (Burgos-Olavarría, 2010, p. 9).

### **2.2.1 La energía cinética**

Energía cinética es la que tiene un cuerpo por desplazarse a determinada velocidad. Realmente resulta un poco sorprendente que un cuerpo, por el mero hecho de moverse, tenga un tipo de energía, pero no tenemos más que pensar que efectivamente, en caso de un choque, por ejemplo, este cuerpo es capaz de producir un trabajo (de deformación o del tipo que sea) y por lo tanto debe de tener una energía (Bragado, 2004, p. 41).

### **2.2.2 La energía potencial**

“La energía potencial es aquella relacionada con fuerzas conservativas.” (Bragado, 2004, p. 43).

Esta energía es la que posee un cuerpo donde solo se encuentre en algún lugar del espacio. Esto se puede entender cuando un objeto es situado a una

altura determinada con respecto al suelo, este ya tiene una energía cuando cae al suelo que puede ser beneficioso para realizar un trabajo (Bragado, 2004, p. 43).

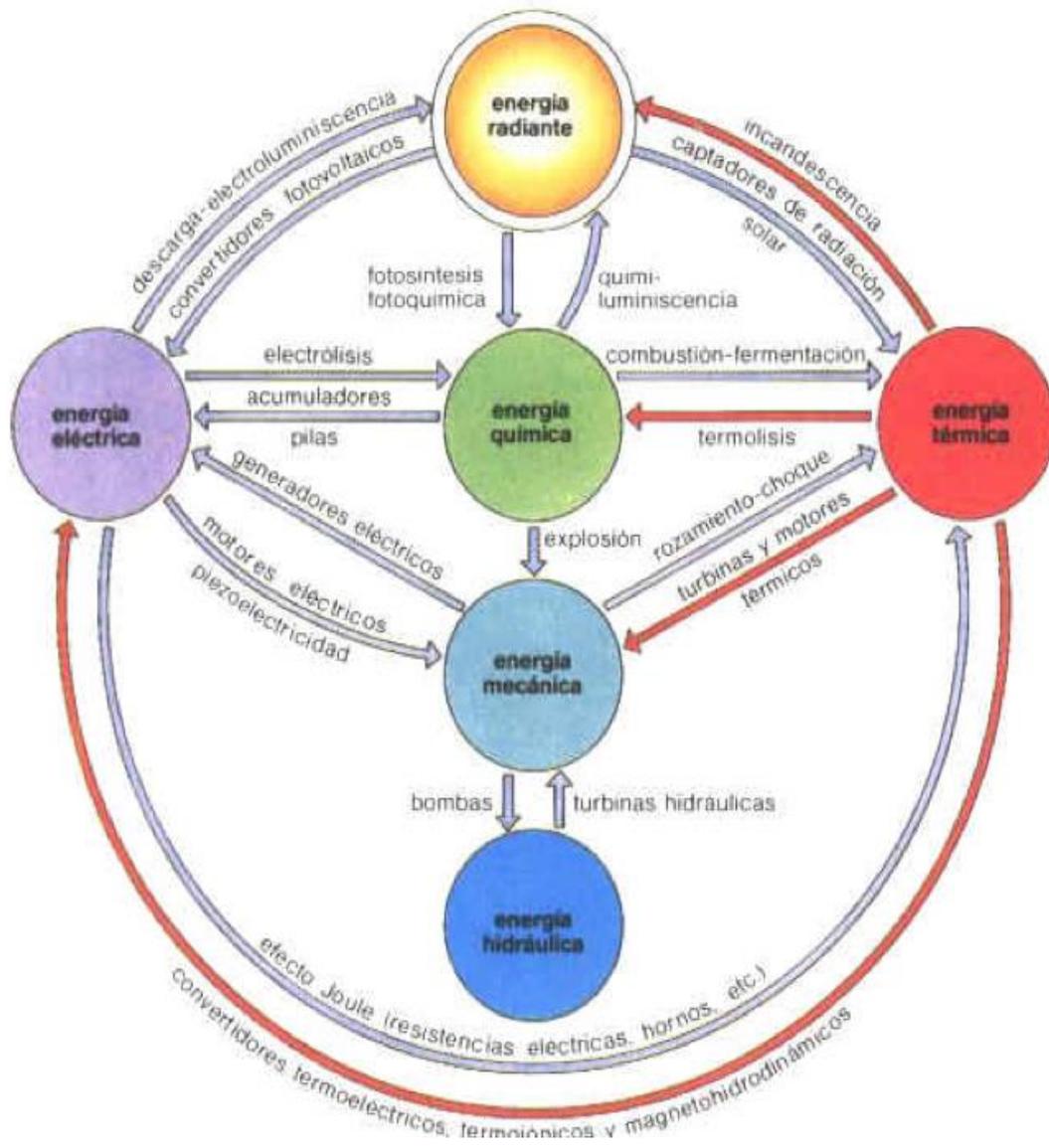


Figura 2. 2: Conservación de la energía  
Fuente: (Martínez Salas, 2013)

### 2.3 Energía no renovable

“Se denomina fuentes de energía no renovables a aquellas que se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas. No se regeneran o lo hacen en forma extremadamente lenta” (NIEM (Ministerio de industria, energía y minería), 2014).

Esta energía no renovable son los combustibles fósiles, de la transformación de los animales y plantas prehistóricos que provocado por la presión de las capas terrestre ,el calentamiento del sol y cambios químicos surgieron los que hoy denominamos el petróleo, gas natural y carbón mineral (educadocum, 2017).

### **2.3.1 El petróleo**

Es un aceite natural constituido por una mezcla de hidrocarburos provenientes de antiguos restos de organismos vegetales, acuáticos, entre otros, depositado por miles de años y sometidos a presiones y cambios químicos en el subsuelo (Villalba Hervás, s. f., p. 8).

### **2.3.2 Gas natural**

Puede aparecer donde se encuentre el petróleo, pero no siempre. Este es una mezcla inflamable con algunos tipos de hidrocarburos como el metano  $CH_4$ , etano  $C_2H_6$ , dióxido de carbono  $CO_2$ , hidrogeno  $H_2$ , azufre y otros gases inertes y una de sus características que es menos pesado que el aire (Villalba Hervás, s. f., p. 12).

### **2.3.3 El carbón mineral**

Es una sustancia fósil localizado bajo la capa terrestre de origen vegetal, el cual es resultante de la alteración de la materia orgánica de la vegetación, pantanos, lagunas de miles de millones años atrás (Villalba Hervás, s. f., p. 3).

## **2.4 Energía renovable**

Esta energía en la actualidad es una de las menos consumida pero que poco a poco está avanzado en el medio, tanto de generación, empresa y domicilios. En tanto (Spiegeler & Cifuentes, s. f.) indica “Se denomina Energía Renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales”.

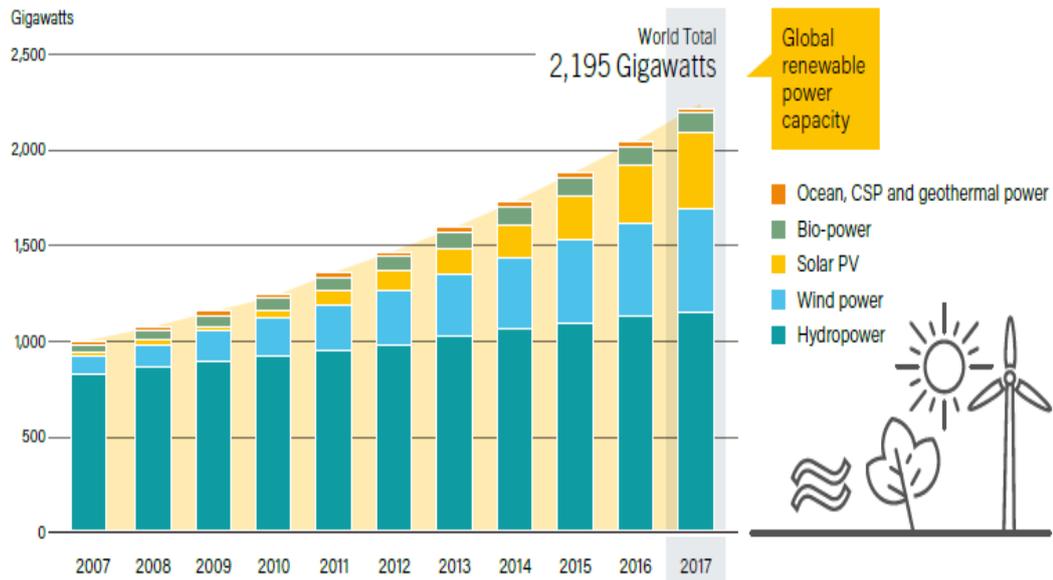


Figura 2. 3: Capacidad global de energía renovable, 2007-2017

Fuente: (REN21, 2018, p. 41)

En 2014, el 83% de la demanda de energía provino de fuentes fósiles. Por ejemplo, el 31% de la energía consumida en el país fue en forma de diésel y el consumo de gasolinas representó el 28% del total de la energía demandada, mientras que el 14% del consumo correspondió a electricidad. La transportación basada en el uso de gasolina y diésel (combustibles fósiles) fue el principal demandante al representar el 42% del total, según el Balance Energético Nacional 2015, el último disponible. (EL UNIVERSO, 2017)

Actualmente, las islas que forman las provincias de Galápagos (Baltra y Santa Cruz) se abastecen el 69,61 % de energía a través de combustibles fósiles; el 19,33% es a través de la energía eólica, con un 10,33% la energía es generada por el sol (fotovoltaica). En conclusión, solo el 30% de la energía eléctrica que abastece a las islas son renovables (Almeida, 2014).

Según referencias de (ELECGALAPAGOS, s. f.) entre los proyectos de generación para el consumo eléctrico de la provincia de Galápagos la compañía Elecgalapagos actualmente con la ayuda del MEER y cooperación internacional de países amigos la conforman los siguientes proyectos:

- Proyecto Eólico Santa Cruz – Baltra.
- Proyecto Fotovoltaico Pto. Ayora.
- Proyecto Fotovoltaico y Baterías Baltra.
- Proyecto Sistema Híbrido Isabela. (Sistema fotovoltaico, operando desde el 2006/ sistema térmico dual operando desde el 2011)
- Proyecto Sistema Híbrido Floreana. (Sistema fotovoltaico y térmico dual (diésel y piñón))(ELECGALAPAGOS, s. f.).

Dentro de esta clasificación se encuentra la energía hidráulica, ya que se encuentra a gran escala en sin números de países de todo el mundo (Paz Ávila, 2005).

En esta distribución de energías renovables podemos mencionar aquellas que están despegando en sus fabricaciones y por lo tanto en sus instalaciones, tenemos la eólica, geotérmica, mareomotriz, solar, biomasa (Paz Ávila, 2005).

#### **2.4.1 Energía hidráulica**

El desarrollo de la transformación de energía potencia en cinética (mecánica) a la energía hidroeléctrica (eléctrica) se debe al fenómeno gravitatorio. Esta energía hay que manejarse dos conceptos relacionados con la mecánica de fluidos derivándose de ellas la hidrostática y la hidrodinámica que se aplican a la conversión de energía (Ortiz Flórez, 2011, pp. 15-16).

El aprovechamiento de la gravedad es la principal fuerza que es necesario para transformar de la energía potencia a energía cinética del agua, donde pasa por conductos de grandes diámetros a turbinas de grandes velocidades de esa manera iniciando un movimiento de rotación donde llega a los generadores eléctricos (Rojas Benites, Álamo Peña, Cabrera Rodriguez, Francia Cochagne, & Pairasaman Rodriguez, 2013).

#### **2.4.2 Energía geotérmica**

“La energía geotérmica es la energía almacenada en forma de calor debajo de la superficie de la tierra. Su potencial es inagotable, comparable al del sol” (EGEC (European Geothermal Energy Council), s. f.).

Dentro de los procesos físicos del interior de la Tierra, se encuentran las corrientes de convección, que no es otra cosa, que el movimiento cíclico, lento y constante de los materiales –en estado semisólido- presentes en el manto, dicho movimiento se produce cuando estos materiales entran en contacto con el núcleo, se calientan y ascienden a la superficie; una vez que entran en contacto con la corteza, comienzan un proceso de enfriamiento, aumentando su densidad y provocando nuevamente un descenso hacia el núcleo para continuar de esta manera con su ciclo ‘sin fin’. A pesar de que el desplazamiento y la velocidad de las corrientes de convección son bastantes lentos, la cantidad de energía generada durante este proceso y percibida en forma de calor, es muy grande, debido a que dicha energía no sólo proviene de esa fuente, sino también de la desintegración de los isótopos radioactivos presentes en la corteza (Campos Cajeros, s. f.).

La energía es un bien necesario para la economía de los países del mundo. En el año 2010 la energía termoeléctrica tuvo un nivel mundial de 10,710 MW en un conjunto de 39 países, aunque hasta el 2015 alcanzó los 18,500 MW. Los vaticinios indican que alcanzara una capacidad en generación eléctrica en base a las geotermoeléctricas de 140GW para el año 2050 (Campos Cajeros, s. f.).

La exploración de los recursos geotérmicos en Ecuador se inició en 1979. Tres décadas más tarde, los proyectos geotérmicos de alta entalpía de Chachimbiro, Chacana y Chalpatán han llegado a la etapa de prefactibilidad avanzada, mientras que el proyecto Tufiño-Chiles está actualmente bajo investigación. La actual explotación de los recursos geotérmicos en el Ecuador se limita a balnearios y piscinas. El potencial total geotérmico del país se estima entre 1700 y 8.000 MWe teniendo en cuenta el hecho de que el país está atravesado por más de 40 volcanes activos. La capacidad total instalada de energía geotérmica para usos directos en 2014 fue de 5,16 MWt y hasta la fecha no existe alguna experiencia exitosa en el aprovechamiento del recurso debido al desconocimiento de la tecnología, escasez de personal técnico ecuatoriano especializado, decisión política, marco regulatorio y fuentes de financiamiento para inversiones de riesgo (Lloret, Asimbaya, & Ibarra, 2015, p. 12).

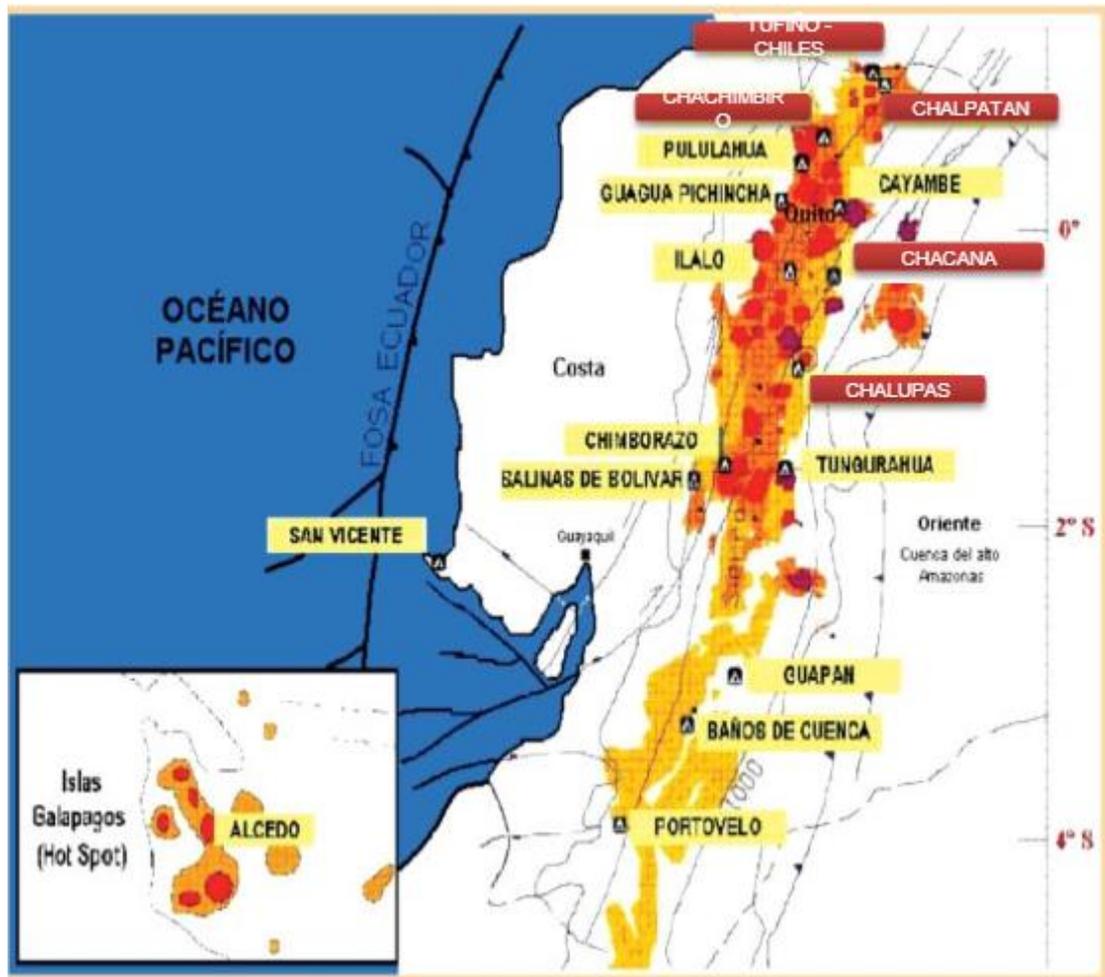


Figura 2. 4: Ubicación de los prospectos geotérmicos del Ecuador  
Fuente: (MEER, 2015, p. 13)

### 2.4.3 Energía mareomotriz

La energía del oleaje proviene de la energía entregada por el viento a la superficie marina por medio del roce entre ambos fluidos y diferencias de presión. Una manera de convertir esta energía en electricidad es por medio de flotadores conectados a bombas hidráulicas las cuales alimentan turbinas. Los flotadores se mueven junto con el oleaje generando movimiento el cual es transmitido a las bombas hidráulicas (Wall Schacht, 2012, p. 4).

Los movimientos de las olas se deben especialmente a la localización por temporada del sol y la luna con respecto a la tierra, el cual puede tener dos valores que son mínimos (bajamares) o máximos (pleamares) (Ortega Quiroz, 2013, p. 7).

La turbina convierte la energía cinética en mecánica, entregándosela a la transmisión, solo se extrae un porcentaje de la energía total del flujo que la

atraviesa llamándose eficiencia de transmisión, la transmisión recibe la energía extraída del tipo mecánica y varía la velocidad del torque para que el generador la convierta en energía eléctrica (Ortega Quiroz, 2013, p. 36).

#### **2.4.4 Energía por biomasa**

Este concepto abarca un conjunto heterogéneo de materias orgánicas, tanto por su origen como por su naturaleza. En el contexto energético, el término Biomasa se emplea para denominar a una fuente de energía renovable basada en la utilización de la materia orgánica formada por vía biológica en un pasado inmediato o de los productos derivados de ésta. Bajo este esquema también tienen consideración de Biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, aunque dadas las características específicas de estos residuos se suelen considerar como un grupo aparte (Burgos-Olavarría, 2010, p. 1).

En Ecuador se encuentra con mucha vegetación donde encontraremos plantaciones de plátanos, palma africana, caña de azúcar, cacao, arroz, maíz y otros. Cuando entran en el proceso de cosecha una gran cantidad de desechos orgánicos se separan en donde contribuye a la biomasa residual aprovechando a generar electricidad. Por el momento la caña de azúcar es la única manera de generar electricidad, según la CIE las provincias de los Ríos, El Oro y Pichincha ya cuentan con generación por biomasa (IEC (Corporación para la investigación energética), s. f.).

Entre los proyectos que podemos destacar son:

El proyecto biodigestores en Bolívar desarrollado en los años del 2004 a 2016 en las poblaciones de la provincia Bolívar, este emprendimiento por parte de la CIE da como opción para el tratamiento de desechos orgánicos que se producen por los animales con el fin de transformarlo en energía eléctrica.

Los beneficiados son las parroquias de Santa Fe, Santiago y Asunción donde se impartirán seminarios, pruebas de laboratorios, estudiarán el funcionamiento de los biodigestores, habrá talleres de experiencias (IEC (Corporación para la investigación energética), s. f.).

El proyecto biodigestores en Nono situada al noroccidente de Quito en la provincia de Pichincha se encuentra este proyecto de la comunidad de Nono,

dedicada especialmente al área de la agricultura y lo que se trata del ganado. Esta comunidad se encuentra a 18 km de la ciudad de Quito por lo que es escasa la distribución de GLP debido a sus carreteras en mal estado. Es por eso que la CIE junto con el YCLIF están con la proyección de levantar biodigestores en varios lugares de la comunidad además de recibir capacitaciones en relación a los desechos orgánicos, mantenimiento, usos de biogás. Este proyecto tiene como fin construir los biodigestores en los barrios; de La Merced, La Sierra y San Martín (IEC (Corporación para la investigación energética), s. f.).

## **2.5 Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico**

### **2.5.1 Sistema Híbrido**

El sistema híbrido se puede decir que básicamente son elementos con distintas características que se puede llegar al mismo fin, en la energía renovable se puede encontrar diversas fuentes que pueden generar energía eléctrica y a las que se pueden acoplar unas a ellas para así usar mejor los recursos de la naturaleza, entre ellos están: fotovoltaica-eólica, fotovoltaica-solar por combustión, eólica-térmica. (Castillo Meraz, Martínez Montejano, Delgado Aranda, & Campos Cantón, 2013, p. 5)

El diseño de este sistema de energía renovable como se lo indica antes, está compuesto de la energía que proporciona la energía eólica (viento) con la energía solar (radiación del sol), donde el almacenamiento de la energía recibida estará a cargo de los paneles solares y un aerogenerador. (Castillo Meraz et al., 2013, p. 5)

### **2.6 Energía Eólica**

En realidad, y una vez más, la existencia del viento en el planeta es consecuencia de la acción del Sol, pues es la radiación de esta estrella, en combinación con otros factores como la inclinación y el desplazamiento de la Tierra en el Espacio o la distribución de los continentes y los océanos, lo que activa la circulación de las masas de aire en el globo al calentar de forma desigual las distintas zonas de la superficie y de la atmósfera terrestres. El aire que más se calienta se vuelve más ligero (al agitarse sus moléculas y perder densidad) y se desplaza hacia arriba, siendo ocupado su lugar por masas más frías. La energía eólica es la energía producida por el viento. (Escobar, Reol, Castell, Martí, & Larruy, 2002, p. 4)

Existen aerogeneradores que ofrecen desde 150 KW hasta 1.500 KW. De todas maneras, estas máquinas están diseñadas con los elementos básicos de tiempos pasados en donde posee un elemento capaz de beneficiarse del viento, llamado el rotor y donde se conecta a un eje que puede llegar a una bomba o un generador eléctrico, dependiendo el fin que a este se le dé (Escobar et al., 2002, p. 4).

Usualmente los dispositivos que frecuente se usan para generar energía limpia son los aerogeneradores, estas son de eje horizontal con un rotor que recibe la fuerza que del viento y un sistema de conversión de energía unida al rotor. Todo esto se encuentra en una carcasa que aloja a todo el mecanismo y un fortín donde está situado el ensamble de todo el sistema (Escobar et al., 2002, p. 5).

Para destacar entre los dispositivos que tiene un aerogenerador está el multiplicador que consiste en un grupo de engranajes que cambia la velocidad inicial que tiene el eje a una velocidad más alta. Además, están las palas que captan la energía que otorga el viento, siendo este uno de las partes más preocupantes de la estructura en general por su gran longitud normalmente formado por fibra de vidrio y poliéster (Escobar et al., 2002, p. 5).

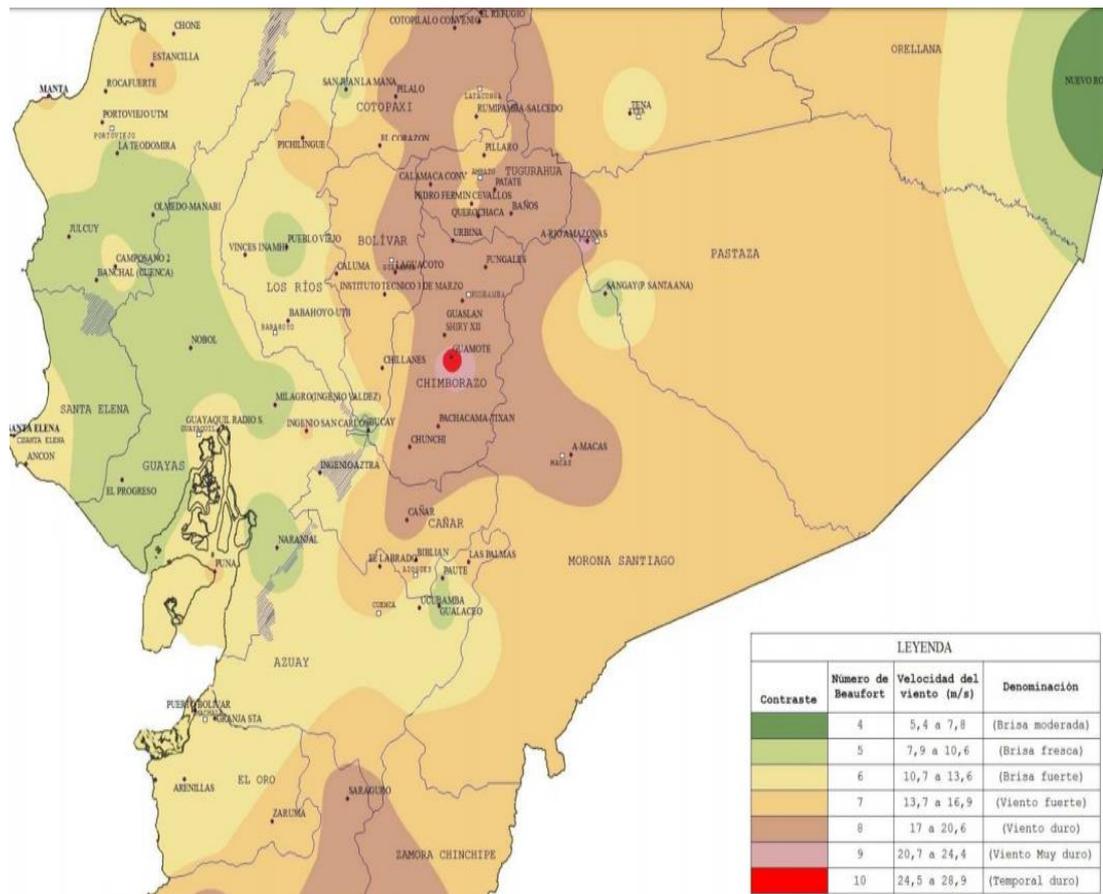


Figura 2. 5: Velocidad máxima del viento en Ecuador  
Fuente: (Chamorro Quitama & Muyulema Masaquiza, 2010, p. 25)

La energía eólica en el Ecuador tiene sus inicios en octubre del 2007 en las islas Galápagos (San Cristóbal) con una capacidad de generar electricidad de 2,4 MW, y en la ciudad de Loja, con las instalaciones de aerogeneradores con el proyecto en Bollonado que entrega 2,25 MW para abastecer alrededor de 150 mil ciudadanos de Ecuador. Actualmente en instalaciones eólicas en el país es 21,25 MW, pero un estudio preliminar indica que hay posibilidad de generar unos 884 MW de energía eléctrica. Además de los proyectos eólicos a 80 km de la ciudad de Cuenca de las Minas de Huascachaca con una potencia instalada de entrega 30 MW y en la provincia de Imbabura en la parroquia Salinas donde entrega una potencia de 10 MW (CIE (Corporación para la investigación energética), s. f.-b).

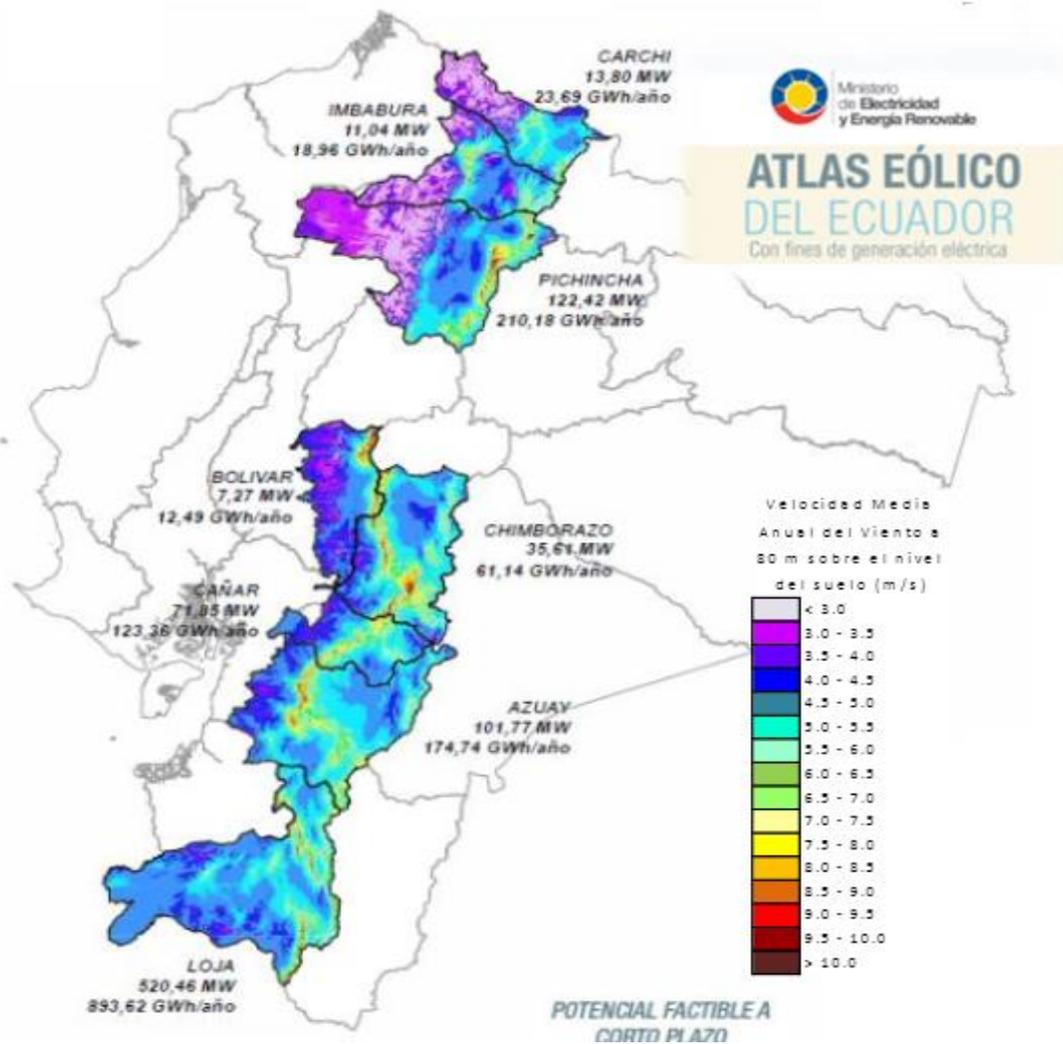


Figura 2. 6: Atlas Eólico del Ecuador  
Fuente: (MEER, 2015, p. 12)

### 2.6.1 Aerogeneradores

Los aerogeneradores o turbinas eólicas modernas son máquinas que convierten la energía cinética del viento en energía mecánica y a su vez en energía eléctrica. En los últimos años los avances en el diseño de turbinas de viento han ido mejorando debido a los avances en paralelo que se han ido dando en estudios de aerodinámica, dinámica estructural y micrometeorología. Varios conceptos de diseño han sido desarrollados a lo largo de los años a fin de maximizar la energía obtenida, minimizar los costos de fabricación e incrementar la eficiencia y rentabilidad. (Aguilar, 2013, p. 11)

## 2.6.2 Tipos de aerogeneradores

Se cuentan con dos tipos de aerogeneradores, como los horizontales y verticales.

En todos estos tipos de aerogeneradores, la energía cinética del viento es capturada por las aspas de la turbina y transformada en energía mecánica rotacional de baja velocidad. La energía mecánica se transfiere mediante la caja de engranaje a una velocidad más alta al generador eléctrico, para ser convertida en energía eléctrica. (Garduño Ramírez et al., 2012, p. 50)

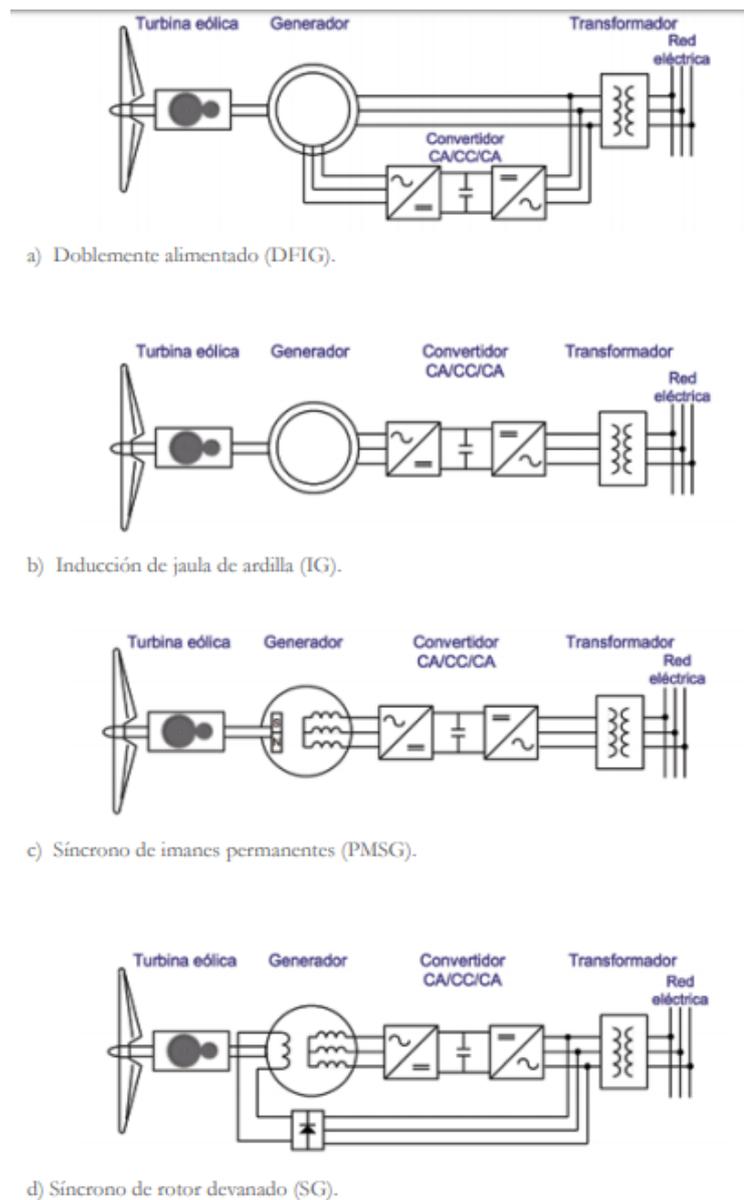


Figura 2. 7: Tipos de aerogenerador  
Fuente: (Garduño Ramírez et al., 2012, p. 51)

### **2.6.3 Partes de un aerogenerador**

**Rotor:** Su función es transformar la energía cinética del viento en un par mecánico de torsión en el eje del equipo. La velocidad de rotación se encuentra acotada por parámetros del diseño estructural, siendo la velocidad de punta de las aspas el principal indicador. (Garduño Ramírez et al., 2012, p. 49)

**Góndola o nacelle:** Sirve de alojamiento para los elementos mecánicos y eléctricos (caja multiplicadora, generador eléctrico, módulo de control, etc.) del aerogenerador. (Garduño Ramírez et al., 2012, p. 49)

**Caja de engranaje o multiplicadora:** Puede estar presente o no. Transforma la baja velocidad de rotación, en el eje del generador eléctrico".(Garduño Ramírez et al., 2012, p. 49)

**Generador eléctrico:** Existen diferentes tipos, dependiendo del diseño del aerogenerador: síncronos o asíncronos, jaula de ardilla o doblemente alimentados, con excitación o imanes permanentes. Este equipo convierte la energía en electricidad."(Garduño Ramírez et al., 2012, p. 49)

**Torre:** Ubica a la góndola a una mayor altura, donde los vientos son de mayor intensidad, permitiendo el giro de las aspas. Su diseño estructural soporta el peso de los equipos contenido en la góndola del aerogenerador."(Garduño Ramírez et al., 2012, p. 49)

**Sistema de control:** Se hace cargo del funcionamiento seguro y eficiente del equipo, controla la orientación de la góndola, la posición de las aspas y la potencia total entregada por el equipo."(Garduño Ramírez et al., 2012, p. 49)

### **2.6.4 Causa de los vientos**

El calentamiento dispar de la superficie terrestre por acción de la radiación solar es el principal causante de los vientos. En las regiones ecuatoriales se produce una mayor absorción de radiación solar que en las polares; el aire caliente que se eleva en los trópicos es reemplazado por las masas de aire fresco superficiales proveniente de los polos. El ciclo se cierra con el desplazamiento, por la alta atmósfera, del aire caliente hacia los polos. Esta circulación general, que sería la observada si la tierra no girase, se ve profundamente alterada por el movimiento de rotación de la tierra generando

zonas de vientos dominantes que responden a patrones definidos (Morangues & Rapallini, 2003, p. 1)

### **2.6.5 Ventajas y desventajas de la energía eólica**

Podemos mencionar las siguientes:

Desventajas:

- Las velocidades del viento cerca del nivel del suelo son muy bajas. Por lo que, a pesar de que puede ahorrarse la torre, sus velocidades de viento serían mínimas en la parte inferior de su rotor.
- La eficiencia promedio de las máquinas de eje vertical no es impresionante. Dicho en otras palabras, no compiten con la eficiencia de las de eje horizontal.
- La máquina no es de arranque automático; es decir, una máquina Darrieus necesitaría un “empuje” antes de arrancar. Sin embargo, esto es solo un inconveniente sin importancia, ya que se puede utilizar el generador como motor al absorber corriente de la red para arrancar la máquina.
- La máquina puede necesitar cables tensores que la sujeten, y esta solución no es práctica en áreas muy cultivadas.
- Para sustituir el cojinete principal del rotor se necesita desmontar el rotor, tanto en las máquinas de eje horizontal como las de eje vertical. En el caso de las últimas, esto implica que toda la máquina deberá ser desmontada (Bermeo Jiménez, 2014, pp. 30-31).

Ventajas

- Puede situar el generador, el multiplicador, etc. en el suelo, y puede no tener que necesitar una torre para la máquina.
- No necesita un mecanismo de orientación para girar el rotor en contra del viento.
- Mayor rendimiento.
- Mayor velocidad de giro.
- Menos superficie de la pala a igualdad de área barrida.

- Se pueden instalar a mayor altura donde es más elevada la velocidad del viento (Bermeo Jiménez, 2014, p. 31)

## **2.7 Energía solar**

La energía solar es la madre de todas las energías renovables. Todos los ciclos naturales se mueven con ella, y ese movimiento da origen a las diferentes energías renovables como la energía hidráulica, la eólica, o la biomasa y otras. Aunque multiplicáramos por mil los consumos humanos actuales, la energía solar disponible no se agotaría (Zabalza Bribián & Aranda Usón, 2009, p. 1).

De la energía solar podemos destacar también la energía solar térmica la cual indica.

Este tipo de energía básicamente recepta la radiación solar para a su vez transformarla en calor, esto es con ayuda de dispositivos conocidos como colectores solares, esto se deben a la invención a H.B. Saussure en el siglo XVIII. La energía solar termoeléctrica es usada debido a la concentración solar el de calentar fluidos, gases a media y elevadas temperaturas donde son llevados a turbinas que generan la electricidad (Zabalza Bribián & Aranda Usón, 2009, pp. 13-27).

## **2.8 Energía solar fotovoltaica**

El esquema que usa la energía fotovoltaica consiste transformar la energía que proviene del sol en energía eléctrica, esta transformación es gracias a las células solares que mediante los rayos de luz los electrones se desplazan así dando energías a la carga que se va a instalar (Bayod Rújula, 2009, p. 12).

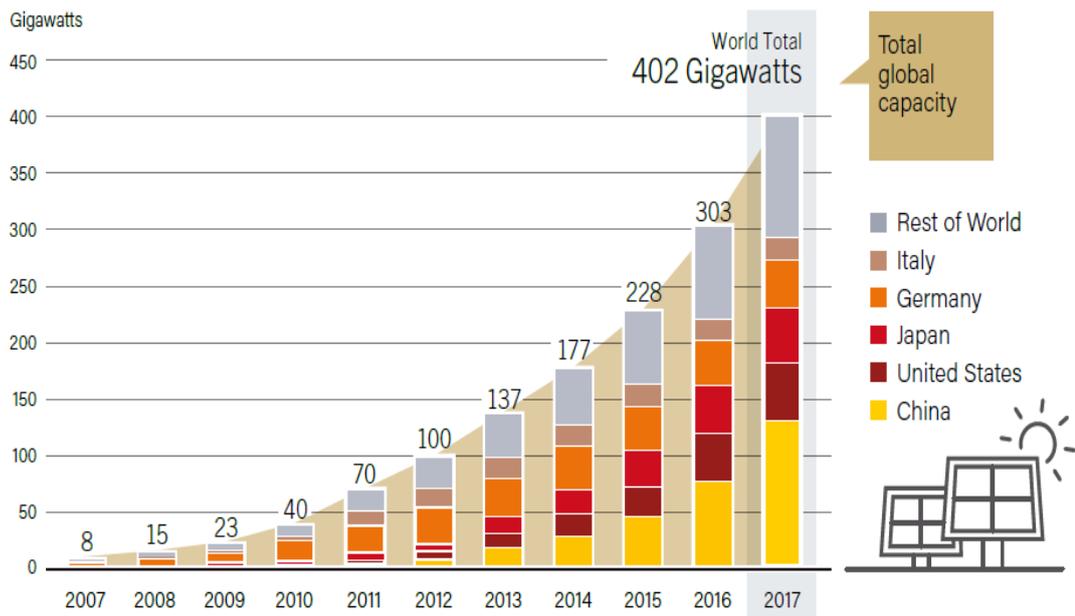


Figura 2. 8: Capacidad global de energía solar fotovoltaica, por país o región, 2007-2017  
Fuente: (REN21, 2018, p. 91)

En la actualidad el gobierno ecuatoriano tiene firmado un memorándum de entendimiento con el Instituto Coreano de Desarrollo y Tecnología (KIAT), en donde se realizará la construcción de un sistema fotovoltaico de 1MW en la Isla San Cristóbal en la provincia de Galápagos con un almacenamiento de baterías de 1,4 MW/h con una inversión en más de USD 5 millones. Se piensa que al terminar el 2020 entrara en operación así disminuyendo el consumo de 120.000 galones de diésel y casi 1000 toneladas de CO2 al año, representando un ahorro al País de 541 mil dólares (Pública FM, 2018).

### 2.8.1 Células solares

La célula fotovoltaica absorbe fotones de luz y emite electrones. Para un valor de irradiancia solar de 1000 W/m<sup>2</sup> una célula fotovoltaica genera una tensión de circuito abierto de unos 0.6V aproximadamente y una intensidad en cortocircuito que depende de su área de exposición a la radiación solar. En general, para un área de exposición de unos 100 cm<sup>2</sup> la intensidad suele ser de unos 3A. (Mascarós Mateo, 2015, p. 56)

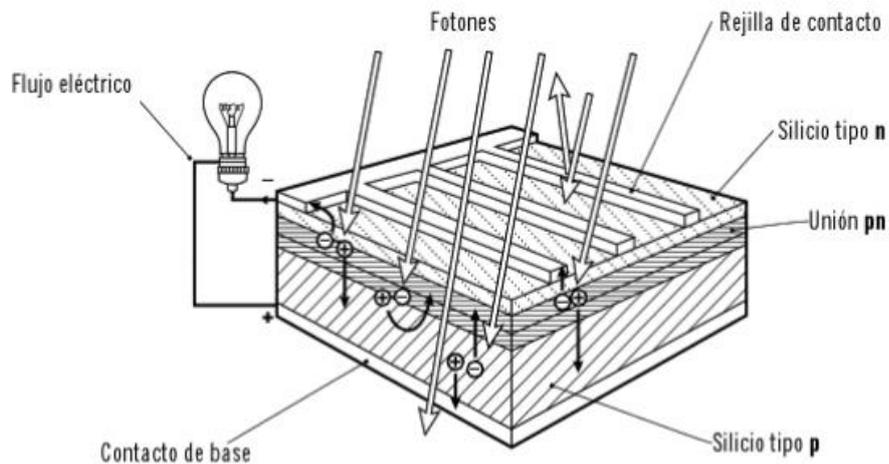


Figura 2. 9: Estructura de una célula solar  
Fuente: (Guerrero Pérez, 2011, p. 90)

Están constituidas por un material semiconductor, se trata del silicio que se dispone en abundancia, con un 60% en la corteza terrestre compuesto por sílice y de sus interesantes propiedades electrónicas en donde la mayoría de las células solares se encuentra hechas de silicio. También se recurre a otros materiales, entre ellos en arseniuro de galio con mejor conducción eléctrica, pero su carencia en el planeta lo hace de elevado precio por lo cual se lo aplica en caso especiales. Otros elementos que se fabrican las células solares son el selenio, germanio, telururo de cadmio, diseleniuro de cobre e indio, antimoniuro de indio (Bayod Rújula, 2009, pp. 27-28).

El primer paso consiste en la extracción y minería de la cuarcita para obtener silicio de grado metalúrgico, también llamado silicio metálico. Para ello, la cuarcita se funde mezclada con carbón de coque y astilla de madera en hornos de arco eléctrico a una temperatura aproximada de 1780 °C. (Barredo Egusquiza, 2013, p. 14)

Con esto se obtiene un grado más alto de purificación del silicio.

Es poco frecuente que el silicio se encuentre en estado puro en la corteza terrestre de donde se lo extrae, se lo encuentra en estado compuesto, especialmente el óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) siendo esto un componente de la arena. Lo primero es la extracción en estado metálico del silicio, se procede a

fundirla con carbón de coque y astilla de madera (Barredo Egusquiza, 2013, p. 14).

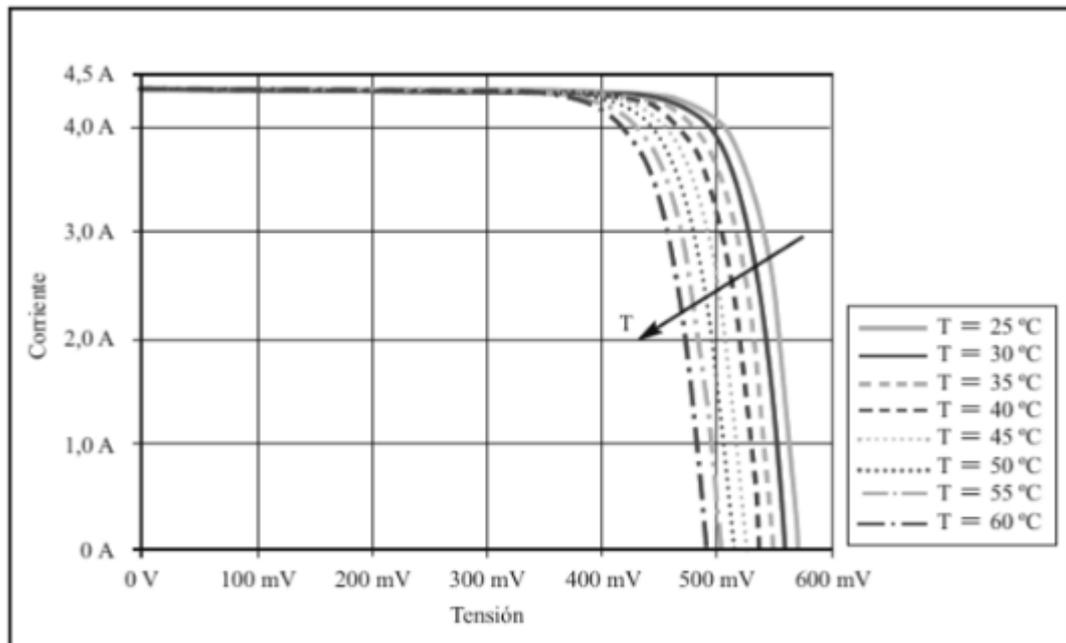


Figura 2. 10: Efecto de temperatura en la curva V-I de una célula fotovoltaica sometida a una determinada irradiancia  
Fuente: (Bayod Rújula, 2009, p. 53)

### 2.8.1.1 Células de silicio monocristalino

Estas células tienen una estructura perfectamente ordenada. Tienen forma cuadrada, con las esquinas redondeadas. Esto se debe a que provienen de lingotes cilíndricos, cortados en rebanadas. En general, se caracteriza por un color azul uniforme. Su rendimiento oscila entre el 15% y el 18. (Mascarós Mateo, 2015, p. 69)

### 2.8.1.2 Células de silicio policristalino

Tienen un aspecto azulado, pero en su superficie se aprecian regiones diferentes compuesta por cristales distintos que dan lugar a una disminución del rendimiento de la célula. Las células son totalmente cuadradas. Su rendimiento oscila entre el 12% y el 14%. (Mascarós Mateo, 2015, p. 69)

### 2.8.1.3 Células de silicio amorfo

Tienen un color marrón homogéneo. Una vez montadas en un módulo fotovoltaico, no se aprecian conexiones visibles entre las células. Son menos sensibles a la temperatura, pero son menos eficientes que los de silicio cristalino. Su rendimiento es menor al 10%. Cuando se confecciona un módulo fotovoltaico con silicio amorfo, no se realiza mediante células independientes. Se trata de una estructura continua depositada sobre una base. (Mascarós Mateo, 2015, p. 69)

### 2.8.2 Paneles solares y estructura

Su función es captar la energía radiante solar y transformarla en energía eléctrica. Un panel solar está compuesto por un número variable de células solares, entre 31 y 36, conectadas eléctricamente en serie, del número de células depende el voltaje de salida; el fabricante es el que decide el número mínimo para garantizar la carga efectiva del banco de baterías. (Tobajas Vázquez, 2018, p. 8)

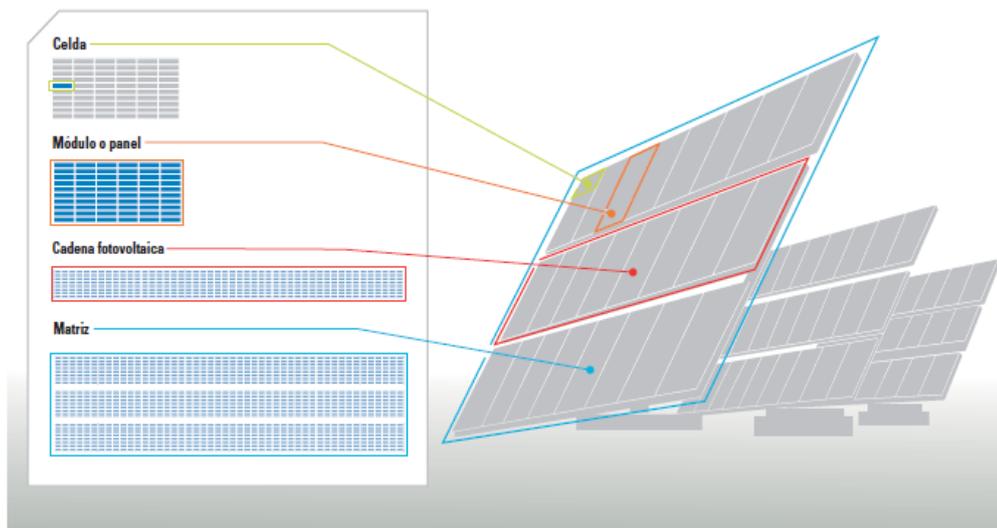


Figura 2. 11: Estructura de un módulo solar  
Fuente: (EATON, 2014, p. 7)

Los paneles solares es necesario juntarlos para brindar más tensión, corrientes y potencia de dichos módulos, a este conjunto se le denomina generador fotovoltaico. Se los pueden asociar ya sea:

- En serie: Entrega un mayor voltaje, teniendo estable su intensidad.
- En paralelo: Entrega una mayor corriente, teniendo estable su voltaje

- Mixta: Entrega un nivel igual de voltaje y una corriente (Tobajas Vázquez, s. f., p. 17)

Usualmente se encuentran asociados a los paneles solares en forma mixta, ya sea conectar dos grupos en paralelo para después unir esos grupos y ponerlos en series o bien conectar grupos en serie para después juntarlos en paralelos, en la práctica es normalmente verlos instalados de la segunda forma (Mascarós Mateo, 2015, pp. 91-92).

La superficie del panel oscila entre 0,5 y 1,3 m<sup>2</sup>, donde las células están ensambladas entre dos estratos, uno superior de cristal de silicio y otro inferior de material plástico. Estos dos productos se colocan en un horno de alta temperatura resultando un bloque único laminado, donde se añaden marcos que normalmente son de aluminio. (Tobajas Vázquez, 2018, p. 9)

En cuanto a sus características podemos mencionar las siguientes:

- La cubierta frontal es la que protege a las células fotovoltaicas, está hecha de vidrios templados de tres a cuatro centímetros, es importante que sea impermeable al agua.
- El encapsulante Fabricado de un material traslucido donde el más usado es el EVA (etilen / vinil / acetato)
- La cubierta posterior se compone de un material plástico. El más utilizado es el tedlar. Protege la célula contra los agentes atmosférico y debe de ser impermeable al agua.
- El marco suele estar fabricado con aluminio anodizado. Proporciona rigidez y resistencia mecánica al módulo fotovoltaico, permitiendo su fijación. Está preparado de su fábrica para su puesta a tierra.
- La caja de conexiones se encuentra en la parte superior del módulo. Cuenta con dos bornes de salida, debidamente señalizados: positivo y negativo. También se suelen incluir de fábrica los diodos de paso para evitar el efecto de punto caliente. Debe de ser estanca y resistente a la intemperie (Mascarós Mateo, 2015, p. 71).

“Dado que para obtener el máximo rendimiento de un panel fotovoltaico es necesario que este reciba la mayor cantidad de energía...Al encontrarse este

panel en el hemisferio Sur deberemos orientarlo hacia el Norte” (Chiriboga Erazo & Mondragón Cortez, 2011, p. 74).

“En latitudes medias se acostumbra a inclinar los paneles  $10^{\circ}$  más que la latitud del lugar” (Chiriboga Erazo & Mondragón Cortez, 2011, p. 74).

Mediante una simulación de inclinaciones de paneles solares mediante el programa Labview se obtuvo que la mejor inclinación es de  $2^{\circ}$  sobre un plano horizontal, debido a su cercanía con la línea ecuatorial, se obtuvo los siguientes datos (Chiriboga Erazo & Mondragón Cortez, 2011, pp. 76-77).

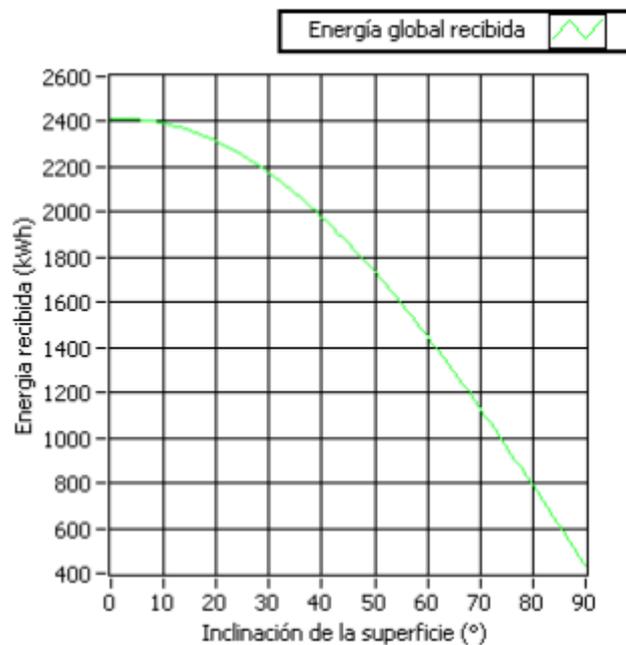


Figura 2. 12: Energía anual recibida de acuerdo al grado de inclinación  
Fuente: (Chiriboga Erazo & Mondragón Cortez, 2011, p. 77)

## 2.8.3 Elementos del sistema eólico – fotovoltaico

### 2.8.3.1 Regulador de cargas

Además de estar diseñado como un dispositivo electrónico indica (Tobajas Vázquez, 2018, p. 22) “La misión fundamental de un regulador es evitar las sobrecargas y descargas excesivas en los acumuladores, que producirían daños irreversibles, también asegura que el sistema trabaja con máxima eficacia”.

Los reguladores de cargas podemos encontrar dos tipos:

Los reguladores shunt o paralelo se basa en la eliminación por calor de la energía que se almacena de más en los acumuladores debido a la carga de los paneles solares por medio de diodo zener, también está formado por un diodo de bloqueo para que la energía no regrese a los paneles. Su uso frecuentemente se usa en diseños pequeños, pero ya en grandes diseños se requieren disipadores térmicos de mayores proporciones, lo cual elevaría el precio de la instalación (Tobajas Vásquez, 2015, pp. 24-25).

El regulador en serie su característica principal es que no disipa calor cuando las baterías se encuentran cargadas eléctricamente, por lo tanto, la potencia que aprovecha es la de control y mando. Está compuesto de un interruptor proporcionando una baja resistencia cuando el acumulador se encuentra en proceso de carga y un circuito abierto cuando está plenamente cargada (Tobajas Vásquez, 2015, p. 25).

El Regulador de doble circuito se encarga de desviar la energía eléctrica que se encuentra en los acumuladores ya colmados a otro circuito eléctrico donde puede ser aprovechado para que no se pierda esa energía, por ejemplo, a una bomba de agua (Tobajas Vásquez, 2015, p. 26).

### **2.8.3.2 Baterías o acumuladores**

Los sistemas fotovoltaicos necesitan la radiación solar para generar electricidad, pero la forma más útil de almacenarla son las baterías o acumuladores donde transforma la energía química en energía eléctrica y viceversa. Su objetivo principal es el de guardar la energía entregada por los paneles solares para abastecer la carga de donde se va a suministrar.

“Una batería suele estar formado por la asociación en serie de elementos, ...Un elemento está formado por dos electrodos, uno positivo y otro negativo de distinto material, inmerso en una disolución electrolítica” (Mascarós Mateo, 2015, p. 112).

Los tipos de batería son:

“En las baterías de plomo-acido la placa positiva década elemento está construida con dióxido de plomo y la placa negativa con plomo. El electrolito

está formado por una solución diluida de ácido sulfúrico”(Mascarós Mateo, 2015, p. 114).

“Se trata de un tipo especial de batería de plomo-ácido, pero en este caso el electrolito está inmobilizado... En general las baterías AGM son más adecuadas para suministrar corrientes elevadas de arranque que las baterías de gel”(Mascarós Mateo, 2015, p. 115).

“Estas baterías se caracterizan por su larga vida útil y su bajo mantenimiento, pero su precio es tan elevado con respecto a las de plomo ácido. La placa positiva está construida de hidróxido de níquel y la negativa de cadmio” (Mascarós Mateo, 2015, p. 115)

### **2.8.3.3 Inversores**

Los inversores solares fotovoltaicos son equipos que se encargan de transformar la energía producida en una instalación fotovoltaica, que se transmite en forma de corriente continua, en corriente alterna para que los electrodomésticos y otros productos eléctricos puedan funcionar en sus niveles normales (SACLIMA, s. f.).

Entre ellos tenemos:

Los inversores centrales. Cuando los paneles fotovoltaicos se encuentran juntos o en cadenas y conectados a un solo inversor, esta transformará de corriente directa a corriente alterna. Es el más usado en viviendas que tengan 2 caídas de agua, usado por su bajo costo y mantenimiento que a este se le da. El problema es que no está preparado para trabajar con paneles sombreado (DEXEN Energy , 2017).

Los micro inversores. Igualmente son usados en el ámbito residencial, son más costosos que los inversores centrales o los optimizadores de energía, pero el valor monetario está bajando por que se hacen cada vez más solicitados para la instalación. Tienen la característica de que algunos vienen incorporados dentro o fuera del panel solar, una de las ventajas es que eliminan los impactos del sombreado parcial o completo, una de las deficiencias que tiene es, que al ser un aparato pequeño genera más calor significando pérdida de energía (DEXEN Energy, 2017).

El optimizador de energía. Este tipo de inversor en una combinación de los beneficios de inversor central o cadena y el micro-inversor, ya que viene incorporado en uno en el panel y otro que recepta la corriente continua y lo envía a un inversor de cadena donde resulta mayor la eficiencia (DEXEN Energy, 2017).

Las funciones principales que podemos destacar en los inversores están:

En la conversión de energía que indica que el inversor solar fotovoltaico convierte corriente continua en corriente alterna, que es la utilizada por todos los aparatos eléctricos. Básicamente actúa como una pasarela entre corriente continua y corriente alterna (González, 2017).

También la maximiza la generación de energía de las placas solares. Para ello, se aíslan los paneles individualmente con el fin de aumentar la producción de energía, y por lo tanto, mejorar el rendimiento general de la instalación (González, 2017).

Un inversor solar realiza un seguimiento de los rendimientos energéticos del sistema fotovoltaico, de la actividad eléctrica y de las señales cuando surge problema. Esta información se puede ver en el propio dispositivo o desde otra ubicación si se implementa la tecnología de comunicación adecuada y los servicios en línea (González, 2017).

Por último la operación constante de una instalación fotovoltaica está diseñada para proporcionar energía a la intemperie y en todas las condiciones climáticas. El inversor fotovoltaico ofrece una operación constante disipando el calor de una manera consistente (González, 2017).

#### **2.8.3.4 Diodo**

Es el más simple de los semiconductores, importante en los sistemas electrónicos ya que son parecidos a un interruptor sencillo en donde solo pasa corriente en un solo sentido (Boylestad & Nashelsky, 2009, p. 20).

El principal objetivo de paneles o módulos solares es conseguir el 100% de los rayos del sol para esto es recomendable instalarlos en lugares despejados y sin ningún obstáculo que cubra los paneles. Pero sin embargo existen ciertas situaciones que no se pueden evitar como las suciedades, el daño o falla que

puede presentar la célula. Estos motivos conllevan a que las celdas no operen en la corriente del punto de máxima potencia (MPP) y no brinden un óptimo rendimiento al panel dando así a una elevada temperatura de la zona donde está afectada y un rápido desgastes del material (Ku, 2018).

“Para evitar este fenómeno, se utilizan diodos de paso de protección contra puntos calientes... El diodo limita la tensión de polarización de la célula sombreada y, por consiguiente, la potencia que disipa” (Mascarós Mateo, 2015, p. 89).

## **2.9 Principios elementales de la electricidad y accesorios**

### **2.9.1 Corriente eléctrica**

“Se define la corriente como en un punto específico, que fluye en una dirección especificada, como la velocidad instantánea a la cual la carga positiva pasa por ese punto en la dirección especificada” (Hayt Jr, William H, Kemmerly, Durbin, & e-libro, 2007, p. 12).

“La unidad de corriente es el ampere (A), cuyo nombre es en honor a A. M. Ampère, un físico francés. Se suele abreviar como “amp” ... Un ampere es igual a 1 coulomb por segundo” (Hayt Jr et al., 2007, p. 12).

### **2.9.2 Voltaje o Tensión**

En este caso, se dice que existe una tensión eléctrica (*o una diferencia de potencial*) entre las dos terminales, o que hay una tensión “en los extremos” del elemento. De tal modo, la tensión entre un par de terminales significa una medida del trabajo que se requiere para mover la carga a través del elemento (Hayt Jr et al., 2007, p. 14).

Puede existir una tensión entre un par de terminales eléctricas sin importar si fluye o no una corriente. Por ejemplo, una batería de automóvil tiene una tensión de 12 V entre sus terminales incluso si no se conecta nada a ellas (Hayt Jr et al., 2007, p. 14).

“De acuerdo con el principio de conservación de energía, la energía que se gasta al forzar a la carga desplazarse a través del elemento debe aparecer en algún otro lado” (Hayt Jr et al., 2007, p. 14).

### **2.9.3 Potencia**

La potencia se define como la tasa del trabajo que se hace o de la energía gastada. La unidad fundamental de la potencia es el *watt* (W), definida como 1 J/S. Un watt equivale a 0.7376 pie-lbf/s, o 1/745.7 caballos de fuerza (hp) (Hayt Jr et al., 2007, p. 15).

### **2.9.4 Resistencia eléctrica**

En el contexto de la electricidad, el concepto refiere al componente de un circuito que dificulta el avance de la corriente eléctrica, a la traba general que ejerce el circuito sobre el paso de la corriente y a la magnitud que, en ohmios, mide dicha propiedad (Pérez Porto & Gardey, 2014).

“El descubrimiento de la resistencia eléctrica data del año 1827, y la persona a la cual se le atribuye es Georg Simon Ohm, un matemático y físico que vivió en Alemania hasta mediados del siglo XIX ”(Pérez Porto & Gardey, 2014).

### **2.9.5 Conductor**

“Como su nombre lo indica, los conductores eléctricos son responsables de transmitir la energía de dos o más componentes de una instalación eléctrica, por lo que su correcto funcionamiento es vital para cualquier instalación eléctrica” (Electroindustrial, 2018, p. 14).

Una recomendación muy buena para una instalación basada en la producción de electricidad mediante energías renovables, es que después de hacer los cálculos, utilicemos cables de una sección superior, que aunque esto producirá un aumento de coste a la hora de comprar los cables, puede evitar problemas futuros, y además reducirá considerablemente las pérdidas de energía debidas a la instalación de cableado.(Prieto Moreno, 2012)

Como indica Gustavo Lagos (como se citó en Electroindustrial, 2018) “Los conductores no deben ser sometidos a esfuerzos, su aislación debe estar sana, se debe evitar cortes en todo su recorrido, usar terminales adecuados y las herramientas debidas”, además también indica que hay que tomar en cuenta las condiciones ambientales.

Sandra Rodriguez, Gerente general de Ingcer (Electroindustrial, 2018) recomienda los siguientes indicaciones a tomar:

- Capacidad de los circuitos en amperes: qué corriente es la que se debe soportar el conductor de acuerdo con su sección.
- La corriente de cortocircuito de la instalación.
- La ubicación del conductor: si se instala en interior o exterior de un recinto; humedad o agentes que puedan deteriorar la aislación del conductor en una instalación subterránea o al aire libre.
- En caso de conductores para instalación subterránea, verificar la curva máxima a la que estará sometido el cable. (Electroindustrial, 2018)

### **2.9.6 Tablero de control**

“El tablero de control eléctrico es una caja o gabinete que contiene dispositivo de conexión, maniobra, comando, protección, señalización y medición, para realizar una tarea específica dentro de un sistema de tipo eléctrico” (Cardozo Gavis, 2011, p. 16).

Tanto el cofre como la tapa de un tablero general de acometidas autoportado (tipo armario), debe ser construido en lámina de acero, cuyo espesor y acabado de resistir los esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos, así como los efectos de la humedad y la corrosión, verificados mediante pruebas bajo condiciones de rayado en ambiente salino, durante al menos 400 horas, sin que la progresión de la corrosión en la raya sea mayor a 2 mm (Cardozo Gavis, 2011, pp. 16-17).

El tablero de distribución debe ser accesible solo desde el frente: debe construirse en lámina de acero de espesor mínimo 0.9mm para tableros hasta de 12 circuitos y en lámina de acero de espesor mínimo 1,2mm para tablero desde 13 hasta 42 circuitos (Cardozo Gavis, 2011, p. 17).

### **2.9.7 Diagrama unifilar**

“El diagrama unifilar es la representación gráfica de una instalación eléctrica. En él se indican todos los componentes activos y pasivos de la instalación” (Cardozo Gavis, 2011, p. 31).

El uso de Diagramas Unifilares se recomienda en planos de Instalaciones Eléctricas de todo tipo, sobre todo cuando estas incluyen varios circuitos o ramales. Se complementan de manera esencial con los Diagramas de Conexiones. Con ambos esquemas quien realiza una instalación eléctrica

sabe perfectamente por donde “tender” cada uno de los conductores físicamente.(Potencia eléctrica, 2104)

## **2.10 Protecciones eléctricas en el sistema fotovoltaico**

### **2.10.1 Puesta a tierra**

La resistencia eléctrica del sistema de puesta a tierra deberá ser inferior a 20 ohmios para inmuebles con demandas de hasta 250 KVA y de 10 ohmios para inmuebles con demandas superiores a 250 KVA y menores a 1,000 kW; si fuera mayor, deberán utilizarse un sistema de puesta a tierra adecuado que permita cumplir con el valor indicado en el diseño (Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC EP, 2012, p. 37).

La función de la puesta a tierra (p.a.t) de una instalación eléctrica es la de forzar la derivación, al terreno, de las intensidades de corriente, de cualquier naturaleza que se puedan originar, ya se trate de corrientes de defecto, bajo frecuencia industrial, o debidas a descargas atmosféricas, de carácter impulsional.(García Márquez, 1991, p. 8)

Con ello se logra:

- Limitar la diferencia de potencial que, en un momento dado, puede presentarse entre estructuras metálicas y tierra,
- Posibilitar la detección de defectos a tierra y asegurar la actuación y coordinación de las protecciones, eliminando o disminuyendo, así, el riesgo que supone una avería para el material utilizado y las personas.
- Limitar las sobretensiones internas (de maniobra -transitorias- y temporales) que puedan aparecer en la red eléctrica, en determinadas condiciones de explotación.
- Evitar que las tensiones de frente escarpado que originan las descargas de los rayos provoquen "cebados inversos", en el caso de instalaciones de exterior y, particularmente, en líneas aéreas (García Márquez, 1991, p. 8)

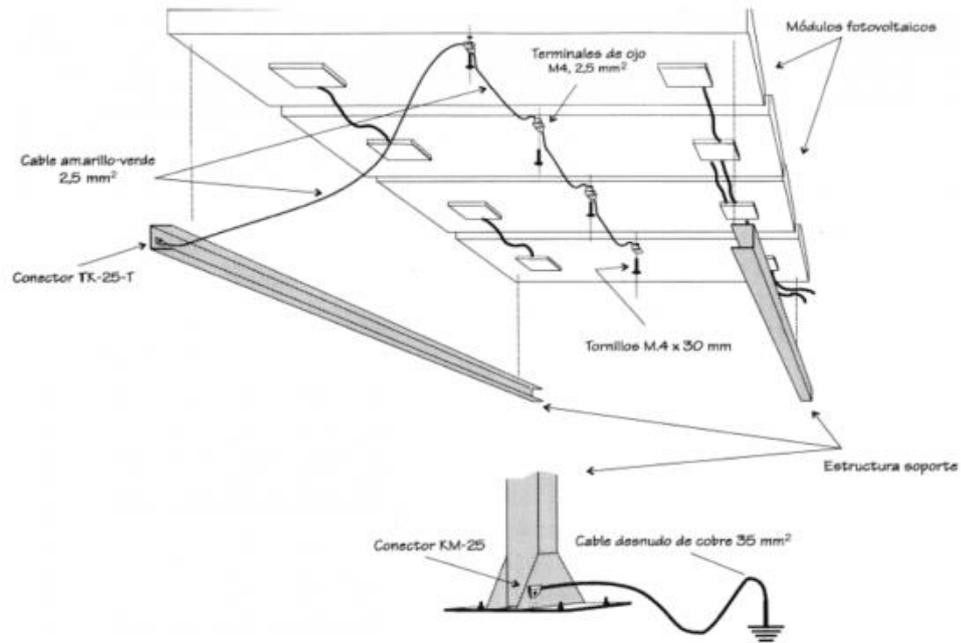


Figura 2. 13: Puesta a tierra de los paneles solares.  
Fuente: (SunField Europe, 2017)

Para las puestas a tierra tomaremos en cuenta algunos esquemas que podemos usar, entre ellos tenemos los esquemas de distribución que indica la (PLC Madrid, s. f., p. 216) son tres; TN,TT y los IT, cada letras tienen su significado, las primeras letras se refieren a la alimentación con respecto a la tierra, la segunda se trata de la masa con respecto a tierra. Existe otras letras que se adicionan y se refieren al lugar referente del conductor al neutro o a la protección.

“Los esquema TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o el compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección”(PLC Madrid, s. f., p. 216).

De este esquema se derivan tres tipos; los TN-S donde el cable del neutro y la protección no están juntos, el TN-C que se encuentra en neutro y el conductor de la protección combinados, y el TN-C-S donde el neutro y la protección están acopladas en un mismo conductor (PLC Madrid, s. f., pp. 217-218).

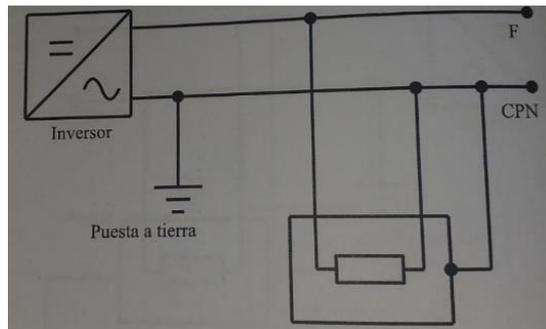


Figura 2. 14: Esquema TN-C  
Fuente: (Mascarós Mateo, 2015, p. 159)

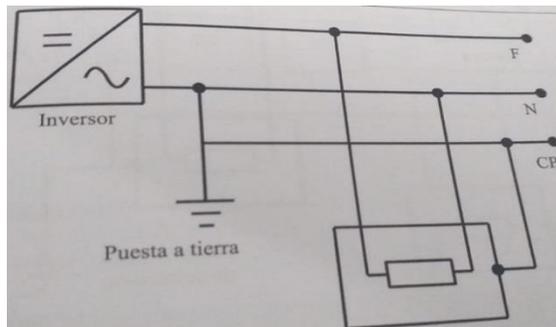


Figura 2. 15: Esquema TN-S

Fuente: (Mascarós Mateo, 2015, p. 159)

En el esquema TT el neutro y partes conductoras están unida a la puesta a tierra de forma separadas. Según referencias en (ABB, s. f., p. 6) “En este tipo de instalaciones eléctricas, el neutro suele estar distribuido y su función es hacer que la tensión de fase (p. ej. 230 V) esté disponible para la alimentación de las cargas monofásicas de instalaciones civiles”.

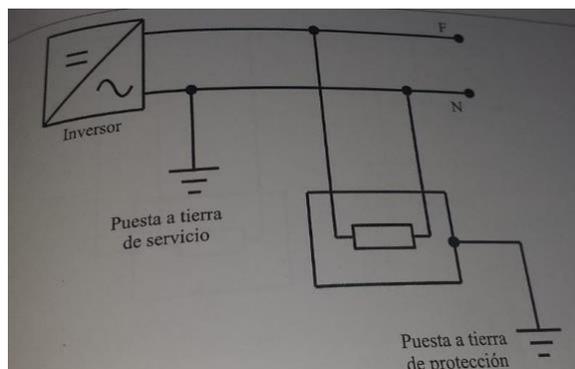


Figura 2. 16: Esquema TT  
Fuente: (Mascarós Mateo, 2015, p. 159)

Los sistemas IT no tienen piezas activas conectadas a tierra directamente, pero pueden tener piezas en tensión conectadas a tierra a través de una impedancia de valor elevado (Figura 7). Todas las piezas conductoras expuestas, por separado o en grupo, están conectadas a un electrodo de tierra independiente. (ABB, s. f., p. 7)

“La corriente de defecto a tierra vuelve al nudo de alimentación a través de la conexión a tierra de las piezas conductoras expuestas y de las capacidades parásitas a tierra de los conductores de línea” (ABB, s. f., p. 7)

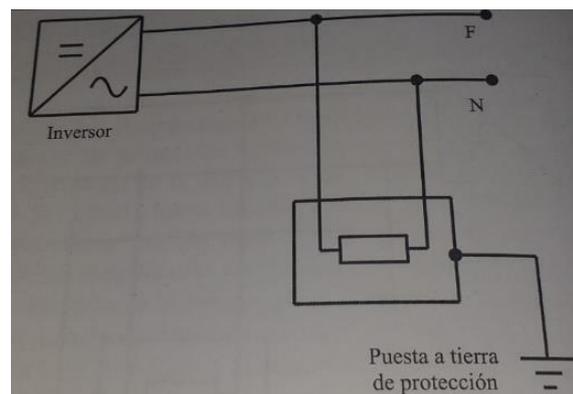


Figura 2. 17: Esquema IT  
Fuente: (Mascarós Mateo, 2015, p. 160)

### 2.10.2 Interruptores diferenciales

Éste dispositivo electromagnético, nos protege de las consecuencias que se pueden derivar de una fuga de corriente en nuestra instalación. Se llama diferencial porque es capaz de medir la posible diferencia entre la corriente de entrada y la de retorno en un sistema eléctrico (Parra, 2013).

El funcionamiento de este es capaz de censar la corriente que ingresa y sale, cuando aquella corriente pasa por el interruptor y se sobrepasa la cantidad de la que esta puesta al circuito eléctrico, activa un electroimán y abre el circuito así impidiendo el paso de intensidad de corriente, por lo cual es muy beneficioso para descargas eléctricas contra las personas. Se recomienda realizar pruebas al botón del interruptor para su buen funcionamiento (Parra, 2013).

Existen diferentes grados de sensibilidad para establecer el valor de la corriente con el flujo que se desconectara:

- Muy alta sensibilidad: 10 mA
- Alta sensibilidad: 30 mA
- Sensibilidad norma: 100 y 300 mA
- Baja sensibilidad: 0.5 y 1 A (Parra, 2013)

### **2.10.3 Contactor**

“Un contactor es un dispositivo de maniobra automático con poder de corte, es decir, puede cerrar o abrir circuitos con carga o en vacío. Se puede definir como un interruptor accionado a distancia por acción de un electroimán” (Cardozo Gavis, 2011, p. 20).

### **2.10.4 Magnetotermico**

La principal característica del Magnetotermico es la desactivar la fuente de donde ingresa la corriente de un valor elevado con respecto a la corriente nominal del dispositivo. Estas fallas se dan por las sobrecargas del sistema eléctrico o específicamente por el circuito que está protegido (Rodríguez, 2015).

El interruptor magnetotérmico basa su funcionamiento en una chapa de material bimetálico. La característica de este material es que se curva con el calentamiento que se produce a partir de un determinado valor de intensidad en función de la intensidad nominal del interruptor. La deformación de este bimetal arrastra una serie de contactos que abren el circuito donde se ha producido la sobreintensidad.(Rodríguez, 2015)

## **2.11 Mantenimiento del sistema eólico - fotovoltaico**

Para el mantenimiento del sistema eólico - fotovoltaico hay que tener presente los diversos accesorios que se cuentan.

Los paneles solares por ser una estructura que no contiene partes móviles y las células que dentro de ellas contiene están recubiertas con algunas capas de material que las protegen, el mantenimiento que este debe tener es básico dependiendo el ambiente donde se encuentre instalado. (Fundación ICAI, s. f., p. 5)

Para este mantenimiento se puede tomar en cuenta lo siguientes:

- Se debe limpiar con un paño húmedo y con un poco de detergente, preferiblemente se lo hará en las horas que no allá radiación solar y desconectados las borneras de los paneles.
- Se verificará que las conexiones estén apretadas.
- Se verificará que los soportes estén en perfectas condiciones si es caso de acero se dará tratamiento con pintura antioxidante.
- Si en caso de tener árbol en el lugar de la instalación se podara las ramas las cuales afecten al rendimiento de los paneles (Fundación ICAI, s. f., p. 5).

Las baterías o acumuladores entre las que se usan más son las de plomo – ácido y las de níquel – cadmio. Siendo la primera las que más mantenimiento se les dan al contrario de las segundas. El tipo de precauciones que hay que tomar, aunque para este sea un mantenimiento de lo más básico se puede correr peligro ya que están compuesta de materiales químicos que afectarían a la persona (Fundación ICAI, s. f., p. 6).

Para que la vida útil de la batería sea eficiente hay que tener presente los siguientes datos:

- La ubicación que se debe colocar las baterías tienen que estar colocadas en un lugar ventilado y protegidas por los rayos solares ya que el calor excesivo crece la ebullición del agua del electrolito.
- Mantener los niveles del agua destilada ósea que llegue a completar hasta el tope donde cubra totalmente la placa o a donde el fabricante lo señale.
- Mantener limpios y apretados los bornes de las conexiones con antioxidantes para que no se sulfate.
- Comprobar las cargas de las baterías que no sea distintas a las celdas de las baterías (Fundación ICAI, s. f., p. 6).

Hay que tener precaución con los electrolitos que están dentro de las baterías que acido diluido las cuales pueden causar daños a la piel e inclusive a los ojos. Para estos accidentes si se llegase a suscitar hay que de

inmediatamente lavar las zonas afectadas con abundante agua por más de un minuto y de inmediatamente acudir a un centro de salud para su respectivo chequeo al fin de precautelar su salud (Fundación ICAI, s. f., pp. 7-8).

Además de la acumulación de energía que las baterías presentan, por lo que se recomiendan despojarse de relojes, anillos, cadenas y de otros objetos metálicos que se tengan como accesorios en el cuerpo, adicional a eso manipular con herramientas con aislamientos (Fundación ICAI, s. f., p. 8).

Sobre el regulador de cargas los mantenimientos son muy básicos entre las que se puede mencionar las siguientes:

- Mantener en posición correcta, en un lugar donde no exista polvo y que no tenga acceso a los rayos solares.
- Tener precauciones sobre los ruidos ya que puede afectar al funcionamiento.
- Mantener las conexiones en perfecto estado y apretados (Fundación ICAI, s. f., p. 8).

Los mantenimientos de los inversores igualmente son básicos en los sistemas híbridos el cual se puede hacer una revisión anual para que logre tener una vida útil eficaz (Fundación ICAI, s. f., p. 10).

- Mencionaremos los siguientes pasos de control para su mantenimiento:
- Mantener limpio, ventilado y ausencia de los rayos ultravioleta en el lugar que esté instalado.
- Atender los ruidos que el equipo puede provocar
- Pulsar mensualmente el correcto funcionamiento del botón de paro de emergencia (Fundación ICAI, s. f., p. 10).

Por ultimo sobre las cargas (equipos conectados) y los conductores este mantenimiento viene dado a la revisión que se le hará al sistema fotovoltaico en general, ya que su revisión los equipos conectados al sistema funcionará en perfecto orden y sin ningún problema (Fundación ICAI, s. f., p. 11).

Adicional a lo antes mencionado se pueden tener en cuenta algunos consejos:

- Realizar las desconexiones de los equipos cuando exista tormentas eléctricas para prevenir averías.

- Los cálculos hechos para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico no deben sobrepasar al ya establecido ya que puede provocar un mal funcionamiento el dicho sistema.
- Usar solo los componentes que este especificado por el fabricante, en el caso de las baterías solo usar agua destilada.
- Lo más importante que el mantenimiento se lo realice de personas capacitadas para efectuar el trabajo (Fundación ICAI, s. f., p. 11).

## **2.12 Ventajas y desventajas del sistema eólico - fotovoltaico**

El uso de esta energía híbrida si bien es cierto está a disposición de todas las personas en el mundo y cuenta con muchas ventajas para su instalación, pero así mismo tiene algunas contras de las que enumeraremos las siguientes:

Es una energía limpia que transforma la radiación solar en energía eléctrica sin contaminar el medio ambiente y una fuente inagotable en el planeta. Además, es una muy buena iniciativa para combatir el efecto invernadero a consecuencia del CO<sub>2</sub> que se emana de los combustibles fósiles que se queman en las plantas de eléctricas e industrias que trabajan con ellos y con esta aplicación se reduce un gran porcentaje el ruido (Flores V., 2016).

Es una energía que tiene disponibilidad para todas las personas del mundo además como indica Barley et al (como se citó en Flores V., 2016) señala que “La luz del sol es la fuente de energía más grande disponible. Proporciona a la Tierra más energía e 1 hora de lo que se consume en el planeta en un año entero”

Por esta razón es unas de las energías junto a la eólica que más se ha incrementado en su producción para el conjunto energético del mundo (Flores V., 2016).

Su autonomía también es mencionable ya que no es necesario muchos cableados, ya que las instalaciones de los sistemas fotovoltaicos estarían junto a los lugares que se van a suministrar la energía. Es un ejemplo en los domicilios que se encuentran lejos de las redes de suministro eléctricos donde es difícil el acceso del cableado las personas instalan los paneles solares cerca de las cargas y así independizarse electricidad proporcionada por el gobierno (Flores V., 2016).

Debido a sus aspectos de construcción tiene bajos mantenimientos y extensa vida útil ya que en el momento de la instalación del sistema el funcionamiento de este tiene un tiempo largo funcionando sin que una persona esté a cargo de su supervisión, lo único que se puede tener en cuenta es de su limpieza en los paneles y que los equipos electrónicos estén protegidos contra la intemperie del ambiente como es la lluvia, el sol, polvo etc., y demás que provoquen su mal funcionamiento (Flores V., 2016).

Debido a su diseño puede ser modular en cuanto los paneles se pueden construir en diferentes tamaños así con esto disponer desde un sistema para abastecer a naves espaciales, satélites, ciudades, casas, calculadoras, relojes, teléfonos etc.(Flores V., 2016).

El uso de la energía tiene muchas variedades que pueden ser desde para calentar el agua de las casas, piscina, o los calefones para el ambiente de las casas, o como para la generar electricidad (Flores V., 2016).

Entre las desventajas podemos tener las siguientes:

Su inversión monetario inicial pueden que afecten las instalaciones de los sistemas para zonas residenciales ya que son muy elevados y no está exequible para familia con pocos recursos económicos donde si bien es cierto se podrán instalar sería para una carga baja como por ejemplo para iluminación por lo contrario para una familia con recursos económicos amplios que pueden costear una instalación más amplia para todo el consumo general de su casa (Veloso, 2016).

La visión del ambiente se puede ver afectada ya que, si se requeriría proporcionar energía a una ciudad, así como las instalaciones de grandes torres de la energía eólica que necesita amplias extensiones de tierras para suministrar energía eléctrica es similar con la energía solar fotovoltaica que necesitan mucho espacio de tierra para suministrar energía eléctrica (Veloso, 2016).

El sol ocupa grande partes en el planeta, pero su ausencia de radiación en diferentes lugares, o estaciones del año y el clima, es una inestabilidad en

cuanto a la cantidad de energía que se necesite y a su disposición baterías que se necesite (Veloso, 2016).

### **2.13 Iluminación**

Primeramente, podemos comenzar indicando que la energía de la luz se encuentra definido hasta los actuales de los tiempos como diminutas partículas que se llaman fotones que viajan a través de un campo ondulatorio electromagnético. Para los diseños de la iluminación hay que tener en cuenta las siguientes magnitudes (García García & Yusta Loyo, 2015, p. 6).

El flujo luminoso (García García & Yusta Loyo, 2015) afirma:

Toda fuente de luz es un dispositivo para transformar energía de un estado a otro. Esta transformación de energía no es muy eficiente. La mayor parte de la energía se transforma en infrarrojo, cercano y lejano, con lo que sólo una pequeña parte de la emisión es visible. (p. 23)

Cantidad de flujo luminoso emitido por cada uno de los rayos que la fuente emite en una determinada dirección por unidad de ángulo sólido. Magnitud que expresa la distribución del flujo luminoso en el espacio. Esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido o estéreo que se mide en estereorradianes. (Blanca Giménez, Castilla Cabanes, Antón Martínez, & Pastor Villa, s. f., p. 3)

La iluminancia según (García García & Yusta Loyo, 2015, p. 26) indica “Cantidad de flujo luminoso que recibe una superficie por unidad de área de dicha superficie, supuesta uniformemente iluminada”.

Para que el lector pueda hacerse una idea de estas magnitudes, le será útil saber que en un día soleado de verano ofrece 100.000 lux a 4 pleno sol y 10.000 lux a la sombra; con el cielo cubierto el valor luxométrico está en torno a 20.000 lux, mientras que en una noche de luna llena la medida sería tan sólo de 0.2 lux. Para percibir el efecto de un rostro humano y poder reconocerlo sin esfuerzo hace falta una iluminación de 200 lux, y con 20 lux los rasgos son apenas visibles. (Ballester-Olmos, s. f., p. 5)

Algunos autores establecen 5-10 lux como intensidad mínima a lograr en paseos peatonales, senderos, etc., pero en general se considera que

201lux es el valor mínimo aconsejable para todas las zonas por donde circulan personas, incluyendo caminos, escaleras y cambios de nivel, debiéndose aumentar a unos 100 lux en los puntos importantes de confluencia de la red viaria del parque. (Ballester-Olmos, s. f., p. 6)

#### **2.14 Regulación para los sistemas híbrido eólico - fotovoltaico en Ecuador**

El gobierno de Ecuador determina la regulación “Microgeneración fotovoltaica para abastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica” el 27 de noviembre de 2018 con una capacidad nominal instalada hasta 100kW y donde podrán trabajar conjuntamente con la red de distribución (ARCONEL, 2018).

El requisito para la instalación es la siguiente

Memoria descriptiva.- descriptiva del estudio preliminar del proyecto, avalado por un profesional, cuyas competencias estén determinadas en la Ley de ejercicio profesional de la ingeniería y el Reglamento de aplicación a ley, en el cual, se deberán adjuntar en lo que fuera aplicable de acuerdo al dimensionamiento del SFV, los siguientes estudios e información: (ARCONEL, 2018).

- Diagrama unifilar de la instalación
- Especificaciones generales del equipamiento
- Esquema de conexión a la red de distribución de medio o bajo voltaje
- Estudio del sistema de protecciones y equipo de seccionamiento
- Número y potencia de los paneles foto voltaicos
- Potencia total instalada del sistema fotovoltaico
- Características de los inversores (ARCONEL, 2018)

Para los interesados en participar en los sistemas fotovoltaicos y entregar la energía a la red de distribución se realizará por un balance mensual neto de energía.

En los casos del balance mensual neto de energía la (ARCONEL, 2018) indica que cuando “exista un remanente negativo a facturar al consumidor, la empresa de distribución valorará la energía consumida a la tarifa

correspondiente del pliego tarifario aprobado por ARCONEL y será facturada al consumidor con  $\mu$ SFV, conforme lo establece el contrato de suministro” en donde no se encuentra sujeto los subsidio de las tarifas de dignidad ni cruzado.

En el caso del remanente sea positivo la (ARCONEL, 2018) indica “esta energía se considerará como crédito de energía a favor del consumidor que se pasa al siguiente mes y así sucesivamente, hasta un periodo máximo de reseteo”.

“Cabe destacar que los reseteo serán después de dos años en el momento que se otorga la autorización para operar el sistema fotovoltaico” (ARCONEL, 2018)



### **3.2 Datos climatológicos de la ciudad de Guayaquil**

El Ecuador es considerado un país con diferentes regiones y climas dentro de su espacio territorial, donde existen variedades de recursos naturales los que se provechan para el beneficio de su población. Tiene 4 regiones, costa, sierra, oriente e insular, donde cada una de ellas ofrecen medios para la producción de energía eléctrica. En este caso indicaremos los beneficios de la costa y especialmente la de Guayaquil donde se instalará el sistema híbrido.

Este sistema híbrido consta de la energía solar que la proporciona el sol más la eólica que depende del viento.

El aprovechamiento de la energía solar de Guayaquil depende de la irradiación que existe en la ciudad. Existe 5 niveles en el país, Guayaquil se encuentra en nivel de irradiación número 3 y la HSP está entre 4 como mínimo y 4.67 máximo en el día.

El rendimiento de la energía eólica en Guayaquil depende del viento que entrega al aerogenerador. En los cálculos se utilizará una velocidad de viento de 10.7 a 13.6 m/s.

### **3.3 Cálculos para el sistema híbrido**

Para el dimensionamiento de toda la instalación eléctrica con el sistema híbrido, iniciamos con la ubicación exacta, y además con su clima que en este se encuentra.

Después seguiremos con los cálculos del sistema eléctricos, donde se dimensionará la iluminación de la cancha de futbol 5 y la climatización que necesita la oficina para su funcionamiento óptimo. Seguidamente se tomará en cuenta las cargas que se va a energizar con el sistema, teniendo en cuenta principalmente las horas y días de funcionamiento. El sistema híbrido constara de paneles solares, aerogeneradores, estos dos constara cada uno con su regulador de voltaje, el banco de baterías y así como el inversor. Todo este conjunto entregara al panel de control toda su energía para así distribuirla correctamente a las cargas, ya habiendo tomado en cuenta sus conductores y sus protecciones.

Hay que mencionar como este es un sistema que constará por dos generadores se tendrá que dividir el suministro total por los dos, tanto paneles solares como aerogenerador.

Para los cálculos se usó fórmulas de textos, tesis y videos de:

- Vicente Mascarós Mateo "Instalaciones generadoras fotovoltaicas"
- Google Maps
- Chamorro Quitama y Muyulema Masaquiza "Datos de los vientos"
- Tutoriales de calculadoras "Videos"

### 3.4 Cálculo de la iluminación del complejo

El cálculo de la iluminación de la cancha se tomará los datos de la altura del poste, la distancia que hay entre la cancha y el poste de las luminarias, el lugar donde está ubicada la cancha.

Como primer paso hay que calcular la iluminancia media que debe de proporcionar los reflectores, el cual viene dada por la fórmula:

Donde:

***E<sub>med</sub>*** = *iluminancia media*

***φ<sub>t</sub>*** = *total de lúmenes incidente en una superficie*

***f<sub>u</sub>*** = *factor de utilización (ancho de la cancha, sobre la altura del montaje)*

***f<sub>m</sub>*** = *factor de conservación (depreciación del flujo lum. en cond. ambiente)*

***Área*** = *superficie a iluminar*

$$E_{med} = \frac{\phi_t * f_u * f_m}{\text{Área}}$$

$$E_{med} = \frac{23000 * 0.40 * 0.7}{12m * 20m}$$

$$E_{med} = \frac{6440}{240m^2}$$

$$E_{med} = 26.83 \text{ lux}$$

$$\text{Cantidad de reflectores} = \frac{100 \text{ lux}}{26.83 \text{ lux}} = 3,84 \approx 4 \text{ unidad}$$

La cantidad de lux necesaria para iluminar la cancha de futbol 5 requiere es de 100 lux en campo abierto, las luminarias debido a un flujo luminoso de 23000 lúmenes darán como la cantidad de 4 reflectores para toda la superficie.



Datos técnicos	
<b>Modelo</b>	PRO250
<b>Tipo</b>	LED
<b>Potencia</b>	250W
<b>Tensión</b>	240V
<b>Lúmenes</b>	23000
<b>Costo</b>	\$ 1040

### 3.5 Levantamiento de la potencia eléctrica instalada en el complejo

Tabla 3. 1: Potencia total del complejo deportivo

Cuadro de Cargas									
	Cant	Descrip	Volt	Pot Watt	Pot T Watt	Horas	Días	wh/día	wh/mes
	4	Reflect. LED	240	250	1000	7	6	7000	42000
	12	focos LED	120	20	240	7	6	1680	10080
	1	Refrigerador	120	650	650	24	6	15600	93600
	1	A/A 12000 btu	240	1300	1300	12	7	15600	109200
	1	Computador	120	200	200	8	6	1600	9600
	1	Modem	120	20	20	12	7	240	1680
	2	Televisor	120	175	350	6	5	2100	10500
	1	Decodif	120	20	20	12	7	240	1680
	1	Impresora	120	200	200	5	7	1000	7000
	1	Ventilador	120	150	150	12	5	1800	9000
	1	Equipo de sonido	120	120	120	5	5	600	3000
	1	Bebedero	120	100	100	12	7	1200	8400
	26								
<b>Total en W</b>					<b>4350</b>			<b>48660</b>	<b>305740</b>
<b>Total en KW</b>					<b>4,35</b>			<b>48,66</b>	<b>305,74</b>

Fuente: Autor

Para el correcto dimensionamiento del sistema híbrido, se tiene que calcular el consumo medio diario de las cargas que van a energizarse, y se sumaran las perdidas tanto de las baterías, inversor y conductores, por la siguiente formula:

$L_{MD}$ : Energía media diaria

$L_{MD,CA}$ : Energía media diaria en CA

$n_{INV}$ : Rendimiento del inversor

$n_{BAT}$ : Rendimiento de la batería

$n_C$ : Rendimiento de los conductores

$$L_{MD} = \frac{L_{MD,CA}}{n_{INV} * n_{BAT} * n_C}$$

$$L_{MD} = \frac{48660}{0,98 * 0,85}$$

$$L_{MD} = \frac{54066.66667}{0.833}$$

$$L_{MD} = 64905.96 \text{ wh/día}$$

El resultado de la energía que se tiene que suministrar por parte de los generadores es de 64905. 96 wh/día, el cual se tiene que dividir para los paneles y los aerogeneradores

### 3.6 Dimensionar los aerogeneradores

Los aerogeneradores tendrán se tendrá en cuenta el porcentaje de viento que circula por la ciudad de Guayaquil, se tomará la velocidad de 10.6 a 13.6 m/seg del estudio realizado por el Sr. Quitama. Según los datos la información de las cargas es de 48660 wh/día o bien de 48.60 Kwh/día. Por lo cual se tomó como primer punto el dimensionamiento de los aerogeneradores.

Para esto se obtendrá 2 aerogeneradores de 1500 wh donde se multiplicará por 12 horas, total de 36000 wh/día.



Datos técnicos	
<b>Modelo</b>	Zonhan ZH1.5
<b>Origen</b>	Chino
<b>Potencia nominal</b>	1500W
<b>Potencia máxima</b>	1800W
<b>Diámetro de hélice</b>	3.2 met
<b>Velocidad de arranque</b>	4 m/seg
<b>Velocidad potencial</b>	9 m/seg
<b>Rotación</b>	380 rpm
<b>Tensión</b>	24VDC
<b>Costo</b>	\$ 4000

### 3.7 Selección del regulador de cargas para los aerogeneradores

Para dimensionar el correcto de los aerogeneradores, se calculará la corriente máxima tanto de entrada como la de salida.

Donde:

$P_{CA}$  : Potencia activa total

$Q_{CA}$  : Potencia reactiva total

$S_{CA}$  : Potencia aparente total

$\Sigma P_i$  : Suma de las potencia activa de cada una de las cargas

$I_E$  : Corriente de entrada

$I_S$  : Corriente de salida

Para esto contaremos con los siguientes formulas:

$$P_{CA} = \Sigma P_i = 4350 \text{ w}$$

$$Q_{CA} = \Sigma Q_i = P_{CA} * \text{tang} (\cos^{-1} \varphi)$$

$$Q_{CA} = 4350 \text{ w} * \text{tang} (\cos^{-1} \varphi)$$

$$\mathbf{Q_{CA} = 1981.425 VAR}$$

$$S_{CA} = \sqrt{P_{CA}^2 + Q_{CA}^2}$$

$$S_{CA} = \sqrt{4350^2 + 1981.425^2}$$

$$S_{CA} = \sqrt{22848545.03}$$

$$\mathbf{S_{CA} = 4780.01 VA}$$

$$I_E = 1.25 * I_{MÓD,SC} * N_P$$

$$I_E = 1.25 * 62.5$$

$$\mathbf{I_E = 78.125 A}$$

$$I_S = 1.25 * \frac{\frac{S_{CA}}{n_{INV}}}{V_N}$$

$$I_S = 1.25 * \frac{\frac{4780.01}{0.9}}{48}$$

$$I_S = 1.25 * \frac{5311.127967}{48}$$

$$\mathbf{I_S = 138.01 A}$$



Datos técnicos	
<b>Modelos</b>	MPPT 250/85
<b>Tensión de la batería</b>	12-24-48 V
<b>Corriente de carga nominal</b>	85A
<b>Tensión máxima de circuito abierto FV</b>	250 máx.
<b>Autoconsumo</b>	35mA a 12V / 20mA a 48V
<b>Costo</b>	\$ 815

### 3.8 Ubicación de los paneles solares

Para considerar el ángulo para su buen funcionamiento, se colocarán los paneles a una inclinación de  $2^\circ$  en un plano horizontal como se detalla en la figura 2.12.

*Inclinación:  $2^\circ$*

### 3.9 Dimensionar paneles solares

Para realizar el cálculo de las cantidades de paneles solares que se necesitan instalar en sistema híbrido. Se tomará en cuenta la energía que produce los aerogeneradores el cual es de 36000 Wh/día, y la diferencia tendrá que suministrarla la energía solar.

La energía restante que suministrará los paneles solares será de 29000 wh.

Donde:

$E_{DMF}$ : Energía producida por un modulo

$P_{MÓD,STC}$ : Potencia máxima del módulo

$V_{MÓD,MPP}$ : Voltaje del módulo

$V_N$ : Voltaje de la instalación

$HSP$ : Hora solar pico diaria en el mes crítico

$PR$ : Degradación del módulo

$NT$ : Número de módulos

$NS$ : Módulos en serie

$NP$ : Módulos en paralelo

$$E_{DMP} = P_{MOD,STC} * HSP * \frac{V_{pm\acute{a}x}}{V_P}$$

$$E_{DMP} = 320 \text{ Wh/día} * 4 * \frac{37.1 \text{ V}}{24 \text{ V}}$$

$$E_{DMP} = \mathbf{1971.2 \text{ Wh/día}}$$

$$NT = \frac{L_{MDCA}}{E_{DMF}} = \frac{29000 \text{ W}}{1971.2 \text{ W}} = 14.71 \approx \mathbf{15}$$

$$NS = \frac{V_T}{V_P} = \frac{48}{24} = \mathbf{2}$$

$$NP = \frac{NT}{NS} = \frac{15}{2} = 7.5 = 7 - 8$$

Según los resultados los 29000 wh que tendrá que cubrir los paneles solares, se necesitarán 15 módulos solares, donde se tendrá 2 conexiones en serie y 7-8 en paralelo.



Datos técnicos	
Modelo	Amerisolar
Tipo de panel	Policristalino
Pot. del panel solar	320W
Voltaje de trabajo	24V
Corriente de SC	9A
Tensión máxima	37.1V
Eficiencia del modulo	16.49%
Garantía	25 años
Costo	\$ 3420

### 3.10 Selección del regulador de cargas para los paneles

Para dimensionar el correcto regulador de carga de los paneles solares, se calculará la corriente máxima tanto de entrada como la de salida.

Para esto contaremos con los siguientes formulas:

$$I_{Entrada} = 1.25 * I_{MÓD,SC} * N_P$$

$$I_{Entrada} = 1.25 * 9 * 8$$

$$I_{Entrada} = 90 A$$

$$I_C = 1.25 * \frac{S_{CA}}{V_N}$$

$$I_C = 1.25 * \frac{4780.01}{48}$$

$$I_C = 1.25 * \frac{5311.127967}{48}$$

$$I_C = 1.25 * 110.6484993$$

$$I_C = 138.31 A$$



Datos técnicos	
Modelos	MPPT 250/100
Tensión de la batería	12-24-48 V
Corriente de carga nominal	100A
Tensión máxima de circuito abierto FV	250 máx.
Autoconsumo	35mA a 12V / 20mA a 48V
Costo	\$ 910

### 3.11 Cálculo de banco de baterías

Para el cálculo del banco de batería es necesario conocer la capacidad nominal normal y en días de autonomías, con las siguientes formulas:

Donde:

$C_D$ : Capacidad nominal de la batería

$C_E$ : Capacidad nominal estacionaria de la batería

$PD_D$ : Profundidad de descarga diaria

$PD_E$ : Profundidad de descarga estacional

$D_{AUT}$ : Días de autonomía

$I_{SC}$ : Corriente de corto circuito

$C_n$  : Capacidad nominal

$$C_D = \frac{L_{MD}}{P_{DD} * V_N}$$

$$C_D = \frac{64905.96239 \text{ wh/día}}{0.2 * 48V}$$

$$C_D = \mathbf{6761.03 \text{ Ah/día}}$$

$$C_D = \frac{L_{MD} * D_{AUT}}{P_{DE} * V_N}$$

$$C_E = \frac{64905.96239 \frac{\text{wh}}{\text{día}} * 3}{0.7 * 48V}$$

$$C_E = \mathbf{5795.17 \text{ Ah/día}}$$

$$C_n \leq \text{máx} (C_D C_E) = 6761.03 \text{ Ah/día}$$

$$I_{SC} = 9 * 15$$

$$I_{SC} = 135 \text{ A}$$

$$C_n \leq 25 * I_{SC} = 25 * 135 = 3375 \text{ Ah/día}$$

$$N_S = \frac{48 \text{ V}}{24 \text{ V}} = 2$$

$$N_P = \frac{C_D}{C_B} = \frac{6761.03 \text{ Ah}}{1120 \text{ Ah}} = 5.89 \approx 6$$

$$N_T = N_S * N_P = 2 * 6 = \mathbf{12}$$



Datos técnicos	
Modelo	ENERSOL T 370
Tipo de batería	Estacional
Voltaje de batería	24V
Ah de la batería	1150
Energía útil almacenada	16.49%
Garantía	2 años
Costo	\$ 15984

### 3.12 Selección de Inversor

Para obtener el inversor adecuado hay que conocer la potencia aparente total de la demanda y además con un margen de seguridad del 1.25 %.

Donde:

$S_{INV}$  : Potencia aparente del inversor

$S_{CA}$  : Potencia aparente en corriente alterna

Dada por la siguiente formula:

$$S_{INV} = 1.25 * S_{CA}$$

$$S_{INV} = 1.25 * 4780.01$$

$$S_{INV} = 5975.01 \approx 6000 VA$$

En este caso se tendrá dos inversores de 3300VA cada uno.



Datos técnicos	
Modelo	Inversor Solax X1-3.3
Potencia de entrada del inversor	3300 VA
Voltaje de trabajo del inversor	240V
Potencia salida continua	3300 VA
Tipo de Onda	Sinusoidal Pura
Costo	\$ 1100

### 3.13 Costo de la instalación eléctrica híbrido

Tabla 3. 2: Cotización de materiales

Precio de las partes para el Sistema Híbrido				
Descripción	Modelo	Cant	Costo x unid	Costo total
<b>Paneles solares</b>	Amerisolar	15	\$ 228,00	\$ 3.420,00
<b>Aerogenerador</b>	Zonhan ZH1.5	2	\$ 2.000,00	\$ 4.000,00
<b>Regulador</b>	MPPT 250/85	1	\$ 815,00	\$ 815,00
<b>Regulador</b>	MPPT 250/100	1	\$ 910,00	\$ 910,00
<b>Inversores</b>	Inversor Solax X1-3.3	2	\$ 550,00	\$ 1.100,00
<b>Baterías</b>	Enersol 370	12	\$ 1.332,00	\$ 15.984,00
<b>Reflectores</b>	PRO250	4	\$ 260,00	\$ 1.040,00
<b>Total</b>				<b>\$ 27.269,00</b>

Fuente: Autor

## Capítulo 4

### 4.1 Conclusiones

- La energía renovables cuentan con diversidades de formas de generar electricidad por medio del agua, mar, aire y el fuego son potenciales de la naturaleza que están al alcance de toda la humanidad, a consecuencia del efecto invernadero se ha logrado innovar nuevas tecnologías en muchas de las energías ecológicas y que no necesitan de combustibles fósiles.
- La energía solar con la eólica es una de las más utilizadas en el mundo, desde las comunidades alejadas de las ciudades se benefician de ellos, hasta las grandes industrias que optan por seguir con esta línea ecológica, este recurso es ilimitado, aunque en diferentes partes llegue con distintos niveles.
- Los sistemas híbridos son muy eficientes ya que no solo cuenta con un recurso que es el sol, sino que también con el viento, su duración para generar electricidad son años de vida, debido a su poco mantenimiento el usuario que incorpore este sistema se verá muy satisfecho. También es prescindible realizar un estudio detallado en los lugares que se los vayan a instalar, ya que las zonas no son las mismas donde existe irradiación como velocidades de viento.
- El costo del sistema es algo muy importante que tomar en cuenta, ya que el valor de los accesorios o materiales que conforman el sistema tienen elevados precios, especialmente las baterías e inversores. Así que sería factible un buen estudio económico para ver si es rentable este proyecto.

## 4.2 Recomendaciones

Si en proyecciones a futuro se desea instalar este sistema, ya sea fotovoltaico, eólico o híbridos se dan las siguientes recomendaciones:

- La ciudad de Guayaquil está en el tercer nivel de irradiación solar en el Ecuador por lo que el uso de energía fotovoltaica y la eólica con una velocidad de 10 m/seg es una buena opción para generar electricidad e independizarse del servicio eléctrico público.
- Los materiales que se vayan a usar deben de ser de buena calidad, para que el sistema sea rentable y tenga largos años de vida.
- Escoger que aparatos que sean importantes y cuáles son los que demandan mayor cantidad de energía.
- Se debe de contar con el espacio adecuado para realizar las instalaciones de los paneles, y también de los aerogeneradores si es necesario.
- Las instalaciones de estos sistemas, deben de ser realizados por empresas que tengan experiencia en el campo, que cuentan con personal capacitado e instrumentos de primera mano. Además, que es muy indispensable por que darán los estudios correctos, ya sea solar como eólica y contara con garantía por cualquier avería. Es importante destacar que por ser un sistema costoso tiene que garantizarse un trabajo 100% seguro y confiable.
- Realizar un estudio económico antes de instalar estos sistemas, ya que su elevado costo requiere de una fuerte inversión.

## Bibliografía

- ABB. (s. f.). Sistemas de distribución y protección contra contactos indirectos y defectos a tierra. Recuperado de [https://library.e.abb.com/public/c19962ebb95b8d9cc125791a00395bc8/1TXA007102G0701\\_CT3\\_.pdf](https://library.e.abb.com/public/c19962ebb95b8d9cc125791a00395bc8/1TXA007102G0701_CT3_.pdf)
- Aguilar, M. M. C. (2013). *ANÁLISIS AERODINÁMICO DE LA HÉLICE DE UN AEROGENERADOR TRIPALA DE EJE HORIZONTAL DE 3 KW MEDIANTE SIMULACIÓN NUMÉRICA*. Pontifica Universidad Católica de Perú. Recuperado de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5485/CORTEZ\\_MIGUEL\\_ANALISIS\\_AERODINAMICO\\_HELICE\\_AEROGENERADOR\\_TRIPALA\\_SIMULACION\\_NUMERICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5485/CORTEZ_MIGUEL_ANALISIS_AERODINAMICO_HELICE_AEROGENERADOR_TRIPALA_SIMULACION_NUMERICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Almeida, L. (2014, diciembre 23). 30% de la energía en Galápagos es renovable (Galería). Recuperado 20 de diciembre de 2018, de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/informacion/1/30-de-la-energia-en-galapagos-es-renovable-galeria>
- ARCONEL, A. de regulación y control de electricidad. (2018, 11). Microgeneración fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica. Recuperado de [https://www.derechoecuador.com/uploads/content/pdf/2018/11/pdf181128045121\\_1543441884.pdf](https://www.derechoecuador.com/uploads/content/pdf/2018/11/pdf181128045121_1543441884.pdf)
- Ballester-Olmos, J. F. (s. f.). Iluminación artificial de las zonas verdes. Recuperado de [https://www.ceisp.com/fileadmin/pdf/Downloads/Iluminacion\\_Artificial\\_de\\_Zonas\\_Verdes.pdf](https://www.ceisp.com/fileadmin/pdf/Downloads/Iluminacion_Artificial_de_Zonas_Verdes.pdf)
- Barredo Egusquiza, J. (2013). *Estudio de las propiedades mecánicas de obleas de silicio*. Universidad Politecnica de Madrid. Recuperado de [http://oa.upm.es/29175/1/Josu\\_Barredo\\_Egusquiza.pdf](http://oa.upm.es/29175/1/Josu_Barredo_Egusquiza.pdf)
- Bayod Rújula, Á. A. (2009). *Energías renovables: sistemas fotovoltaicos*. Zaragoza, UNKNOWN: Prensas de la Universidad de Zaragoza. Recuperado de

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/ucsgsp/detail.action?docID=4794821>

- Bermeo Jiménez, J. D. (2014). *Diseño de un sistema autónomo de generación eléctrica híbrido solar-eólico para electrificación domiciliaria*. Universidad Nacional de Loja. Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/11914>
- Bernal Torres, C. A., Salavarieta, D., Sánchez Amaya, T., & Salazar, R. (2006). *Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México: Pearson Educación.
- Blanca Giménez, V., Castilla Cabanes, N., Antón Martínez, A., & Pastor Villa, R. M. (s. f.). *Luminotecnia: Magnitudes Fotométricas básicas. Unidades de medida*. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12732/L%20U%20M%20%20N%20O%20T%20E%20C%20N%20I%20A.pdf?sequence=1>
- Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2009). *Electrónica teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. Pearson Educación.
- Bragado, I. M. (2004, febrero 2). *Física General*. Recuperado de [https://www.liceoagb.es/ondas/texto/fisica\\_general\\_ignacio\\_martin.pdf](https://www.liceoagb.es/ondas/texto/fisica_general_ignacio_martin.pdf)
- Burgos-Olavarría, F. (2010). *La biomasa como fuente de energía sustentable*. Unpublished. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3169.3924>
- Campos Cajeros, I. E. (s. f.). *Energía geotérmica*. Recuperado 22 de diciembre de 2018, de <https://www.greenscreen.media/energia-geotermica/>
- Cardozo Gavis, C. A. (2011). *Diseño y construcción de un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos*. Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado de [http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital\\_21151.pdf](http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_21151.pdf)
- Castillo Meraz, R., Martínez Montejano, R. C., Delgado Aranda, F., & Campos Canton, I. (2013, agosto 13). SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO-EÓLICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/13/energia.pdf>.
- Cazáres Hernández, L., Christen, M., Jaramillo Levi, E., Villaseñor Roca, L., & Zamudio Rodríguez, L. E. (1990). *Técnicas actuales de investigación*

*documental*. México, D.F: Trillas: UAM. Recuperado de [http://www.academia.edu/30356880/T%C3%A9cnicas\\_actuales\\_de\\_investigaci%C3%B3n\\_documental\\_Cazares\\_Laura](http://www.academia.edu/30356880/T%C3%A9cnicas_actuales_de_investigaci%C3%B3n_documental_Cazares_Laura)

Chamorro Quitama, E. J., & Muyulema Masaquiza, B. D. (2010). *INCIDENCIA DEL VIENTO EN LA TEMPERATURA DEL CONDUCTOR Y EN LOS ESFUERZOS MECÁNICOS DE LAS ESTRUCTURAS. CASO: LÍNEA DE TRANSMISIÓN TOTORAS-QUEVEDO 230 kV*. Escuela Pólitecnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2505/1/CD-3254.pdf>

Chiriboga Erazo, B. L., & Mondragón Cortez, N. J. (2011). *Simulación usando Labview de la radiación incidente sobre superficie bajo diferentes condiciones aplicando un modelo de irradiancia solar basado en transmitancias*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Electricidad y Computación. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20620/1/D-90930.pdf>

CIE (Corporación para la investigación energética). (s. f.-a). Energía Biomasa – CIE. Recuperado 21 de diciembre de 2018, de <http://energia.org.ec/cie/energia-biomasa/>

CIE (Corporación para la investigación energética). (s. f.-b). Energía Eólica – CIE. Recuperado 21 de diciembre de 2018, de <http://energia.org.ec/cie/energia-eolica-2/>

Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC EP. (2012, junio). *Natsim 2012*. Educación. Recuperado de <https://es.slideshare.net/albertama/natsim-2012-13326343>

DEXEN Energy. (2017, julio 11). Inversores Solares - Tipos de inversores para sistemas Fotovoltaicos. Recuperado 14 de diciembre de 2018, de <https://www.dexen.mx/inversores/inversores-solares/>

EATON. (2014, octubre). Protección de circuitos solares completa y fiable. Recuperado de [http://www.eaton.de/ecm/idcplg?IdcService=GET\\_FILE&allowInterrupt=1&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&noSaveAs=0&Renderition=Primary&dDocName=PCT\\_1193488\\_DE](http://www.eaton.de/ecm/idcplg?IdcService=GET_FILE&allowInterrupt=1&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&noSaveAs=0&Renderition=Primary&dDocName=PCT_1193488_DE)

- educadocum. (2017). *Los combustibles fósiles formación*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=igNtHXyVnCU>
- EGEC (European Geothermal Energy Council). (s. f.). The Voice of Geothermal in Europe. Recuperado 2 de diciembre de 2018, de <https://www.egec.org/about/>
- EL UNIVERSO. (2017, mayo 14). En Ecuador sigue la dependencia de la energía fósil. Recuperado 19 de diciembre de 2018, de <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/05/14/nota/6181597/ecuador-sigue-dependencia-energia-fosil>
- ELECGALAPAGOS. (s. f.). ENERGIA RENOVABLE – Empresa Eléctrica de Galápagos. Recuperado 20 de diciembre de 2018, de <http://www.elecgalapagos.com.ec/newsite/energia-renovable/>
- Electroindustrial. (2018). Conductores eléctricos. Recuperado de <http://www.microbyte.cl/elec/flipbook/201807/#/3>
- Escobar, J. J., Reol, N., Castell, C., Martí, X., & Larruy, Y. (2002). Energía Eólica- El recorrido de la energía. Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/aula/recorrido-de-la-energia-energia-eolica.pdf>
- Flores V., J. C. (2016, enero 20). 13 Ventajas y Desventajas de la Energía Solar. Recuperado 3 de enero de 2019, de <https://www.lifeder.com/ventajas-desventajas-energia-solar/>
- Fundación ICAI. (s. f.). MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO - PDF. Recuperado 30 de diciembre de 2018, de <https://docplayer.es/23556560-Mantenimiento-de-un-sistema-fotovoltaico.html>
- García García, M. A., & Yusta Loyo, J. M. (2015, mayo). Luminotecnia. Recuperado de <http://personal.unizar.es/jmyusta/wp-content/uploads/2017/09/Luminotecnia-CAP-1-2.pdf>
- García Márquez, R. (1991). *La puesta a tierra de instalaciones eléctricas y el R.A.T.* Barcelona: Marcombo.
- Garduño Ramírez, R., Rodríguez Martínez, A. A., Sánchez Parra, M., Martínez Morales, M. Á., Hernández Cuéllar, M. A., Alcaide Godínez, I. X., ... Hernández González, R. (2012). Investigación, desarrollo e innovación tecnología de sistema de control de aerogeneradores, 66.

- González, J. (2017, julio 6). ¿Qué son los inversores fotovoltaicos? Recuperado 14 de diciembre de 2018, de <https://sotysolar.es/blog/que-son-los-inversores-fotovoltaicos>
- Guerrero Pérez, R. (2011). *Replanteo y funcionamiento de las instalaciones solares fotovoltaicas (UF0150)*. Málaga: IC Editorial. Recuperado de <http://site.ebrary.com/id/10693238>
- Hayt Jr, William H, Kemmerly, J. E., Durbin, S. M., & e-libro, C. (2007). *Análisis de circuitos en ingeniería*. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/137249039/Analisis-de-Circuitos-en-Ingenieria-7ma-Edicion-Hayt>
- Ku, A. (2018, julio 31). Puntos calientes en los paneles solares. Recuperado 26 de diciembre de 2018, de <https://www.solarsymphony.mx/puntos-calientes-en-los-paneles-solares/>
- Lloret, A., Asimbaya, D., & Ibarra, D. (2015, marzo). PLAN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA GEOTERMIA. Recuperado de [https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/plan\\_lineas\\_investigacion\\_desarrollo\\_geotermia.pdf](https://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/plan_lineas_investigacion_desarrollo_geotermia.pdf)
- Martínez Salas, V. (2013, noviembre 19). La Transformación de la Energía. Recuperado 4 de enero de 2019, de <https://www.eoi.es/blogs/victormartinezsalas/2013/11/19/la-transformacion-de-la-energia/>
- Mascarós Mateo, V. (2015). *Instalaciones generadoras fotovoltaicas*. Madrid: Paraninfo.
- MEER, M. de E. y E. R. (2015, noviembre). Proyecto de energía renovable en el Ecuador. Recuperado de <https://docplayer.es/9841578-Proyectos-de-energia-renovable-en-el-ecuador.html>
- MIDUVI, M. de desarrollo urbano y vivienda. (2011, abril 6). Normas ecuatorianas de construcción. Recuperado de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-14-energias-renovables-021412.pdf>
- Morangues, J., & Rapallini, A. (2003). Energía Eólica. Recuperado de <https://www.ineel.mx/boletin022013/tenden.pdf>

- NIEM (Ministerio de industria, energía y minería). (2014). Fuentes de energía NO renovables. Recuperado 1 de diciembre de 2018, de <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/aula-didactica/que-es-la-energia/fuentes-de-energia-no-renovables>
- Ortega Quiroz, F. A. (2013, enero). DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGIAS CON ENERGIA MAREOMOTRIZ PARA EL AUTOCONSUMO DE LAS BOYAS DE SEÑALIZACION MARITIMA. Recuperado 22 de diciembre de 2018, de <https://edoc.site/tesis-energia-mareomotriz-pdf-free.html>
- Ortiz Flórez, R. (2011). *Hidráulica: generación de energía*. Bogotá, COLOMBIA: Ediciones de la U. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/ucsgsp/detail.action?docID=3198995>
- Parra, E. (2013, abril 3). ¿Qué es un interruptor diferencial? Te decimos como funciona, sus aplicaciones y clases. Recuperado 4 de enero de 2019, de <https://bricos.com/2013/04/que-es-un-interruptor-diferencial-te-decimos-como-funciona-sus-aplicaciones-y-clases/>
- Paz Avila, C. J. (2005, mayo). Revista Electroindustria - Energías Renovables Convencionales y No Convencionales. Recuperado 1 de diciembre de 2018, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=263>
- Peñaloza, M. (2006, enero 1). Ilustrando el recalentamiento global terrestre. Recuperado de <https://www21.ucsg.edu.ec:2071/lib/ucsgsp/detail.action?docID=3168527&query=Efecto%20invernadero>
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2014). Resistencia eléctrica. Recuperado 3 de enero de 2019, de <https://definicion.de/resistencia-electrica/>
- PLC Madrid. (s. f.). ITC-BT-08 Sistema de conexión de neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica. Recuperado 9 de enero de 2019, de <https://www.plcmadrid.es/rebt/itc-bt-08/>
- Potencia eléctrica. (2104, abril 22). ¿Qué es un Diagrama Unifilar? Recuperado 9 de enero de 2019, de <http://www.potenciaelectrica.com.mx/www/diagrama-unifilar/>
- Prieto Moreno, R. (2012, septiembre 27). ¿Cómo hacer el cálculo de la sección de los cables en una instalación eléctrica? - Energías renovables y

limpias: solar, eólica, geotérmica, hidráulica, mareomotriz,...  
Recuperado 9 de enero de 2019, de <https://energias-renovables-y-limpias.blogspot.com/2012/09/calculo-seccion-cables-instalacion-electrica.html>

PúblicaFM. (2018, agosto 24). Galápagos contará con nueva planta fotovoltaica. Recuperado 20 de diciembre de 2018, de <https://www.publicafm.ec/noticias/actualidad/1/galapagos-contara-planta-fotovoltaica>

REN21, R. energy policy network for the 21st century. (2018). Informe de estado global- Renewable 2018. Recuperado de [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_-1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf)

Rodríguez, M. (2015, diciembre 23). ¿Por qué salta el magnetotérmico o el diferencial? Recuperado 9 de enero de 2019, de <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/diferencia-magnetotermico-diferencial/>

Rodríguez Meza, M. A., & Cervantes Cota, J. L. (2006, noviembre 13). El efecto fotoeléctrico. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/104/10413309.pdf>

Rojas Benites, W., Alamo Peña, J., Cabrera Rodriguez, L., Francia Cochagne, F., & Pairasaman Rodriguez, K. (2013). ENERGIA HIDRAULICA. Recuperado de [http://www.academia.edu/25398322/ENERGIA\\_HIDRAULICA\\_INFORME\\_DE\\_FINAL\\_DEL\\_PROYECTO\\_INTEGRADOR\\_DEL\\_I\\_CICLO\\_Autores](http://www.academia.edu/25398322/ENERGIA_HIDRAULICA_INFORME_DE_FINAL_DEL_PROYECTO_INTEGRADOR_DEL_I_CICLO_Autores)

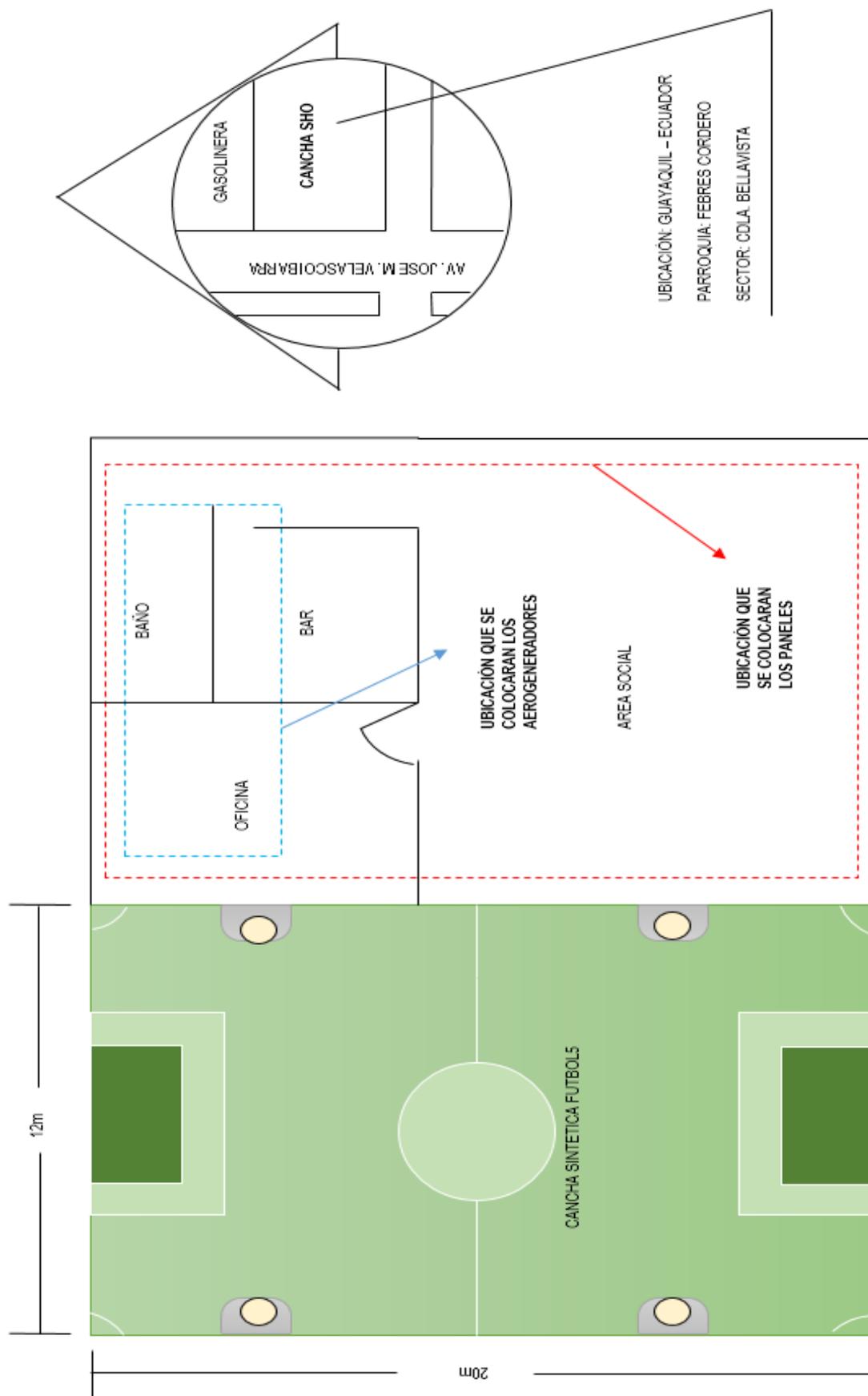
SACLIMA. (s. f.). ¿Cómo funcionan los inversores solares? Recuperado 14 de diciembre de 2018, de <http://www.saclimafotovoltaica.com/energia-solar/como-funciona-un-inversor-solar/>

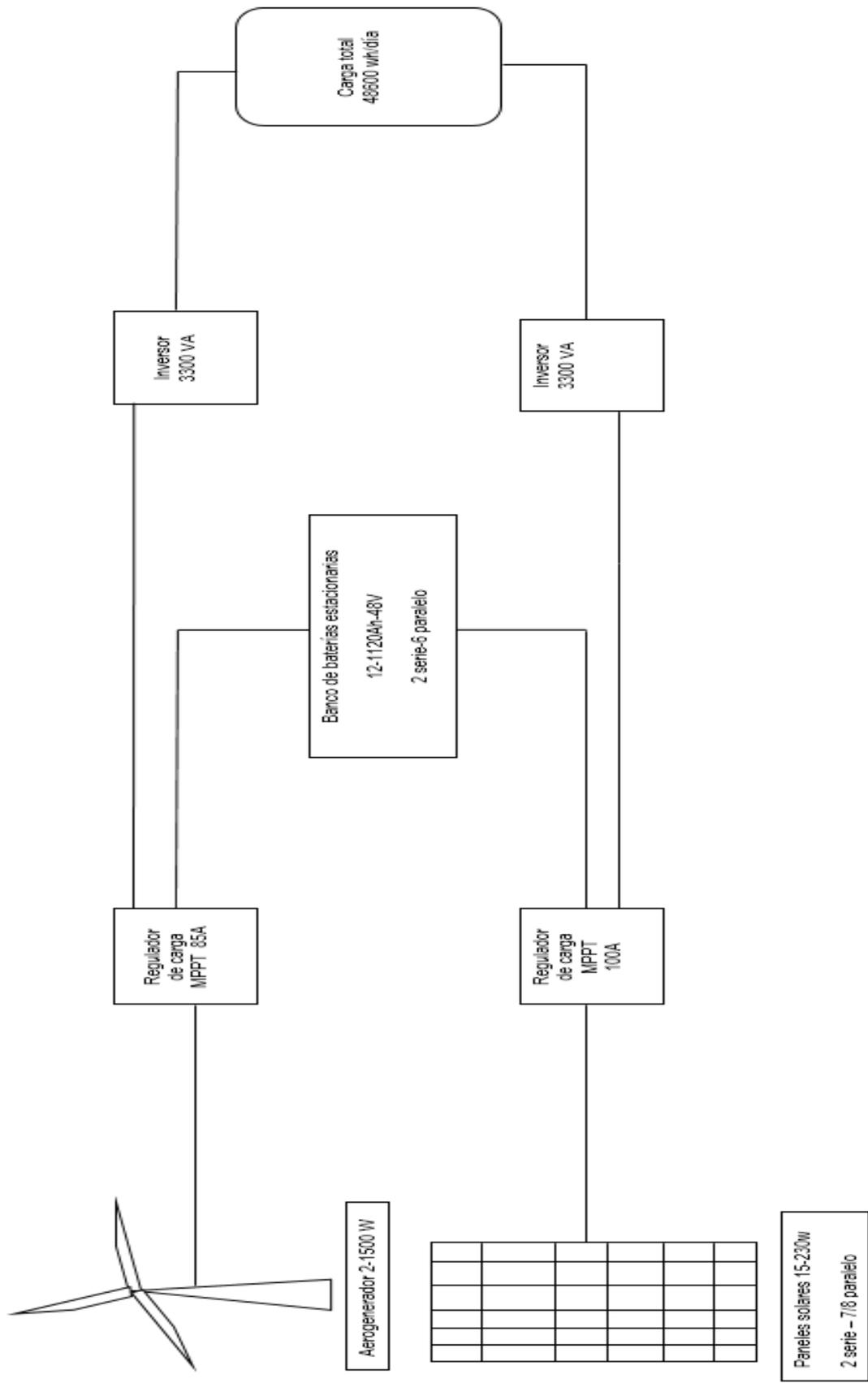
Spiegeler, C., & Cifuentes, J. I. (s. f.). DEFINICION E INFORMACION DE ENERGIAS RENOVABLES, 7.

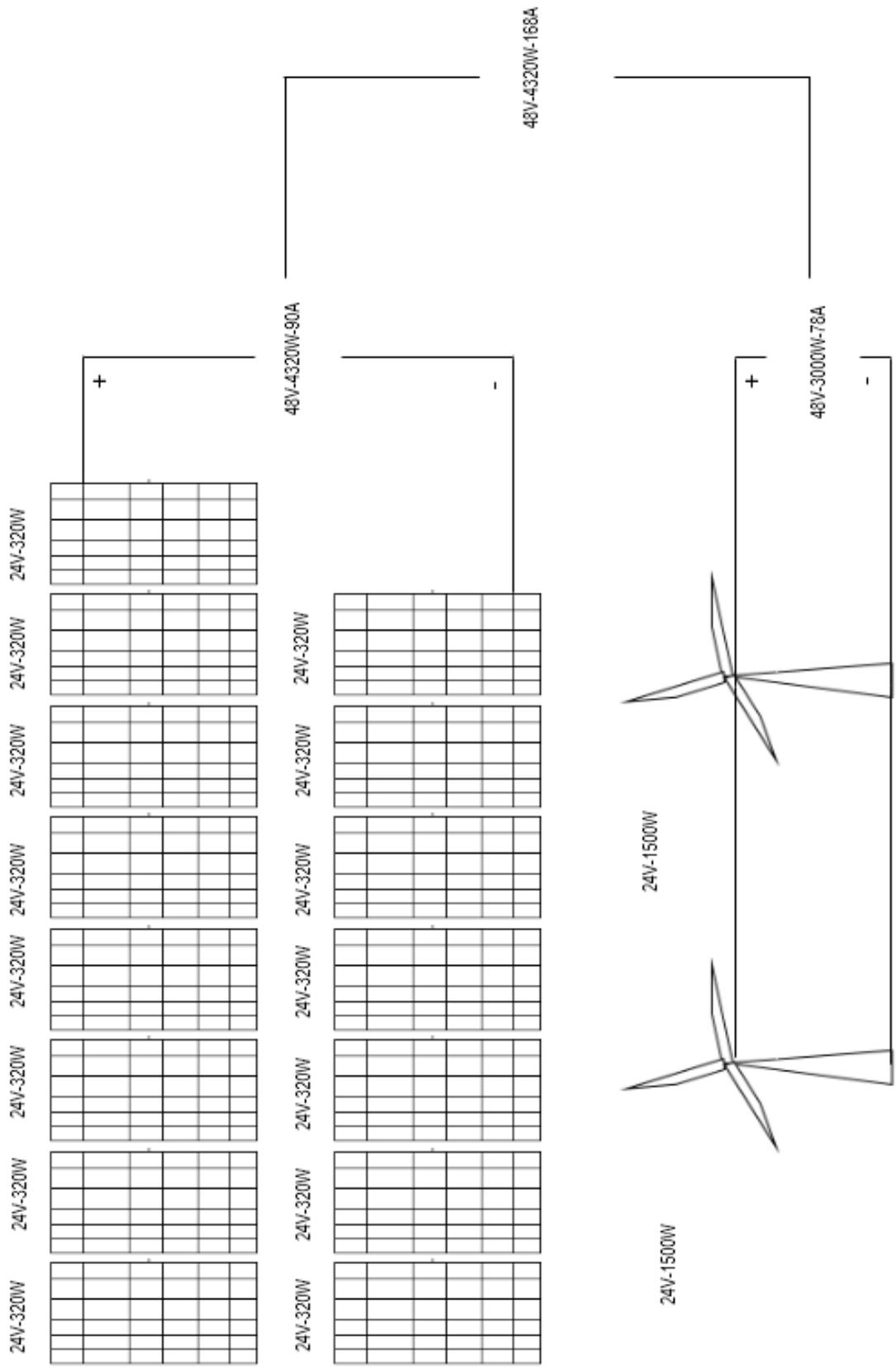
SunField Europe. (2017). Puesta a tierra de instalaciones con placas solares. Recuperado de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/puesta-a-tierra-de-instalaciones-con-placas-solares/>

- Tobajas, M. C. (2017). *Energía solar térmica para instaladores (5a. ed.)*. Barcelona: Cano Pina. Recuperado de <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5307363>
- Tobajas Vasquez, C. (s. f.). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas (1era ed.)*.
- Tobajas Vásquez, M. C. (2015). *Instalaciones solares fotovoltaicas (Segunda)*. Colombia: Ediciones de la U.
- Tobajas Vázquez, C. (2018). *Energía solar fotovoltaica*. Madrid: Cano Pina. Recuperado de <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5349504>
- Trenzado Diepa, J. L. (2014). *Física*. Recuperado de <http://site.ebrary.com/id/11013443>
- Vázquez Abeledo, M. (2005). *El Sol, algo más que una estrella*. Madrid: Equipo Sirius. Recuperado de <http://site.ebrary.com/id/10088102>
- Veloso, C. (2016, marzo 9). Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica. Recuperado 3 de enero de 2019, de <http://www.electrontools.com/Home/WP/2016/03/09/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-solar/>
- Villalba Hervás. (s. f.). Combustibles Fosiles, 17.
- Wall Schacht, R. E. (2012). GENERACIÓN MAREOMOTRIZ DISTRIBUIDA EN EL SUR DE CHILE INTEGRADA CON LA UTILIZACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS UTILITARIOS COMO FUENTE DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA, 135.
- Yanez, D. (2018, enero 4). Investigación Explicativa: Características, Técnicas y Ejemplos. Recuperado 14 de diciembre de 2018, de <https://www.lifeder.com/investigacion-explicativa/>
- Zabalza Bribián, I., & Aranda Usón, A. (2009). *Energía solar térmica*. Zaragoza, UNKNOWN: Prensas de la Universidad de Zaragoza. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/ucsgsp/detail.action?docID=4760195>

## Anexos

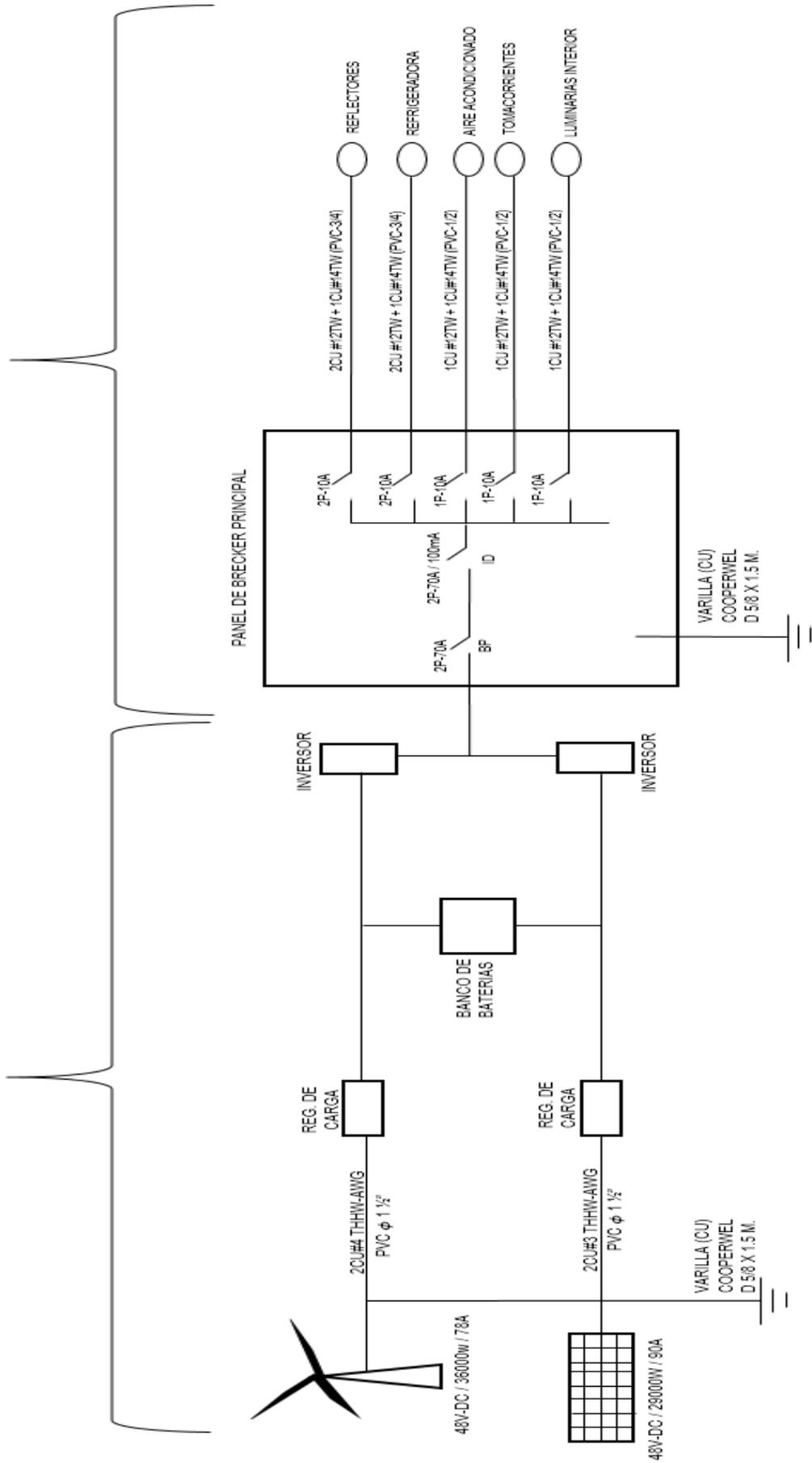






## SISTEMA HIBRIDO FOTOVOLTAICO-EÓLICO

## SISTEMA DISTRIBUCION DEL COMPLEJO



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Quinzo Lucas, Luis Fernando**, con C.C: # **092406940-4** autor/a del trabajo de titulación: **Proyecto para el diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo “Cancha Sho” en la Ciudadela Bellavista de la ciudad de Guayaquil**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico - Mecánico** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, 19 de marzo del 2019

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **(Quinzo Lucas, Luis Fernando)**

C.C: **092406940-4**

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Proyecto para el diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico para el complejo deportivo "Cancha Sho" en la Ciudadela Bellavista de la ciudad de Guayaquil		
<b>AUTOR</b>	Quinzo Lucas, Luis Fernando		
<b>REVISOR/TUTOR</b>	Ing. Echeverría Parra, Ricardo Xavier M.S.C.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Eléctrico - Mecánica		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Eléctrico - Mecánico		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	19 de marzo del 2019	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	77
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Energía Renovable, instalaciones eléctricas, conversión de energía.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Fuentes renovables; Sistema híbrido; Efecto invernadero; Puntos calientes; Energía eólica.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>			
<p>El presente trabajo, está realizado con el fin de realizar un diseño y estudio eléctrico de fuentes renovable por medio de la energía solar y eólica o también conocida "híbrido", el estudio que se ha efectuado es mediante métodos investigativos como los textos documentados, descriptivos y explicativos donde se indica los motivos del efecto invernadero debido a los derivados del petróleo y sus gases tóxicos, como también el esfuerzo por reducir estas problemáticas con los índices de productividad que existen en todo el mundo con la energía fotovoltaica y eólica. Estos sistemas son por consiguientes una fuente inagotable de energía por lo que este trabajo se presenta estudios ya realizados por otros autores de los niveles de energía solar que puede entregar el sol como así también estudios de velocidades de vientos de todas las regiones del Ecuador. También se describirá el cómo obtener las demandas de energía que requieres el sistema híbrido para el buen comportamiento de los paneles solares y no estén afectado por puntos calientes producido por su alta temperatura, además del cuidado que se debe de tener al manejar ciertas tensiones en banco de baterías como sus debidas protecciones que se deben incorporar al sistema, además de como dimensionar correctamente los reguladores, inversores y baterías con pasos que hay que seguir para realizar una instalación segura y confiable.</p>			



<b>ADJUNTO PDF:</b>	SI	NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono: +593-4- (2057747)</b>	<b>E-mail: luisandrey_1986@hotmail.com</b>
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre: Ing. Orlando Pilco Asqui</b>	
	<b>Teléfono: +593-4- 980960875</b>	
	<b>E-mail: Luis.philco@cu.ucsg.edu.ec</b>	
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>		
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>		
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>		
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		